

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky



Česká společnost pro osvětlování
Regionální skupina Ostrava



Národní konference s mezinárodní účastí
Kurz osvětlovací techniky XXVIII

11. října – 13. října 2010

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ
Kouty nad Desnou

ISBN 978-80-248-2307-2

Partneři akce

časopis „SVĚTLO“, FCC Public

ČKAIT

SRVO

PTD Muchová, s.r.o.

časopis „Elektrotechnika v praxi“, BAEL

Slovenská svetelnotechnická spoločnosť

časopis „Elektro a trh“, Stanislav Prchal - RIKO

Děkujeme za dotace a sponzorské dary firmám

INGE Opava, spol. s r.o.

Stará silnice 3, Opava, 746 01 – www.inge.cz

THORN-LIGHTING CS, s.r.o.

Na Březince 6/930, Praha 5, 150 00 – www.thornlight.cz

HORMEN CE, a.s.

Libušská 8/191, Praha 4, 142 00 – www.hormen.cz

HELUKABEL CZ, s.r.o.

Areál dolu Max, Libušín okr. Kladno, 273 06 – www.helukabely.cz

OBO BETTERMANN PRAHA, s.r.o.

Modletice 81, Říčany u Prahy, 251 01 – www.obo-bettermann.com

ELTODO-CITELUM, s.r.o.

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

Artechnic-Schröder a.s.

Vinohradská 74, Praha 3, 130 00 – www.artechnic-schreder.cz

OSTRAVSKÉ KOMUNIKACE, a.s.

Novoveská 25/1266, Ostrava - Mar. Hory, 709 00 – www.okas.cz

Elektrosvit Svatobořice, a. s.

Nádražní 277, Svatobořice-Mistřín, 696 04 – www.elektrosvit.eu

ENERGOTIS, s.r.o.

Žižkova 5, Šumperk, 787 01 - www.energotis.cz

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

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

Zaměření konference je tradiční, nicméně jsme se snažili vyzvednout následující a dle našeho názoru v nejdynamičtěji se rozvíjející téma:

MODERNÍ SVĚTELNÉ ZDROJE

Toto heslo se snaží naplnit i jednotlivé sekce, do kterých je tato konference rozdělena:

- **Hygiena**
- **Vnitřní osvětlení**
- **Venkovní osvětlení**
- **Elektro**
- **Veřejné osvětlení**

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

Předseda ČSO RS Ostrava
RNDr. Marie Juklová

Inteligentní systémy řízení venkovního osvětlení – TELEA

Zdeněk, Bláha, Ing.

Thorn Lighting CS spol. s.r.o., www.thornlighting.cz, zdenek.blaha@thornlighting.com

Během posledních let se výrazně změnily nároky na řízení a kontrolu veřejného osvětlení. Konvenční postupy řízení mohou stěží provádět více než pouze přenášení signálů pro zapnutí a vypnutí celé osvětlovací soustavy v rámci omezených oblastí. Jsou rovněž často bez možnosti monitorování současného stavu soustavy, natož jednotlivých svítidel, a proto například oznamování poruch závisí převážně jen na dobré vůli obyvatel.

Systém TELEA toto postavení mění, neboť poskytuje provozovateli možnost využívat celkovou kontrolu nad veřejným osvětlením a flexibilně jej řídit, což zároveň přináší nezanedbatelnou finanční úsporu.

Obrovskou výhodou tohoto systému je možnost jednoduché integrace i do stávajících sítí veřejného osvětlení.

TELEA nabízí komplexní řešení pro řízení a monitoring osvětlovací soustavy a v kombinaci s moderními svítidly a předřadníky přináší výrazné úspory energie a nákladů na údržbu soustavy.

Komunikace mezi centrálou a jednotlivými svítidly probíhá buď přímo po vodičích silového vedení (není nutná instalace dalších vodičů) nebo, v případě, že nelze silové vedení k přenosu řídicího signálu použít, nabízí možnost bezdrátové komunikace.



• obrázek 1 – TELEA

Flexibilita

Díky systému TELEA mohou řídicí pracovníci v jediném řídicím centru využívat přehledného grafického rozhraní pro sledování a řízení veřejného osvětlení, které jim umožňuje ovládat osvětlovací soustavu buď jako celek nebo po jednotlivých svítidlech. Osvětlení lze tedy přizpůsobit okamžitým potřebám.

Bezpečnost

Bezpečnost je i záležitostí osvětlení. Kvalitní osvětlení zvyšuje bezpečnost provozu na komunikacích, v sídelních útvech a v neposlední řadě podporuje snižování kriminality. Systém TELEA umožňuje řídicím pracovníkům

monitorovat aktuální stav a funkčnost jednotlivých svítidel, takže lze, v případě potřeby, provést okamžitě nápravné opatření. Výsledkem je vyšší bezpečnost v citlivých místech, jako jsou křižovatky, parkoviště a stezky pro chodce.

Jednoduchost

Systém TELEA lze bez velkých výdajů integrovat do stávajících zařízení. Podporuje předřadníky všech generací a jeho modulární konstrukce znamená, že realizace malých, izolovaných řešení je stejně snadná jako realizace systémů určených pro celé město. Vedle flexibility a bezpečnosti nabízí systém TELEA také další strategické přínosy, například systémové soubory se zaznamenávají pro možnost použití v budoucnu, v případě jakýchkoliv legislativních nebo pojistných událostí.

Přínosy spojené s výkonem, účinností a pohodlím

Systém TELEA pomáhá místním úřadům řešit obecní problémy tím, že:

- omezuje zbytečné svícení během noci
- odstraňuje „falešné“ zapínání vyvolané nepříznivým počasím během dne
- umožňuje včasnou výměnu vadných dílů
- zajišťuje vyšší bezpečnost prostřednictvím osvětlování podle konkrétních potřeb
- přispívá ke snížení počtu dopravních nehod a kriminality

Systém TELEA šetří peníze. Účinnosti provozu a údržby se dosahuje podáváním informací o řízení, které podporuje:

- racionální harmonogramy údržby
- nižší zásoby náhradních dílů
- lepší plánování údržby a rozdělování zdrojů
- snížené cestovní náklady
- možnosti optimalizace rozpočtu na energii na základě informací

Systém TELEA pomáhá místním úřadům splňovat náročné cíle spojené s ochranou životního prostředí prostřednictvím:

- nižšího počtu výjezdů za účelem provádění údržby, a tím menšího znečištění
- cíleného snížení spotřeby energie
- omezování rušivého světla

TELEA PL (Powerline) – Řízení a monitoring přes napájecí vedení

Podporuje ovládání a monitoring jednotlivých svítidel, přičemž k přenosu signálu se využívá právě napájecí silové vedení jednotlivých svítidel. Jedná se o modulární systém, který lze rozšiřovat podle požadavků. Jednotlivá svítidla jsou vybavena řídicím modulem (např. TELEA LSCS), který komunikuje s řídicí jednotkou (Combox PL) umístěnou na začátku osvětlovací soustavy, a která umožňuje ovládání až 255 svítidel. Chybová hlášení, která lze nadefinovat obsluhou, mohou být zasílána prostřednictvím SMS příslušným pracovníkům. V případě potřeby lze řídicí modul nainstalovat do spodní části stožáru pomocí jedné z volitelných instalačních skříní.

TELEA RF (Radio Frequency) – Řízení a monitoring radiovým signálem

Tam, kde ovládací a monitorovací signály nelze vysílat po silových vedeních, využívá systém TELEA bezdrátový přenos. Stejně jako v předchozím případě je možné jednotlivá svítidla řídit a kontrolovat samostatně případně seskupovat do větších sítí a ty potom řídit jako celek. Opět je možné zasílání chybových hlášení přímo na mobilní telefony zodpovědných pracovníků.

TELEA Central Management – Centrální řízení a dohled

Sloučením předchozích systému TELEA PL a TELEA RF do jednoho celku, který vznikne propojením jednotlivých Comboxů pomocí datových linek, získáme komplexní systém řízení a monitoringu veřejného osvětlení. Díky tomuto propojení, může obsluha řídit všechna svítidla veřejného osvětlení ve městě a mít přístup k jakýmkoliv chybovým hlášením přímo z počítače v centrálním dispečinku. TELEA Central Management dále poskytuje například data, která mohou správci zařízení použít pro stanovení životnosti, doby provozu a intervalů pro údržbu svítidel. Přehledné grafické rozhraní poskytuje neustálý přehled o provozním stavu.

Technika budoucnosti připravená již dnes

Základními součástmi systému TELEA jsou zařízení pro ovládání svítidel. Firma Thorn je jako přední dodavatel svítidel a ovládacích systémů schopna zajistit odpovídající zařízení pro jakýkoliv systém osvětlení. Zařízení pro ovládání svítidel jsou ve většině případů nainstalována ve svítidlech, aby se zajistila co nejvyšší třída ochrany IP. Takto je tomu u nejnovějších venkovních svítidel firmy Thorn, jako jsou například svítidla Oracle, Civic a další.

Realizace

Jedna z největších realizací systému TELEA v České republice se nachází v obci Hustopeče u Brna. V této obci žije okolo šesti tisíc obyvatel. Rekonstrukce veřejného osvětlení zde byla již nutná, neboť svítidla, sloupy i rozvaděče pro VO byly zastaralé. Společnost Thorn s ČEZ ES nabídla obci řešení obnovy i financování. Původní svítidla byla zaměněna za svítidla Thorn Civic s komunikací RF (jde o komunikaci radiovým signálem). Ve většině případů jsou to svítidla se sodíkovou vysokotlakou výbojkou, protože tyto zdroje lze s výhodou stmívat. Metal-halogenidové vysokotlaké výbojky byly použity k osvětlení přechodů pro chodce. Tato svítidla nejsou stmívána, jsou ovládána pouze způsobem on/off. Svítidla jsou ovládána řídicím rozvaděčem tzv. Comboxem. Combox se skládá z jistících prvků a ochran, napájecího zdroje 24V DC, RF vysílače, GSM modemu, avšak nejdůležitějším prvkem je ovládací zařízení Combox Controller. Jelikož maximální kapacita pro jeden Combox je 255 svítidel, jsou v Hustopečích svítidla rozdělena do tří oblastí, kdy každou oblast řídí jeden Combox. Nadřazeným prvkem Comboxu je TELEA Server. Jde o speciální PC s nainstalovaným softwarem pro správu a řízení systému TELEA. Server komunikuje s Comboxy pomocí telefonního přenosu nebo s připojením Ethernet. Server nejen řídí jednotlivá svítidla, ale rovněž dokáže na nich provádět měření. Z jednotlivých svítidel server získává informace o příkonu, odebrané elektrické energii v jednotlivých režimech stmívání, o délce života výbojky, teplotě ve svítidle a osvětlenosti okolí. Každé svítidlo v nastaveném intervalu hlásí svůj stav např. zda je zapnuto či vypnuto a také jestli není v poruše. Svítidla jsou natolik inteligentní, že dokážou i poruchu identifikovat. Toto hlášení přichází primárně na server, ale lze nastavit odesílání chybových hlášení na mobilní telefon pracovníka spravujícího VO v obci.



• obrázek 2 – Server TELEA

Pyramida nad Ostravou – pohled světelného technicka

Zdeněk Bláha, Ing., Aleš Kaňa, Ing.

THORN LIGHTING CS S R.O., www.thornlighting.com, ales.kana@thornlighting.com

Cheopsova pyramida nad Ostravou

V návaznosti na přednášku ing. Arch. Davida Kotka s názvem „Světlo v architektuře na téma měřítko a proporce“ stručně popíšu problematiku nasvětlování tohoto charakteru.

V tomto případě – kdy svítíme tzv. Pánu Bohu do oken, jsme se museli potýkat s několika zásadními problémy:

- Svícením do prostoru dochází k minimálnímu odrazu od částic ve vzduchu
- Vysoké světelné znečištění měst
- Pozorovací vzdálenost vs. pozadí pozorovaného objektu
- Vyzařovací charakteristika svítidla
- Světelný výkon vs. Úřad pro civilní letectví
- Příkon svítidel
- Nasměrování svítidel
- Předřadníky s časovým zabezpečením

Výše uvedené je jen výčet základní problematiky při určování celkové technické specifikace.

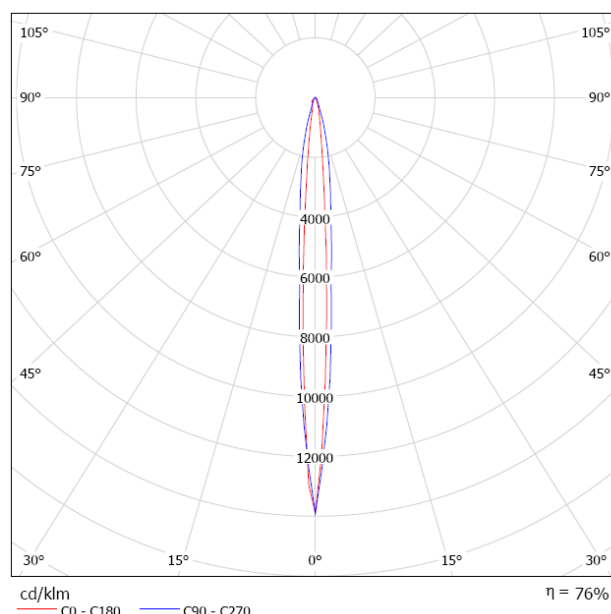
Technologické řešení

Svítidla a předřadníky byly umístěny na „kostkách“ – na drátových gabionových základnách, které mají představovat jednotlivé rohy pyramidy. Jednotlivé paprsky představují 4 strany pyramidy, které se potkávají v jednom centrálním bodě – tedy ve špičce pyramidy.

Nakonec bylo vybráno svítidlo s úzkou vyzařovací charakteristikou a intenzivním tokem. Znáznorněno na obrázku.



Obr.1: Reálná fotografie pyramidy v noci při směřování



Obr.2: vyzařovací charakteristika svítidla

Problematika v praxi

Svítlidla byla řádně nasměrována a natočena – bylo přihlédnuto ze všech možných viditelných směrů, aby byl kýžený efekt dosažen. Před tím ale následovalo velké hledání bodů, které budou splňovat čtvercovou podstavu o dané jednotné délce a bude se vrchol pyramidy setkávat v jednom bodě.

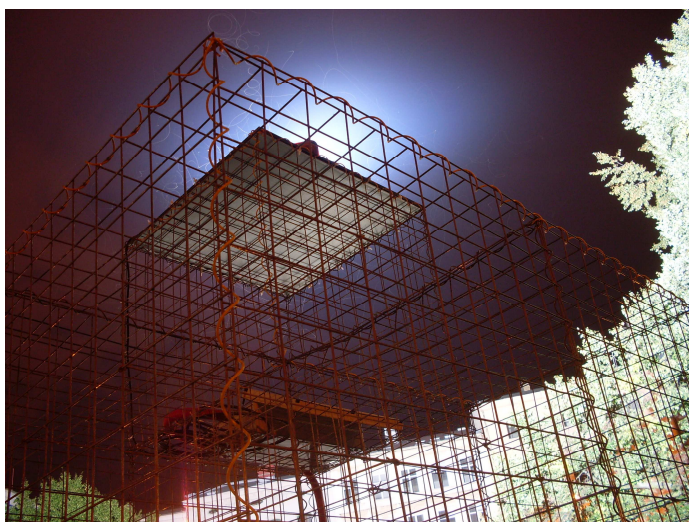
Lidská zvědavost však nesčetněkrát onen směr změnila či „upravila“ takže práce kolem svítidel se pouze přidává.

Píši momentálně v přítomném čase, protože akce „Pyramida nad Ostravou“ stále probíhá.

Konečné „zúčtování“ budeme již schopni na konferenci odprezentovat a přidat celkové komentáře k jednotlivým dílům, k jednotlivým časovým úsekům a předat další zkušenosti a komentáře samotných občanů Ostravy s odstupem času.



Obr.3: použité svítidlo Mondial R 2kW



Obr.4: Pohled na svítidlo v ose jeho svícení přes „kostky“ pyramidy

Literatura a odkazy

1. Interní dokumentace společnosti THORN LIGHTING CS S R.O., www.thornlighting.cz
2. <http://www.pyramidanadostravou.cz/>
3. <http://www.projektstudio.cz/projects/>

Kabelové trasy s integrovanou funkčností pro nouzové osvětlení

Jiří Burant, ing.

OBO Bettermann Praha s.r.o., internet: www.obo.cz, e-mail: burant@obo.cz

V nových i rekonstruovaných administrativních, obchodních a zábavních komplexech, stejně jako ve výrobních objektech a dalších druzích staveb, narůstají průběžně požadavky na obecnou bezpečnost. Stále větší důraz je přitom kladen na zachování funkce vybraných zařízení a systémů za havarijních podmínek, jejichž nejčastějším reprezentantem je požár. Tento trend se zákonitě odráží i v požadavcích na veškerá technologická zařízení důležitá pro požární bezpečnost staveb.

Činnost podstatné části všech těchto vybraných zařízení a systémů přitom závisí na zachování kontinuity elektrického napájení, popřípadě nepřerušovaného přenosu elektrických povelů a informací. Tato skutečnost se zákonitě promítá i do požadavků na související elektrické rozvody. Mezi nejčastěji se vyskytujícími systémy s požadavkem na zachování funkční integrity kabelových tras při požáru nutno jmenovat především bezpečnostní (nouzové) osvětlení, a dále:

- **záchranné výtahy (evakuační a požární);**
- **požární hlásiče;**
- **nouzová vzduchotechnická zařízení;**
- **zařízení pro odtah kouřových plynů;**
- **čerpadla stabilních hasicích zařízení;**
- **čerpadla požární vody;**
- **požární signalizace;**
- **zařízení pro evakuaci osob a domácí rozhlas;**
- **...a další požárně bezpečnostní zařízení nebo speciální technologické procesy.**

Legislativní požadavky

Požadavky na zajištění odpovídající úrovně požární bezpečnosti staveb vycházejí z obecně známých právních předpisů. Zejména se jedná o zákon č.183/2006 Sb. (lit.[2]) a zákon č.133/1985 Sb. (lit.[3]) v platném znění, včetně souvisejících prováděcích vyhlášek a nařízení. Pro technologii elektro je v souvislosti se zákonem o požární ochraně významná především vyhláška MV č. 23/2008 Sb. (lit.[5]), kterou se stanoví technické podmínky požární ochrany staveb. Na tyto právní předpisy pak navazuje celá řada technických předpisů, které se uvedením v některém z výše zmíněných zákonů resp. vyhlášek stávají obecně závaznými. Příkladem může být právě zmíněná vyhl. č. 23/2008 Sb., která uvádí jako závaznou téměř celou normativní řadu ČSN 73 08., i další normy, jako ČSN EN 13 501-1 (lit.[6]), ČSN EN 1127-1 (lit.[7]), a ČSN EN 12845 (lit.[8]).

Vyhl. č. 23/2008 Sb. zavádí do našeho právního řádu také základní požadavky na zachování časově omezené funkčnosti vybraných elektrických zařízení v podmínkách požáru. Nová elektrická zařízení, jejichž chod je při požáru nezbytný k ochraně osob, zvířat a majetku, musí být podle ní navržena tak, aby byla při požáru zajištěna dodávka elektrické energie za podmínek stanovených odpovídajícími českými technickými normami řady ČSN 73 08.. pro požární bezpečnost staveb (viz vyhl. příloha č. 1, část 1).

Celá stavba musí být vždy vybavena požárně bezpečnostním zařízením v souladu s odpovídajícími normami řady ČSN 73 08... (vyhl. příloha č. 1, část 2) a v případě, že je k dispozici expertní zpráva nebo expertní posudek, z něhož vyplývá, že nevybavení stavby určitým vyhrazeným požárně bezpečnostním zařízením bude mít za následek bezprostřední ohrožení života osob, musí být stavba tímto zařízením vybavena i v případě, že vybavení stavby takovým zařízením česká technická norma jen doporučuje.

Silové napájení požárně bezpečnostních zařízení

Mají-li zůstat požárně bezpečnostní a případně i další vybraná technická a technologická zařízení staveb, důležitá pro požární bezpečnost uvažovaného objektu, provozuschopná po určitou dobu i při vysokých požárních teplotách, musí mít odpovídajícím způsobem zajištěnu dodávku elektrické energie. Pro splnění tohoto požadavku vyžaduje vyhláška č. 23/2008 Sb. i navazující předpisy zajištění dodávky elektrické

energie alespoň ze dvou na sobě nezávislých napájecích zdrojů. Každý ze vzájemně se zálohujících zdrojů musí být přitom schopen převzít po stanovenou dobu, při přerušení dodávky elektrické energie od druhého z nich, silové napájení připojených elektrických požárně bezpečnostních zařízení.

Přepnutí na druhý napájecí zdroj se preferuje samočinné nebo musí být případně zabezpečeno zásahem obsluhy stálé služby. V případě samočinného přepínání musí být takto využívané místní zdroje elektrické energie vybaveny samočinným startem při výpadku distribuční soustavy a automatickým přepojováním sítě pro napájení požárně bezpečnostních zařízení. Při ruční obsluze musí být porucha kterékoliv z napájecích soustav signalizována do požární ústředny, popřípadě jiného místa se stálou službou tak, aby bylo možno zajistit včasnou reakci příslušné obsluhy.

Za odpovídající způsob zajištění spolehlivé dodávky elektrické energie z druhého nezávislého zdroje platné technické předpisy považují využití:

- **samostatného generátoru,**
- **akumulátorové baterie (včetně UPS), nebo**
- **připojení na veřejnou síť nn popř. vn smyčkou.**

Připojení na veřejnou síť smyčkou, provází ovšem celá řada podstatných omezení. Především nesmí porucha v jedné větvi způsobit přerušení dodávky elektrické energie pro zařízení, která musí zůstat funkční při požáru. Proto musí být již při zpracování projektu jednoznačně zaručeno, že napájení takto využívanými větvemi je až na úroveň uzlů 110/22 kV oddělené a vzájemně nezávislé. Jestliže se tedy u nějaké stavby uvažuje s tímto druhem zajištění dodávky elektrické energie pro požárně bezpečnostní zařízení, musí být navržené řešení již dopředu odsouhlaseno také místně příslušnou rozvodnou společností, což bývá v praxi poměrně značný problém. Připojení na distribuční síť nn nebo vn smyčkou nelze navíc využít k zajištění dodávky elektrické energie pro určitá protipožární zařízení nebo k dodávce elektrické energie pro protipožární zařízení v některých vybraných prostorech, specifikovaných v ČSN 73 0802 (lit.[9]), ČSN 730804 (lit.[10]), ČSN 73 0831 (lit.[11]) a ČSN 730848 (lit.[12]).

Při zálohování pomocí samostatných generátorů, bateriových zdrojů atd. je třeba, aby zásoba pohonných hmot nebo kapacita akumulátorových baterií, zabezpečila plnou funkci po celou požadovanou dobu provozu připojených požárně bezpečnostních resp. dalších stanovených zařízení. Jestliže nebude narušena požadovaná funkce, může být přitom náhradní zdroj elektrické energie umístěn i uvnitř napájeného zařízení, jako je tomu např. v nouzovém osvětlovacím tělese s vestavěným bateriovým záložním zdrojem.

U vybraných elektrických a technologických zařízení, která musí zůstat v případě požáru nebo při výpadku elektrické energie funkční, je třeba při výběru odpovídajícího provedení záložního zdroje také rozlišit, zda lze u příslušného druhu zařízení akceptovat krátkodobý výpadek napájení, způsobený např. relativně pomalým náběhem standardního motorgenerátoru, nebo nikoliv. Při požadavku na vyloučení prodlevy při přepínání zdrojů je třeba používat výhradně jen např. bateriové zdroje UPS nebo speciální motorgenerátory s trvalou akumulací energie v setrvačnicku, tedy zdroje, které mají všechny předpoklady pro zajištění opravdu nepřetržitého napájení připojených zařízení.

Mezi požárně bezpečnostními zařízeními, kterých se požadavek na nepřetržité napájení týká, je třeba jmenovat právě především systémy bezpečnostního (nouzového) osvětlení a dále:

- **požární rozhlas;**
- **ovládání požárních uzávěrů;**
- **elektricky ovládané zámky;**
- **elektricky ovládané dveře v únikových cestách;**
- **... apod.**

Strojovny a rozvodny zdrojů, napájecích vybraná elektrická a technologická zařízení, která musí zůstat v případě požáru a výpadku elektrické energie funkční, musí obecně tvořit vždy samostatné požární úseky.

Připojování požárně bezpečnostních zařízení

Elektrická zařízení sloužící k protipožárnímu zabezpečení objektu se připojují samostatným vedením, začínajícím v přípojkové skříně nebo v hlavním rozvaděči. Trasa tohoto vedení musí být provedena tak, aby zůstala funkční po celou požadovanou dobu i při odpojení ostatních elektrických zařízení v objektu.

V některých případech lze připustit společné napájení zařízení sloužících i nesloužících k protipožárnímu zabezpečení objektu trvalou dodávkou elektrické energie ze společného zdroje. Viz např. ČSN 73 0802 (lit.[9]). Jestliže je ale současně zajištěna i trvalá dodávka elektrické energie pro zařízení nesloužící k protipožárnímu zabezpečení objektu, musí být možno napájení těchto zařízení v případě požáru vypnout celkově nebo alespoň v požárním úseku, kde se nachází požár a v němž tedy bude probíhat hašení. Výjimku mají zařízení, jejichž vypnutí by mohlo mít za následek šíření požáru, výbuch nebo jiné zhoršení

podmínek likvidace požáru. Ani tyto případy ale nejsou vyjmuty z požadavku na potřebu jejich operativního ovládání požárními jednotkami z prostoru nástupu, přes ohlašovnu požáru apod.

Vypínání elektrické energie

Jestliže se předchozí části tohoto textu věnovaly specifikům zajištění dodávky elektrické energie pro požární bezpečnostní zařízení a další vybraná technická a technologická zařízení staveb důležitá pro požární bezpečnost uvažovaného stavebního objektu, je třeba definovat také požadavky na případné vypínání elektrických rozvodů v uvažovaném stavebním objektu pro případ nouze (požáru). Obecně musí být kabelové trasy navrženy tak, aby byla zajištěna možnost bezpečného vypnutí elektrické energie v objektu při zásahu jednotek požární ochrany. Za tímto účelem se rozlišují dva základní stupně vypnutí elektrické energie ve stavebním objektu:

- **CENTRAL STOP: V případě požáru vypne v objektu všechna elektrická zařízení, jejichž funkce není za požáru nutná. Nepřerušuje však dodávku elektrické energie pro požárně bezpečnostní zařízení, a zachovává funkci jejich zálohování pomocí minimálně dvou vzájemně nezávislých zdrojů.**
- **TOTAL STOP: V případě nutnosti vypíná veškerá elektrická zařízení objektu nebo v některé jeho části, a to včetně všech požárně bezpečnostních zařízení. Jedná se tedy o „totální“ vypnutí. Vzhledem k závažnosti zásahu do celkové bezpečnosti stavebního objektu nebo jeho části, se vyžaduje ochrana tohoto stupně odpojení elektrické energie proti neoprávněné nebo nechtěné aktivaci.**

Bližší technický popis obou dvou úrovní vypnutí objektu od napájení elektrickou energií lze získat nejlépe v ČSN 73 0848 (lit.[12]).

Kabelové rozvody požárně bezpečnostních zařízení

Elektrické rozvody lze ve stavbách realizovat různými způsoby. Jejich výběr závisí především na množství ukládaných kabelů a druhu použitého stavebního řešení. Vzhledem k tomu, že stoupající objem ukládané kabeláže a nároky na její variabilitu vylučují v řadě současných staveb klasickou instalaci pod omítkou. Stále častěji se lze proto setkat s kabelovými trasami vedenými volně nad podhledy nebo dokonce zcela nekryté návštěvníkům veřejně přístupnými vnitřními prostory stavby. Tento trend je ve vyhlášce č. 23/2008 Sb. podchycen v samostatné příloze č. 2, prostřednictvím speciálních požadavků na volně vedené kabely a vodiče, příslušející různým požárně bezpečnostním zařízením.

Zařízení a systémy, pro něž je vyhláškou č. 23/2008 Sb. bezpodmínečně stanoven požadavek zachování funkčnosti, definuje ve sloupci III druhu vodiče nebo kabelu tab. 1 pocházející právě z přílohy č. 2 předmětné vyhlášky. Část A tabulky přináší výčet obvyklých požárně bezpečnostních zařízení. Část B uvádí specifické prostory vybraných druhů staveb, v nichž se zpravidla nacházejí další technická a technologická zařízení, která musí zůstat také funkční i při nenadálých událostech, včetně požáru. Funkčnost zmíněná např. v řádku „zdravotnická zařízení – JIP, ARO, operační sály“ se ale nevztahuje na běžné zásuvkové rozvody sloužící ve zmíněných prostorách např. pro úklid, ale pouze na obvody velké důležitosti, u nichž vyžadují tuto vlastnost jiné předpisy, vztahující se k tomuto specifickému druhu objektu a jeho vybraným prostorám.

Svůj neopomenutelný význam mají v tab. 1 ovšem také předchozí dva sloupce, označené I a II. Pro vybrané druhy technologických zařízení a určité prostory specifických druhů staveb je totiž třeba splnit u použitých kabelů i požadavky, zohledňující požárně technické vlastnosti jejich plastových izolačních částí. Tyto požadavky se u nich podle vyhlášky vyjadřují nově, analogicky současným stavebním materiálům, tzv. třídou reakce na oheň.

Při označení „x“ ve sloupci I je vyžadována aplikace kabelů a vodičů, splňujících základní požadavky třídy reakce na oheň B2_{ca}. Při vyznačení požadavku ve sloupci II je navíc vyžadováno i splnění dalších vlastností, vyjádřených základní plus doplňkovou klasifikací, tedy klasifikací B2_{ca} s1, d0. Jestliže jsou v tabulce uvedeny u některých zařízení obě možnosti, závisí výběr na skutečnosti, zda se předmětné kabely nacházejí v chráněné únikové cestě, která přináší další zákonitě zvýšení nároků v oblasti požární bezpečnosti nebo v jiném prostoru se standardními požadavky.

Současný pohled vyhlášky č. 23/2008 Sb. na funkčnost volně vedených kabelů a vodičů je již zapracován i do nové edice základní normy požárního kodexu ČSN 73 0802 z 05/2009 (lit.[9]) a ČSN 73 0804 (lit.[10]). Z jejich díkce jednoznačně plyne, že bez úspěšného provedení dalších zkoušek dnes nelze pro volně

vedené kabelové trasy s časově omezenou funkčností za požáru používat kabely odpovídající pouze řadě norem ČSN IEC 60 331 (lit.[13]), označované mezi elektrotechnickou veřejností jako kabely „V“.

Podle platné ČSN 73 0802 lze, v souladu s vyhl. 23/2008 Sb., použít k zajištění funkce a ovládání zařízení, sloužících k protipožárnímu zabezpečení stavebních objektů, pouze volně vedené kabely resp. celé kabelové trasy v těchto provedeních:

- **Jako kabely a vodiče, volně vedené prostory a požárními úseky bez požárního rizika, vč. chráněných únikových cest, lze nyní používat jen vodiče a kabely, které splňují včetně celé kabelové trasy třídu funkčnosti alespoň P15-R a jsou třídy reakce na oheň alespoň B2_{ca} s1, d0.**
- **Jako kabely a vodiče, volně vedené prostory a požárními úseky s požárním rizikem, lze nyní použít vodiče a kabely splňující třídu funkčnosti požadovanou požárně bezpečnostním řešením stavby pro funkčnost připojených požárně bezpečnostních zařízení a použité kabely nebo vodiče jsou třídy reakce na oheň alespoň B2_{ca} s1, d0.**

A. Zajišťujících funkci a ovládání zařízení sloužících k protipožárnímu zabezpečení staveb		Druh vodiče nebo kabelu		
		I	II	III
a)	Domácí rozhlas podle ČSN 73 0802, evakuační rozhlas podle ČSN 73 0831, zařízení pro akustický signál vyhlášení poplachu podle ČSN 73 0833, nouzový systém podle ČSN EN 60849	X	X *)	X
b)	Nouzové a protipanické osvětlení	X	X *)	X
c)	Osvětlení chráněných únikových cest		X	X
d)	Evakuační a požární výtahy	X	X *)	X
e)	Větrání únikových cest		X	X
f)	Stabilní hasící zařízení	X	X *)	X
g)	Elektrická požární signalizace	X	X *)	X
h)	Zařízení pro odvod kouře a tepla	X	X *)	X
i)	Posilovací čerpadla požárního vodovodu	X	X *)	X
B. Pro elektrické rozvody v prostorech požárních úseků vybraných druhů staveb				
a)	Zdravotnická zařízení			
	1. Jesle		X	
	2. Lůžková oddělení nemocnic		X	X
	3. JIP, ARO, operační sály		X	X
	4. Lůžkové části zařízení sociální péče		X	X
b)	Stavby s vnitřními shromažďovacími prostory (např. školy, divadla, kina, kryté haly, kongresové sály, nákupní střediska, výstavní prostory)			
	1. Shromažďovací prostor		X	
	2. Prostory, ve kterých se pohybují návštěvníci		X	
c)	Stavby pro bydlení (mimo rodinné domy)			
	1. Únikové cesty		X	
d)	Stavby pro ubytování více než 20 osob (např. hotely, internáty, lázně, koleje, ubytovny apod.)			
	1. Společné prostory (haly, recepce, jídelny, menzy, restaurace)		X	
Vysvětlivky:				
I – kabel B2ca				
II – kabel B2ca s1,d0				
III – kabel funkční při požáru (se stanovenou požární odolností)				
*) – v případech umístění v chráněných únikových cestách				

• Tabulka 1: Volně vedené kabely a vodiče požárně bezpečnostních zařízení dle vyhl. 23/2008 Sb.

Náročnější je i situace u skrytých kabelů, tedy kabelů vedených např. pod omítkou. I dnes se sice připouští ochrana kabelů jejich uložením tak, aby nedošlo k porušení jejich funkčnosti, ale za splnění tohoto požadavku se považuje bez dalšího průkazu jen uložení kabelů a vodičů vyhovujících řadě ČSN IEC 60331 pod omítkou s krytím nejméně 10 mm, nebo jejich vedení v samostatných drážkách, uzavřených truhlících či šachtách a kanálech určených pouze pro elektrické vodiče a kabely, nebo jejich ochrana protipožárními nástřiky, popř. deskovými nehořlavými materiály, zpravidla tloušťky alespoň 10 mm atd. Na rozdíl od předchozí edice ČSN 73 0802 tedy již nelze podle platné verze této normy nadále k tomuto účelu využívat běžné instalační vodiče a kabely CYKY apod., neodpovídající alespoň požadavkům ČSN IEC 60331.

Vodiče a kabely by přitom měly vyhovovat výše uvedeným požadavkům spojitě. V případě napájecích kabelů tedy od hlavního rozvaděče, z něhož jsou napájena požárně bezpečnostní zařízení až k jednotlivým spotřebičům, tedy jednotlivým požárně bezpečnostním zařízením. V případě ovládacích a dalších kabelů pak

od ovládacího zařízení, kterým může být např. ústředna EPS, až k vlastnímu protipožárnímu zařízení, kterým je např. elektrické samočinné hasící zařízení nebo elektricky ovládaný požární uzávěr.

Jestliže jsou uloženy ve společné trase kabely příslušející zařízením nebo systémům s požadavkem na různou dobu funkčnosti, musí takto společně využívaná trasa resp. kabelový nosný systém, vykazovat vždy třídu funkčnosti odpovídající nejdelší vyžadované době činnosti napojeného zařízení, důležitého pro požární bezpečnost uvažovaného objektu.

Průkaz požární funkčnosti kabelových tras

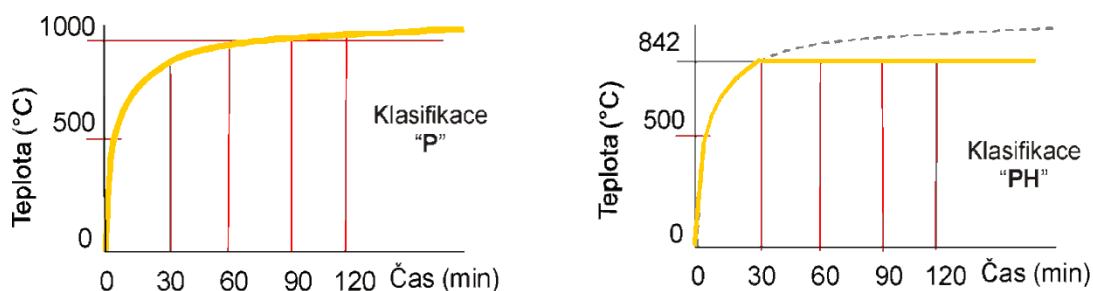
Jestliže vyhláška č. 23/2008 Sb. hovoří o funkčnosti volně vedených kabelů a vodičů, je třeba také definovat způsob jejího prokazování. Vyjít lze přitom z ČSN 730848, která vyžaduje, aby každá trasa s tzv. funkční integritou byla zkoušena podle ZP 27/2008 PAVUS (lit.[14]).

Tento zkušební předpis přitom ukládá povinnost zkoušet vždy pouze kabely uložené na odpovídající kabelové nosné konstrukci v uspořádání odpovídajícím skutečné praxi, čemuž podřizuje i výslednou klasifikaci. Její podoba závisí na použitém požárním scénáři a dosažené době zachování funkce. Možné požární scénáře uvažuje dva a přiřazuje jim klasifikační označení písmenem „P“ resp. dvojicí písmen „PH“. Vždy společně s číselným označením třídy (doby) zachování funkčnosti a písmenným označením dodatkové klasifikace „R“, podle následujícího vzoru:

Pxx-R resp. PHxx-R

Kde „xx“ představuje ono číselné označení doby zachování požární funkčnosti v minutách.

Toto klasifikační označení kabelových tras s deklarovanou funkčností koresponduje s požadavky přílohy č.2, vyhlášky č. 23/2008 Sb., podle níž se kabely a vodiče funkční při požáru a se stanovenou požární odolností P nebo PH mohou ukládat výhradně na úložné, závěsné nebo opěrné konstrukce s třídou funkční požární odolnosti (R), zajišťující stabilitu kabelového rozvodu nebo vodiče po dobu třídy jejich požární odolnosti $R \geq P$ nebo $R \geq PH$.



• Obrázek 1: Požární scénáře na klasifikaci „P“ resp. „PH“ podle ZP 27/2008 PAVUS

Odpovídající teplotní průběhy zmíněných požárních scénářů ilustruje obr. 1. V jeho levé části je zobrazena tzv. normová teplotní křivka, popsána v ČSN EN 1363-1 (lit.[15]), která odpovídá klasifikaci „Pxx-R“. V pravé části obr. 3 je uveden méně náročný, specifický požární scénář pro klasifikaci „PHxx-R“, který sice také využívá náběh teploty podle normové teplotní křivky, ale jen do třicáté minuty zkoušky, kdy je teplota ve zkušební komoře hodnoty 842 °C. Dále již zůstává v tomto případě teplota konstantní až do konce zkoušky. Pro možnost lepšího srovnání obou požárních scénářů je do teplotního scénáře „PHxx-R“ zakreslen čárkovaně i průběh normové teplotní křivky dle ČSN EN 1363-1. Je patrné, že normová teplotní křivka klade na kabely a kabelové nosné konstrukce vyšší nároky a proto platí, že kabely a kabelové nosné konstrukce, zkoušené podle normové teplotní křivky s klasifikací „Pxx-R“, splňují při téže době požární odolnosti beze zbytku i nároky na mírnější klasifikaci „PHxx-R“.

Nad rámec právě popsanych dvou pevně definovaných požárních scénářů Pxx-R resp. PHxx-R lze ale podle ZP 27/2008 PAVUS definovat pro zkoušky kabelových tras s integrovanou funkčností individuálně i jakýkoliv jiný požární scénář. Pak se ale již neprovádí klasifikace pomocí právě zmíněného kombinovaného písmenného a číselného označení, nýbrž se do příslušných dokumentů o průběhu zkoušky individuální požární scénář jen slovně popíše a v tabulce dosažených výsledků se bez dalšího označení uvede pouze dosažený čas funkčnosti v minutách.

Zadávání požadavků na funkčnost kabelových tras

Podle ČSN 73 0848 by měly být požadavky na funkční integritu kabelových tras, určených k napájení požárně bezpečnostních zařízení a dalších zařízení, která musí zůstat v případě požáru funkční, vždy součástí požárně bezpečnostního řešení stavby. Tyto požadavky by přitom měly obsahovat zejména:

- **Přehled požárně bezpečnostních zařízení a dalších zařízení, která musí zůstat v případě požáru funkční.**
- **Přehled požárně bezpečnostních požadavků na technická a technologická zařízení, která musí zůstat funkční v případě požáru.**
- **Požadovanou minimální dobu funkčnosti těchto požárně bezpečnostních zařízení a dalších zařízení, která musí zůstat v případě požáru funkční, stanovenou na základě technických norem a předpisů.**

Současně by měl být součástí požárně bezpečnostního řešení stavby také údaj o uvažovaném požárním scénáři. V řadě případů totiž tato část projekční dokumentace sice obsahuje údaje podle předchozích tří bodů, ale údaj o požadovaném požárním scénáři již nikoliv. Jak má ale potom zpracovatel elektrotechnické části projektu zvolit mezi některým z požárních scénářů „P“, „PH“ nebo případně i jiným, individuálním požárním scénářem, když k tomu nemá žádné podklady, a není ani ve smyslu platných právních předpisů oprávněn tak na vlastní zodpovědnost učinit?

Volně vedené kabely a vodiče příslušející běžným zařízením

Přijetím vyhlášky č. 23/2008 Sb. se podstatně změnily požadavky na provedení a ukládaných kabelů příslušejících požárně bezpečnostním zařízením i dalším technickým a technologickým zařízením, důležitým pro požární bezpečnost uvažovaného stavebního objektu. Nicméně pro jiná než tato vyhrazená zařízení platí i dnes samostatné požadavky, vyplývající pro daný druh stavebního objektu nebo jeho specifického prostoru, z norem řady ČSN 73 08..

Základní vymezení požadavků na to kdy a jak se kabelové rozvody příslušející elektrickým zařízením nesloužícím k protipožárnímu zabezpečení stavebního objektu musí požárně posuzovat, lze shrnout do následujících několika bodů:

- **„Jiné“ vodiče a kabely se požárně posuzují, jen jestliže jsou v jednotlivých místnostech vedeny volně bez další ochrany a nejsou tedy uloženy a chráněny tak, aby nemohlo dojít k porušení jejich funkčnosti, např. pod omítkou, a pokud současně**
- **hmotnost izolace vodičů a kabelů, popř. nehořlavých částí přítomných elektrických rozvodů přesáhne $0,2 \text{ kg/m}^3$ obestavěného prostoru místnosti a současně podle ČSN 73 0818 připadá na osobu v posuzované místnosti méně než 10 m^2 půdorysné plochy.**

Jestliže jsou ve stavbě prostory, v nichž je nutno na základě těchto dvou podmínek započítat zde se nacházející volně vedené kabelové rozvody příslušející běžným elektrickým zařízením do požární zátěže uvažovaného požárního úseku, považuje se za vyhovující řešení s tím spojeného problému:

- **Použití kabelů a vodičů klasifikovaných z pohledu reakce na oheň ve třídě B2_{ca} s1, d0 - vyhoví ve všech případech.**
- **Umístění kabelů a vodičů výhradně v místnostech, v nichž působí samočinné požární odvětrací zařízení odpovídající příslušným ustanovením ČSN 73 0802, a to v celé ploše uvažovaného požárního úseku, kromě ploch bez požárního rizika. Návrh tohoto odvětracího zařízení musí vyhovovat požadavkům z přílohy H téže normy.**
- **Umístění kabelů a vodičů v místnostech výhradně tak, že na ně přímo působí samočinné stabilní hasicí zařízení, odpovídající platné ČSN 73 0802 a brání tak dostatečně účinně jejich hoření.**

Podrobný popis podmínek pro realizaci uvedených opatření lze najít v odpovídajících částech řady ČSN 73 08... Je přitom třeba zdůraznit, že pro určité specifické druhy staveb nebo prostorů v nich situovaných mohou být odpovídajícími předpisy upraveny tyto obecné požadavky do poněkud jiné, zpravidla přísnější podoby. Nejčastěji se lze s těmito zpřísněnými požadavky setkat u běžných elektrických rozvodů v chráněných únikových cestách nebo shromažďovacích prostorech.

Běžné kabelové rozvody v chráněných únikových cestách

V chráněných únikových cestách musí i kabely a vodiče běžných kabelových rozvodů splňovat požadavek na klasifikaci v třídě reakce na oheň B_{2ca} s1, d0. Viz požadavky vyhlášky č. 23/2008 Sb. a norem ČSN 73 0848 (lit.[12]) a ČSN 73 0802 (lit.[9]). V případě chráněných únikových cest je tedy z hlediska požadavků na třídu reakce na oheň kabelů v podstatě lhostejné, zda se jedná o kabely a vodiče příslušející rozvodům požárně bezpečnostních nebo jiných zařízení.

Běžné kabelové rozvody ve shromažďovacích prostorech

Jinou, neméně častou odchylku v požadavcích na provedení volně vedených kabelů a vodičů ve specifických prostorách vyžadují shromažďovací prostory. Podle vyhlášky č. 23/2008 Sb. se při navrhování stavby se shromažďovacím prostorem postupuje podle ČSN 73 0831 (lit.[11]), pokud není stanoveno jinak. Z této normy vyplývá, je třeba vždy respektovat určité zpřísnění požadavků na tento specifický druh stavebních prostorů a na něj navazujících únikových cest. Za základní odchylky lze v tomto případě považovat především to, že:

- **Vodiče a kabely, nepříslušející zařízením sloužícím k protipožárnímu zabezpečení objektu, mohou být volně vedeny prostory a požárními úseky, kterými pokračují nechráněné únikové cesty navazující na shromažďovací prostory, jen pokud jejich hmotnost nepřesahuje 0,1 kg/m³ obestavěného prostoru nebo místnosti a současně izolace těchto kabelů a vodičů nemá materiály, obsahující chemicky vázaný chlor.**
- **V uzavřených truhlících, šachtách nebo kanálech, určených jen pro elektrické kabely a vodiče v takovém provedení, že jsou pro případ požáru odděleny od okolí, lze vést vždy jednu záložní trasu příslušející systémům důležitým pro protipožární zabezpečení předmětného stavebního objektu.**
- **V elektrických rozvodnách, kde jsou umístěny společně s ostatními rozvaděči i rozvaděče pro elektrická zařízení, zahrnutá do systému protipožárního zabezpečení shromažďovacích prostorů, musí být tyto rozvodné skříně od ostatních požárně odděleny nebo se musí jiným způsobem zabránit šíření požáru mezi rozvaděči.**

Za vyhovující řešení uložení těchto vodičů a kabelů přímo ve vnitřním shromažďovacím prostoru se považuje:

- **Použití kabelů a vodičů klasifikovaných ve třídě reakce na oheň B_{2ca} s1, d0, a/nebo**
- **Využití místností dostatečně požárně odvětraných, tedy místností, v nichž působí samočinné požární odvětrací zařízení v celé ploše uvažovaného požárního úseku, kromě ploch bez požárního rizika. Podrobněji viz ČSN 73 0802 (lit.[9]). Návrh celého odvětracího zařízení musí přitom vyhovovat požadavkům uvedeným v příloze H téže normy.**

Kabelové nosné konstrukce podle ZP 27/2008 PAVUS

Jak již bylo naznačeno, vychází způsob zkoušení kabelů a jejich nosných konstrukcí podle ZP 27/2008 PAVUS ze skutečného uspořádání kabelových tras, což představuje základní rozdíl oproti laboratorním testům funkční schopnosti kabelu (označení V... nebo FE...) podle laboratorních předmětových norem řady ČSN IEC 60331. Zkušební předpis ZP 27/2008 PAVUS (lit.[14]) tedy poskytuje, jako jediný relevantní domácí technický předpis, komplexní obraz o chování kabelové trasy v podmínkách požáru. Analogicky svému vzoru, německé DIN 4102 část 12 (lit.[16]), zavádí velmi důležité základní rozdělení kabelových nosných konstrukcí na tak zvané:

- a) Normové resp. standardní kabelové nosné konstrukce a**
- b) Nenormové, nestandardní resp. ostatní kabelové nosné konstrukce.**

U normových konstrukcí připouští jednu velmi důležitou možnost, kterou je přenos výsledků zkoušek. Jinak řečeno, kabely vyzkoušené na normovém kabelovém nosném systému dle tohoto předpisu od jednoho výrobce lze používat i ve spojení s kabelovým nosným systémem jiného výrobce, splňujícím tutéž požární klasifikaci a samozřejmě i veškeré parametry příslušného druhu normové kabelové nosné konstrukce. Pro nenormové kabelové nosné konstrukce, tedy kabelové nosné konstrukce odlišující se byť jen v jednom parametru od předpisem definovaných normových hodnot, již možnost přenosu výsledků zkoušek neexistuje a mohou se tedy používat jen ve spojení s kabely, s nimiž byly zkoušeny.

Délka zkušební sestavy vystavená působení požárních teplot musí být při zkoušce podle ZP 27/2008 PAVUS vždy nejméně tři metry, což zaručuje odpovídající prověření všech prvků kabelové trasy, včetně souvisejících závěsných sestav. Zkouší se přitom samostatně tři základní způsoby uložení kabelů:

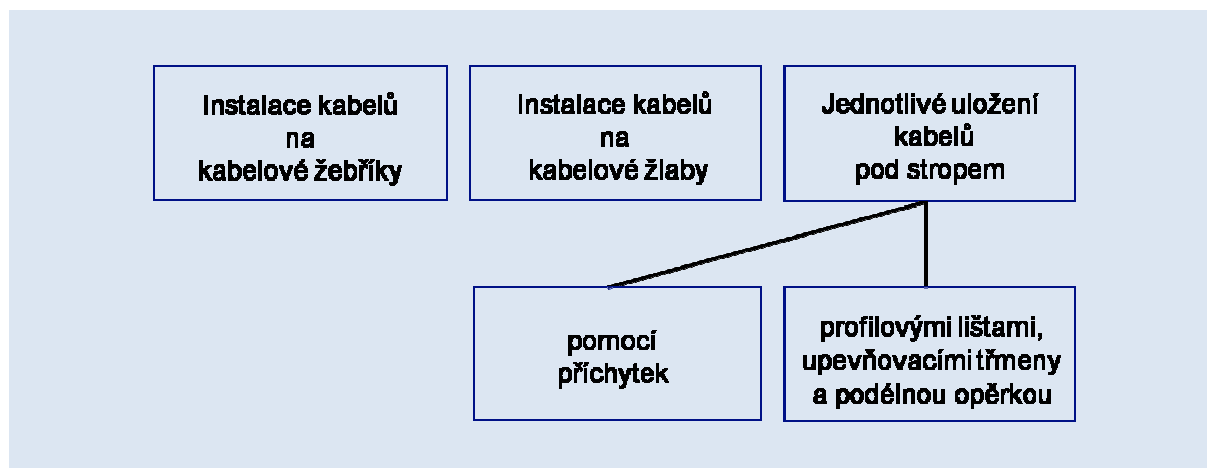
- a) Instalace kabelů na kabelových žebřících
- b) Instalace kabelů v kabelových žlabech
- c) Instalace jednotlivými přichytkami



• Obrazek 2: Sestavy pro zkoušku podle ZP 27/2008 PAVUS (Zdroj: OBO Bettermann)

Normové instalační systémy podle ZP 27/2008 PAVUS

Pro tři způsoby uložení kabelů uvedené v závěru předchozí kapitoly jsou pak v ZP 27/2008 PAVUS definovány normové úložné konstrukce s možností přenosu výsledků zkoušek. Viz obr. 3.



• Obrázek 3: Normové instalační systémy podle ZP 27/2008 PAVUS

Normový úložný systém typu kabelový žlab a kabelový žebřík

V praxi nejčastěji využívaným způsobem hromadného uložení kabelů je jejich uložení na kabelový žebřík nebo do kabelového žlabu. Pro ně vyžaduje ZP 27/2008 PAVUS striktně instalaci pomocného závěsu ze závitových tyčí, upevněného v blízkosti volného konce výložníku. Odpovídající sestavy, sestavené z kabelových nosných systémů společnosti OBO Bettermann, přináší obr.4.

Zkušební předpisem ZP 27/2008 PAVUS předepsané základní parametry obou těchto sestav uvádí tab.2. Jen při dodržení všech zde uvedených požadavků lze takovéto sestavy označit za normové. Pro kabelový žebřík i žlab se navíc vyžaduje použití šroubových spojek určité minimální délky. U normového kabelového žlabu je stanoveno také povinné přeplátování spoje jeho dna šroubovým spojem. Z parametrů normového kabelového žlabu v tab. 2, a z dalších skutečností uvedených v ZP 27/2008 PAVUS vyplývá, že za normový úložný systém tohoto druhu lze považovat jen plechové kabelové žlaby a nikoliv jejich mřížové resp. drátěné varianty, taktéž v elektrotechnice někdy využívané. Důvodem jsou podstatně horší mechanické vlastnosti drátěných profilů oproti plechovým.



• Obrázek 4: Normový systém typu žebřík a žlab OBO Bettermann, zkoušený podle ZP 27/2008 PAVUS

Z výše uvedených parametrů jednoznačně vyplývají i základní rozpoznávací znaky normových kabelových nosných konstrukcí typu kabelový žlab a žebřík. Za normovou kabelovou nosnou konstrukci tedy nelze v žádném případě označit např. konstrukci, v níž není výložník u svého volného konce doplněn o pomocný závěs ze závitové tyče, nebo je v případě kabelového žlabu použit mřížový resp. drátěný žlab.

Tyto skutečnosti lze bez problémů rozeznat i pod stropem velmi vysoké skladové haly apod. Stejně tak není pro zkušenějšího technika problém posoudit i na poměrně velkou vzdálenost např. šířku kabelového žlabu a výšku jeho bočnic s prostřednictvím jejich děrování. Toto děrování je totiž u prakticky všech výrobců kabelových žlabů pravidelné a symetrické, takže stačí jen spočítat kolik řad děr se ve dně nebo bočnici žlabu nachází. V případě dostupnosti normové kabelové trasy je samozřejmě smysluplné i posouzení vzdálenosti podpěr atd.

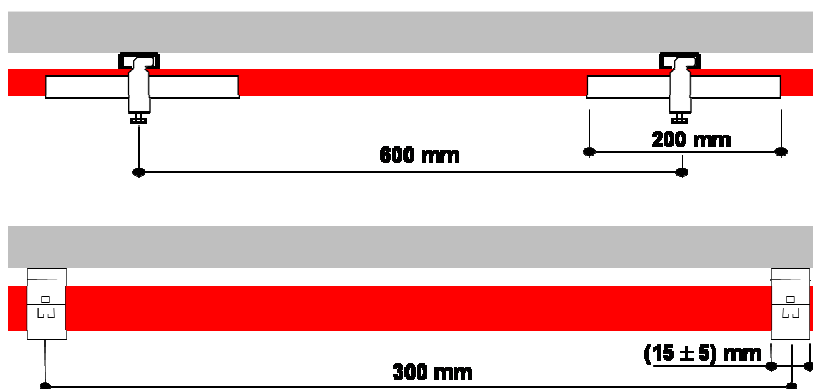
Parametr	Kabelový žebřík	Kabelový žlab
Min. výška bočnice [mm]	60	
Min. tloušťka plechu bočnice [mm]	1,5	
Max. rozestup podpěr [m]	1,2	
Max. zátěž trasy [kg/m]	20	10
Max. šířka trasy [mm]	400	300

• Tabulka 2: Parametry normových konstrukcí kabelový žebřík a žlab dle ZP 27/2008 PAVUS

Svůj význam má i dimenzování pomocných závěsů ze závitových tyčí. Jejich maximální zatížení se odvíjí od nejvyššího přípustného tahového napětí závitových tyčí při vysokých požárních teplotách, odvozeného z ČSN EN 1366-1 (lit.[17]) pro normovou teplotní křivku podle EN 1363-1 (lit.[15]). Při době odolnosti do 60 minut v nich lze připustit tahové napětí max. 9 N/mm² a pro dobu odolnosti 90 minut jen 6 N/mm² vnitřního průřezu závitové tyče. Z toho lze jednoduše odvodit, že např. závitová tyč M12 třídy pevnosti 5.6, kterou lze při pokojové teplotě zatížit může v systémech podle ZP 27/2008 PAVUS nést při době požární odolnosti do 60 minut 76 kg a při době odolnosti 90 minut dokonce jen 51 kg, což odpovídá max. třem trasám normových kabelových žebříků s roztečí podpěr 1,2 m a kabelovou zátěží 20 kg na jeden metr délky trasy.

Normový úložný systém typu jednotlivá příchytka

Samostatný normový způsob uložení kabelů a vodičů představuje jejich jednotlivá montáž pod stropem pomocí jednotlivých nebo třmenových příchytok podle obr.5. V případě třmenových příchytok na profilové liště připouští ZP 27/2008 PAVUS u normového systému vzájemnou vzdálenost úchytů v ose kabelu až 600 mm, ovšem jen za předpokladu, že bude každá příchytka doplněna podélnou opěrkou délky min. 200 mm. Pro normový systém typu jednotlivá příchytka bez opěrné vany stanoví zkušební předpis šířku jednotlivých příchytok 15 ± 5 mm a jejich maximální vzdálenost v ose kabelu 300 mm.



• Obrázek 5: Normové uložení dle ZP 27/2008 PAVUS pomocí jednotlivých příchytok

Za normový systém typu jednotlivá příchytka bez opěrné vany, tedy s maximální vzdáleností příchytok v ose kabelu 300 mm, se považuje i montáž pomocí třmenových příchytok bez opěrné vany. Kotevních body nosných profilových lišt nesoucích třmenové příchytky přitom nesmí být, bez ohledu na skutečnost, zda se používají třmenové příchytky doplněné opěrnými vanami nebo bez nich, vzdáleny více než 250 mm.

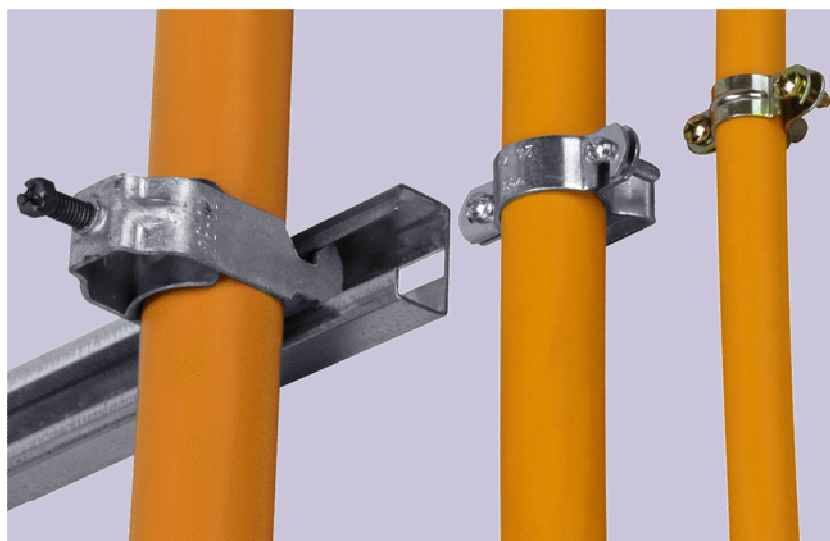


• Obrázek 6: Třmenová příchytka OBO typ 2056M s podélnou opěrkou 2058LW délky 200 mm k montáži po 600 mm

Stoupací trasy

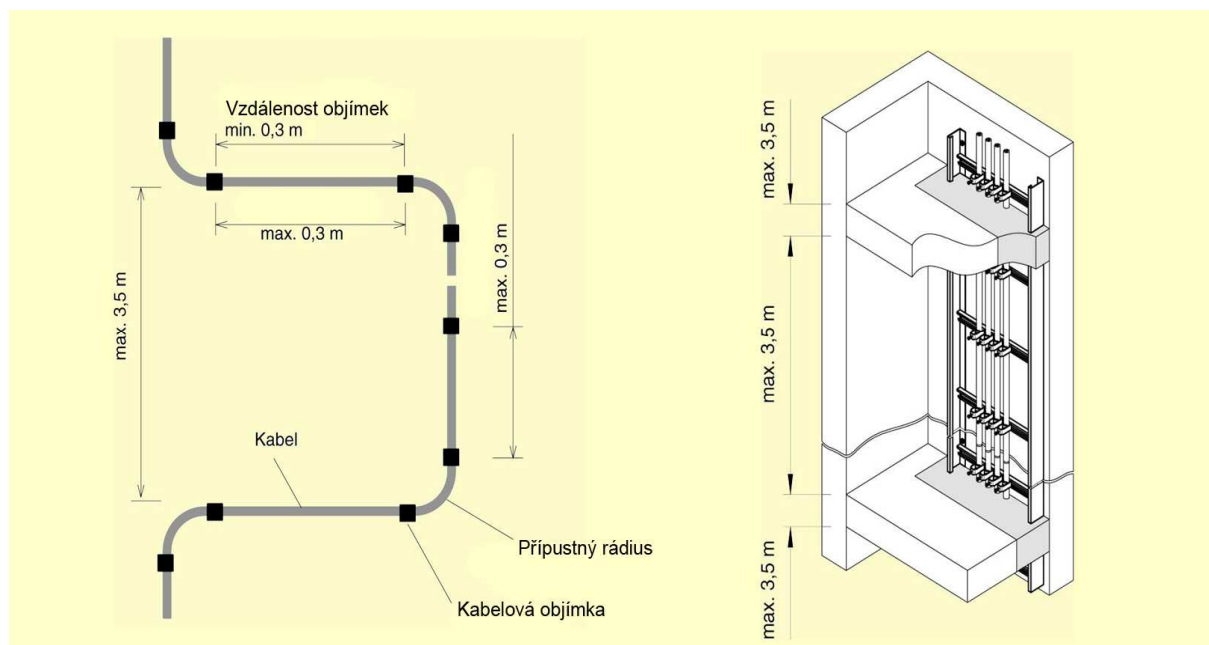
V rámci zkoušek podle ZP 27/2008 PAVUS se jednotlivé upevnění kabelů zkouší pod stropem zkušební komory a výsledky těchto zkoušek pak platí také pro trasy vedené vodorovně podél svislé stěny nebo pro stoupací trasy. Svislou montáž kabelů pomocí třmenových resp. jednotlivých příchytok ilustruje obr.7. Z pohledu zkoušek tedy lze o stoupacích trasách s určitým zjednodušením tedy říci, že nepředstavují žádný

problém. Jiná je ale již situace při jejich návrhu a realizaci. Zkušební předpis ZP 27/2008 PAVUS totiž v sobě zahrnuje poměrně nenápadně i několik velmi podstatných požadavků na jejich skutečnou podobu ve stavbě.



• Obrázek 7: Požárně zkoušené objímky OBO Bettermann pro jednotlivé kabely

Nejčastější komplikace představuje zejména požadavek na odlehčení kabelů v tahu při dlouhých stoupacích trasách nad max. 3,5 m délky trasy. Dvě obvyklá řešení tohoto problému ilustruje obr.8. Jeho levá část řeší tento problém vytvořením „odskoků“ na min. dvě vodorovně situované objímky, v nichž se mohou požárem postižené kabely zachytit. Pravá část předpokládá vytvoření celistvých požárních předělů po 3,5 m. Použití objímek je relativně snadné a ekonomické, nicméně vytvářené meandry kladou značné prostorové nároky na prostor potřebný k vytvoření stoupací kabelové trasy, což nebývá v řadě případů akceptovatelné. Vytvoření celistvých požárních předělů je zase poměrně nákladné a v řadě případů vylučuje přístup do určitých částí kabelových šachet.



• Obrázek 8: Odlehčení v tahu ve stoupacích trasách – obvyklá řešení dle ZP 27/2008 PAVUS

Společnost OBO Bettermann proto vyvinula jiné, důvtipnější řešení tohoto problému podle následujícího obr.9. Při jeho realizaci není třeba vytvářet žádné změny směru vedení stoupací kabelové trasy ani celistvé požární přepážky. Principem je prosté uzavření jedné příčky stoupacího kabelového žebříku nebo jedné řady nástěnných kabelových příchytok do samostatného požárního úseku, vytvořeného pomocí „U“ profilu z požárně odolného deskového materiálu a dvou kabelových ucpávek z minerální vaty, dotěsněných

v místech prostupu kabelů protipožární pěnou nebo tmelem. Při montáži ve stoupací kabelové trase po 3,5 m tato sestava umožňuje dosažení doby požární odolnosti, v závislosti na použitých kabelech, až 90 minut. Uvažován je přitom požární scénář v podobě normové teplotní křivky podle ČSN EN 1363-1.



• Obrázek 9: Prostorově úsporné odlehčení kabelů v tahu ve stoupací požárně odolné trase, typ ZSE90 od OBO Bettermann

Jiný problém představuje požadavek na účinné podepření kabelů v místech přechodů mezi vodorovnými a stoupacími trasami. U kabelů větších průřezů totiž nelze, za dodržení nejmenších přípustných poloměrů jejich ohybu, dosáhnout změny vedení směru o 90° na délce kratší než 300 mm, po které musí být v normovém systému každý kabel vždy znovu podepřen resp. upevněn. V těchto případech je proto třeba:

- Sestavit z jednotlivých krátkých dílců kabelových žlabů nebo žebříků odpovídající přechodový rádius, nebo
- vytvořit dodatečnou podpěrnou konstrukci mezi bočnicemi vodorovné a stoupací trasy, na níž se připevní přídatné příčky tak, aby bylo zajištěno podepření kabelů i v přechodovém oblouku po max. 300 mm.

Nenormové systémy podle ZP 27/2008 PAVUS

Zkušební předpis ZP 27/2008 PAVUS sice definuje poměrně tvrdě požadavky na normové kabelové úložné systémy, nicméně nezavrhne ani jakékoliv jiné specifické řešení, lišící se od dříve popsaných normových systémů dílčím nebo i velmi podstatným způsobem. Nejčastější odchylky od normových nosných systémů se zachováním funkčnosti při požáru jsou vedeny snahou o:

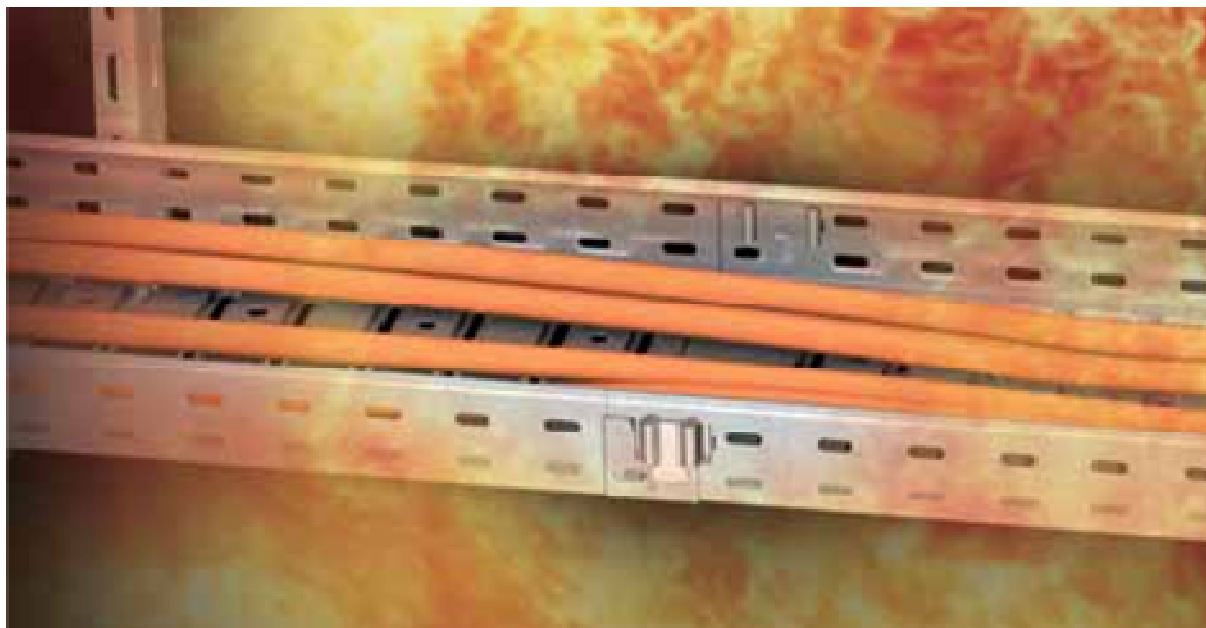
- zvětšení rozestupů závěsných konstrukcí pro upevnění kabelových tras do stavby;
- zvětšení maximální přípustné šířky kabelových tras;
- odstranění pomocných závěsů ze závitových tyčí u volných konců výložníků (obr.4);
- další snížení ekonomických nákladů na kabelové trasy, např. využitím kabelových žlabů z plechu slabšího než 1,5 mm, vyžadovaného u normových konstrukcí.

Oproti normovým kabelovým nosným systémům podle ZP 27/2008 PAVUS přináší ovšem využití výše uvedených odchylek jeden společný problém. Při srovnatelných požárních zkušebních teplotách provázejí takto odlišné nenormové resp. specifické kabelové nosné konstrukce oproti normovým větší deformace, což způsobuje zvětšené namáhání uložených kabelů. Proto je třeba počítat s tím, že ve spojení s nenormovými kabelovými nosnými konstrukcemi bude vždy třeba využívat jen značně omezenou nabídku speciálních kabelů s konstrukcí schopnou odolávat tomuto zvýšenému namáhání. Tato skutečnost je také důvodem, proč je u nenormových resp. nestandardních systémů vyloučen přenos výsledků zkoušek.

Typickým příkladem nenormové konstrukce je zvětšení rozteče podpěrných konstrukcí kabelové trasy na 1,5 m a vynechání pomocných závěsů, tedy podoba kabelové nosné konstrukce z levé části obr.2. Stejně tak může ale odchylka od normové konstrukce spočívat ve zvětšení maximální možné šířky kabelové trasy na 500 mm, případně v kombinaci všech těchto odchylek, je tomu např. u tras požárně certifikovaných kabelových žlabů a žebříků společnosti OBO Bettermann.

Příklad kabelové nosné konstrukce zahrnující v sobě všechny předešlé skutečnosti přináší obr.10. Jedná se o velmi ekonomické provedení kabelové trasy typu kabelový žlab se zachováním funkčnosti z kabelového

žlabu RKS-Magic®. Tento nový, patentově chráněný systém kabelových žlabů společnosti OBO Bettermann s integrovaným bezšroubovým podélným spojem lze v systémech se zachováním funkčnosti při požárních teplotách používat až do šířky 400 mm. Na jeden společný závěsný „U“ profil lze přitom zavěsit od jedné až do pěti takovýchto kabelových tras, v závislosti na jejich šířce a okolnosti, zda je vyžadováno jednostranné nebo oboustranné zavěšení. Tato nezvykle jednoduchá a přitom velmi různorodá stavebnice představuje bezesporu velký pokrok ve využitelnosti prvků klasických kabelových tras pro systémy s požární funkcí.



• Obrázek 10: Nenormový systém s patentově chráněným kabelovým žlabem OBO RKS Magic®

Jiný příklad z oblasti nenormových kabelových nosných konstrukcí představuje hromadná instalace kabelů ve společných kabelových držácích podle obr.11. Zde uvedená kabelová spona OBO Grip M15 je určena přednostně pro silové kabely malých průřezů 1,5 resp. 2,5 mm², ale využít ji lze i pro kabely slaboproudé. Její větší „sourozenci“, jako např. OBO Grip M70, však zvládnou bez problémů i několik silových kabelů s průřezem 16 mm² nebo větším.



• Obrázek 11: Skupinový kabelový držák OBO Bettermann s požární klasifikací až 90 minut

Závěr

Vyhláška ministerstva vnitra č. 23/2008 Sb., normy požárního kodexu ČSN 73 08.. a zkušební předpis ZP 27/2008 PAVUS na sebe vzájemně navazují. Vyhláška přináší základní požadavky na návrh a realizaci elektrických zařízení důležitých pro požární bezpečnost stavebních objektů, zkušební předpis pak specifické požadavky pro zkoušky, návrh a realizaci souvisejících kabelových tras.

Je jasné, že oba tyto předpisy přinášejí do elektrotechnické praxe poněkud jiný pohled na časově omezené zachování funkčnosti kabelových tras, než na jaké byla elektrotechnická veřejnost zvyklá před vydáním vyhl. č. 23/2008 Sb. Nicméně ať již se to komu líbí nebo nikoliv, jedná se o právně závazný předpis se všemi důsledky, které z této skutečnosti vyplývají a nesplnění jeho požadavků může být v lepším případě důvodem k neschválení projektu nebo užívání dotčené stavby ze strany dotčených orgánů státní správy.

Praxe přitom stále dokazuje, že se jedná o poměrně specifickou problematiku, která nemusí být každému elektrotechnickému odborníkovi zcela vlastní. Proto také společnost OBO Bettermann Praha s.r.o. pořádá ve všech regionech České republiky na toto téma průběžně řadu odborných seminářů. S dotazy na jejich konání i s dotazy vztahujícími se přímo k dané problematice se lze obrátit prostřednictvím e-mailu:

info@obo.cz

Stejně tak se lze s předmětnou problematikou obrátit přímo na autora tohoto příspěvku, prostřednictvím e-mailu:

burant@obo.cz

Literatura

- [1] Firemní literatura firmy OBO Bettermann, SRN. Poskytnuto firmou OBO Bettermann Praha s.r.o., Modletice, ČR.
- [2] Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, ve znění zákona č. 68/2007 Sb. a zákona č. 191/2008 Sb. Sbírka zákonů ČR, částka 63/2006 resp. 31/2007 resp. 61/2008.
- [3] Zákon č. 133/1985 Sb. o požární ochraně. Sbírka zákonů ČR, částka 34/1985.
- [4] Zákon č. 186/2006 Sb. o změně některých zákonů souvisejících s přijetím stavebního zákona a zákona o vyvlastnění. Sbírka zákonů ČR, částka 63/2006.
- [5] Vyhláška MV č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb ze dne 29.1.2008. Sbírka zákonů ČR, částka 10/2008.
- [6] ČSN EN 13501-1: Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň. ČNI Praha, 09/2007.
- [7] ČSN EN 1127-1: Výbušná prostředí - Prevence a ochrana proti výbuchu - Část 1: Základní koncepce a metodika. ČNI Praha, 06/2008.
- [8] ČSN EN 12845: Stabilní hasicí zařízení - Sprinklerová zařízení - Navrhování, instalace a údržba. ČNI Praha, 04/2006.
- [9] ČSN 73 0802: Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty. ČNI Praha, 05/2009.
- [10] ČSN 73 0804: Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty. ČNI Praha, 11/2002.
- [11] ČSN 73 0831: Požární bezpečnost staveb – Shromažďovací prostory. ČNI Praha, 01/2002.
- [12] ČSN 73 0848: Požární bezpečnost staveb – Kabelové rozvody. ČNI Praha, 04/2009.
- [13] ČSN IEC 60331-11: Zkoušky elektrických kabelů za podmínek požáru - Celistvost obvodu - Část 11: Zařízení - Samostatné hoření při teplotě plamene alespoň 750 °C. ČNI Praha, 11/2001.
- [14] ZP 27/2008: Zkušební předpis pro stanovení třídy funkčnosti kabelů a kabelových nosných konstrukcí – kabelových systémů v případě požáru. PAVUS, a.s. Praha, 10/2008.
- [15] ČSN EN 1363-1: Zkoušení požární odolnosti - Část 1: Základní požadavky. ČNI Praha, 07/2000.
- [16] DIN 4102 Teil 12: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 12: Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen, Anforderungen und Prüfungen. DIN e.V., Berlin, 11/1998.
- [17] ČSN EN 1366-1: Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 1: Vzduchotechnická potrubí. ČNI Praha, 07/2000.

Vplyv ohybu svetlovodu na účinnosť prenosu svetla tubusom svetlovodu

Ing. Stanislav Darula, CSc.

Ústav stavebníctva a architektury SAV, Bratislava,

e-mail: usarsdar@savba.sk,

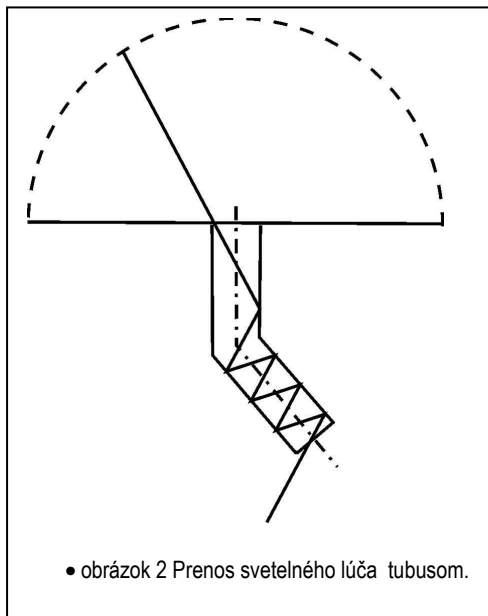
Úvod

Tubusové svetlovody sú technológiou, ktorá sa už udomácnila na Slovensku i v Českej republike a do interiérov v stavbách prináša užívateľom komfort denného svetla a úspory elektrickej energie. V časopisoch a literatúre možno nájsť viac metód pre návrh svetlovodných systémov a hodnotenie ich z hľadiska účinnosti prenosu svetla (Carter, 2002, CIE 173:2006, Mohelníková, 2006, Krasňan a Darula, 2008, Darula a kol., 2009). Všetky tieto metódy využívajú prístupy vedenia svetla na zásade vyhodnocovania svetelného toku vstupujúceho do svetlovodu a svetelného toku vystupujúceho zo svetlovodu, pričom a využíva jednoduchá závislosť svetelného toku od osvetlenosti a osvetľovanej plochy. Pokiaľ sa svetelná účinnosť svetlovodov určuje meraním v laboratórnych podmienkach pod umelými svetelnými zdrojmi, môže sa stať, že svietidlá s rôznymi krivkami svietivosti budú vytvárať rôzne účinnosti prenosu svetla. V skutočnosti svetlovody osadené na strechách budov prijímajú difúzne svetlo od oblohy a priame, smerované slnečné svetlo z miesta, kde sa nachádza Slnko a tiež odrazené svetlo od fasád budov a okolitého terénu. Tieto dva hlavné zdroje svetla (slnko a obloha) je problém napodobniť v laboratórnych podmienkach.

Ak svetlovod má zabudované koleno, situácia sa komplikuje ešte o prenos svetla kolenom. V tomto prípade sa v určitých smeroch dopadu slnečných lúčov môže stať, že tieto budú odrážané v kolene späť do vonkajšieho priestoru. Ukazuje sa, že jednoduché zisťovanie účinnosti prenosu svetla svetlovodom je nespoľahlivé. Na ÚSTARCHE SAV v Bratislave sa zrealizovali pod umelou oblohou merania účinnosti prenosu difúzneho svetla fragmentom priameho svetlovodu a svetlovodu s kolenom, ktoré umožnilo vytvoriť ohyb tubusu 20° a 30° .

Prenos svetla zalomeným svetlovodom

Svetlo do zalomeného svetlovodu môže vstupovať pod rôznymi uhlami. Pri osadení do rovnej ale aj do šikmej strechy rozhodujú smery od oblohy, nakoľko intenzita oblohového svetla je niekoľkonásobne vyššia, ako je intenzita odrazeného svetla od oproti stojacích fasád a od okolitého terénu. Dopadajúce lúče môžu svetlovodom prechádzať (obrázok 1), alebo sa môžu späťne odrážať na spojoch, ktoré vystupujú do vnútornej časti tubusu, a tiež sa môžu odrážať na vnútornom povrchu ohnutej časti tubusu (obrázok 2). Obrázky 1 a 2 schematicky zobrazujú tieto situácie v idealizovanej polohe, keď je zachytený vplyv celej oblohy. V skutočnosti šírenie sa svetelného lúča tubusom je značne komplikovanejšie, nakoľko prierez dutého svetlovodu je kruhového tvaru. V tomto prípade sa smer odrazených lúčov musí vyhodnocovať k dotyčnici kruhu, čo má za následok rotovanie

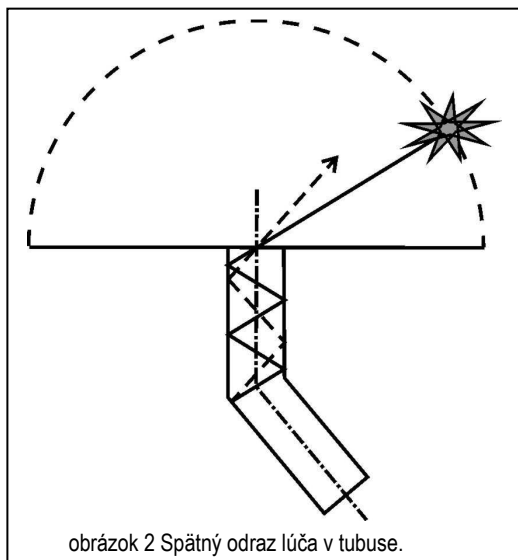


lúčov z hora smerom dole (Kocifaj 2008, Darula a kol., 2009). V závislosti od sklonu lúča dochádza k väčšiemu alebo menšiemu počtu odrazov. Čím je odklon lúčov od osi tubusu vyšší, tým väčší počet odrazov možno očakávať v jeho hornej časti. To indikuje, že pri zisťovaní účinnosti prenosu svetla svetlovodom bude na celkovú hodnotu vplývať aj charakter rozloženia jasov na oblohe.

Existujú výšky slnečných lúčov, pri ktorých sa tieto po niekoľkých odrazoch v niektorej časti tubusu odrazia od povrchu vnútornej časti tubusu späť do exteriéru, obrázok 2. Tieto lúče sa nedostanú do interiéru. Ich množstvo závisí od výšky slnka a sklonu spodnej časti tubusu.

Množstvo odrazov svetelných lúčov na vnútorných povrchoch významne ovplyvňuje množstvo prenášaného svetla svetlovodným systémom, nakoľko táto závislosť je exponenciálna. Z uvedeného vidno, že najúčinnnejšie sa prenášajú lúče prechádzajúce rovnobežne s osou tubusu a na druhej strane celková účinnosť prenosu svetla výrazne znižujú lúče, ktorých odklon od osi tubusu je veľký.

Uvedené poznatky sa dajú zovšeobecniť aj pre prenos difúzneho svetla svetlovodom.



Často možno nájsť údaje o účinnosti prenosu svetla svetlovodom v rozmedzí 80 – 90%. Treba si uvedomiť, že svetelné straty exponenciálne závisia od počtu odrazov, t.j. ρ^n , ako už bolo spomenuté. Ak sa meria účinnosť prenosu svetla pri podmienkach jasnej, sýto modrej oblohy s výškami slnka s malým odklonom od osi tubusu, potom je v tomto prípade počet odrazov minimalizovaný a vplyv difúzneho, oblohového svetla je potlačený vysokou intenzitou slnečných lúčov. Za týchto podmienok u kratších svetlovodov možno namerať vysokú účinnosť prenosu svetla.

Odlíšne výsledky treba očakávať pri zamračených oblohách. Intenzity svetla v exteriéri sú nízke a svetlo do svetlovodu je kupolou zbierané zo všetkých smerov, t.j. z nízkych výšok and horizontom aj z vysokých výšok okolo zenitu. V tomto prípade každý smer je zaťažený inými stratami z dôvodu rôzneho počtu odrazov v tubuse. Pri priamom tubuse svetlovodu dĺžky 1.8 m bola meraním pod umelou oblohou na ÚSTARCH SAV zistená účinnosť prenosu difúzneho svetla v rozsahu 52 % –

58 % v závislosti od typu oblohy. Po vložení kolena do stredu svetlovodu a otočení spodnej časti o 20° a 30° sa táto účinnosť znížila o 3.8 % - 6.5 % v závislosti od uhla ohybu a typu oblohy.

Záver

Svetlovody prenášajú svetlo pod oblohami s rôznym rozložením jasov. Pri jasných oblohách a vysokých výškach slnka, keď je počet odrazov minimálny je účinnosť prenosu svetla ich tubusom najvyššia. Pri zamračených oblohách je účinnosť prenosu svetla tubusom niekoľkonásobne nižšia. U svetlovodov prenášajúcich difúzne svetlo počas zamračených dní sa môže koleno podieľať na prenosových stratách od 3.8 % do 6.5 % v závislosti od uhla ohybu a typu oblohy.

Pod'akovanie

Príprava merania a jeho vyhodnotenie sa uskutočnili s podporou projektu APVV-0264-07 a APVV SK-CZ – 0038-07 a v spolupráci so Saprem s.r.o. Bratislava, pričom pri stanovení podmienok denného osvetlenia sa využili výsledky z projektu VEGA2/0060/08.

Literatura a odkazy

- [1] Carter, D.J. The Measured and Predicted Performance of Passive Solar Light Pipe Systems. *Lighting Res. Technol.*, 2002, 33, 1, p. 39-52.
- [2] CIE 173:2006. Tubular daylight guidance systems. Technical Report. CIE Central Bureau.
- [3] Darula, S., Kittler, R., Kocifaj, M., Plch, J., Mohelníková, J., Vajkay, F., 2009. Osvětlování světlovody. GRADA Praha.
- [4] Kocifaj, M., Darula, S., Kittler, R., HOLIGILM: Hollow light guide interior illumination method – An analytic calculation approach for cylindrical light-tubes. *Solar Energy*, 2008, 82, 3, p. 189-286.
- [5] Krasňan, M., Darula, S. Príspevok k výpočtu osvetlenosti pod tubusovým svetlovodom. In *Proc. Int. Conf. Budovy a prostredie 2008. Trvalo udržateľná výstavba, November 11, 2008, Bratislava*, Bratislava: STU – Vydavateľstvo STU, 2008, p. 52-56.
- [6] Mohelníková, J.. Determination of light efficiency of tubular light guides. *Palapa*. 2006, 1, 2, p. 19-24.

Projekt versus realita

Ing. Martin Demel
martin.demel@zu.cz

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

Rád bych na letošní přednášce Kurzu osvětlovací techniky poukázal na spoustu pochvalných projektů a podle toho zrealizovaných staveb. Nicméně tak tomu nebude. Ze zkušenosti vím, že takových případů je jako šafránu. Ve většině případů není projekt k dispozici vůbec. Ku příkladu u nás na ostravsku se rozmohly developerské projekty průmyslových hal. Developpeři postaví halu, nasvětlí ji v lepším případě na 200 lx udržované osvětlenosti pro trvalý pobyt (bez akceptace ČSN 360020) a poté pronajímají koncovým uživatelům. Tito uživatelé pak musí požádat o změnu užívání a doložit mimo jiné i protokol z měření umělého osvětlení. A v tuto dobu přicházíme na řadu my. Snaha získat alespoň nějaký projekt vychází samozřejmě naprázdno. Po příchodu do takovéto haly se nestačíme divit, co zde vidíme – vlastně nevidíme. Nový nájemník si v hale rozmístí výrobní technologii, potřebné rozvody, např. odsávání z důvodu svařečských dýmů, a diví se, když má na svařovacím stole 90 lx. Údržbáři si nedělají těžkou hlavu z toho, že v jednom zářivkovém svítidle mají trubice s různou teplotou chromatičnosti a indexem barevného podání.

Další možností je, že máme k dispozici projekt, ale je pro nás měřiče nepoužitelný, neboť jsou v něm chyby. Zásadní chybou je špatná výška srovnávací roviny. Např. v herně dětí v mateřských školách to je podlaha místnosti (ve většině případů koberec) a ne 0,45 m, v uličce a v regálovém skladu je to rovněž podlaha a ne 0,85 m. Další do očí bijící věc, která je ne méně důležitá, je udržovací činitel. V projektu oční kliniky jsem se setkal v místnosti pro personál (sesterny) s udržovacím činitelem 0,68! Údržba povrchů 36 měsíců (zdi byly okachličkovány, na podlaze PVC) a čištění svítidel v intervalu 12 měsíců. Vypočítaná udržovaná osvětlenost 567 lx (požadavek dle normy ČSN 12464-1 je 500 lx) a naměřená počáteční osvětlenost 1842 lx a udržovaná 1234 lx!

Samozřejmě tou poslední a zároveň nejlepší možností je, že máme k dispozici projekt, který je v pořádku. V praxi jsou však i zde neustále problémy, a to hlavně s rozmístěním jak svítidel, tak pracovních stolů. V projektu, kde je pěkně popsáno, že stůl může být umístěn pouze do území s činitelem denní osvětlenosti 1,5 % ne menším (tato čára je vykreslena barevně v půdorysu místnosti), jsou v realu umístěny stoly mimo toto pásmo a ještě nedostatečně uměle osvětleny.

Ale nakonec mám i dobrou zprávu. Doby, kdy se vesele instalovaly do svítidel trubice typu standart xxW/33 jsou už konečně za námi.

Více příkladů Vám nabídnu na mé prezentaci, na kterou Vás tímto srdečně zvu.

3.2 Pozice a orientace svítidel

Počet a kód	Pozice			Směrovací úhly		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Rot.	Nákl90	Nákl0
1 * K	1,76	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	1,76	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	5,29	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	5,29	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	8,82	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	8,82	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	12,35	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	12,35	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	15,88	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	15,88	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	19,41	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	19,41	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	22,94	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	22,94	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	26,47	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	26,47	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	30,00	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	30,00	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	33,53	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	33,53	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	37,06	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	37,06	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	40,59	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	40,59	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	44,12	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	44,12	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	47,65	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	47,65	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	51,18	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	51,18	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	54,71	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	54,71	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	58,24	0,40	2,80	0,00	0,00	0,00
1 * K	58,24	3,60	2,80	0,00	0,00	0,00



Na výše uvedených obrázcích máte jako příklad uveden český projekt a výborně odvedenou práci korejských montážníků (svítidla namontována pod úhlem 45°).

Měření jasů noční oblohy v areálu VŠB-TU

Daniel, Diviš, Ing., Karel, Sokanský, prof. Ing., CSc.

Katedra Elektroenergetiky, FEI, VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33,
Ostrava – Poruba, daniel.divis@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz

Úvod

Rušivé světlo je chápáno jako zvýšený jas noční oblohy, který způsobuje horší pozorování hvězd. To je překážka hlavně pro astronomy, ale i pro ty, kteří chtějí hvězdy pozorovat. Pro měření jasů noční oblohy používáme Sky Quality Meter, který vyhodnocuje jasy noční oblohy a to ne ve světelně-technických jednotkách, ale v magnitudách. Astronomové používají pojem takzvané velikosti, vyjádřené v jednotkách (mag). Toto zařízení nám umožňuje srovnání astronomických pozorování se světelně-technickým měřením. Pro posouzení vlivu nejen veřejného osvětlení na zvýšený jas oblohy, je nejprve nutné, aby se definovaly meteorologické a povětrnostní podmínky.

Měřicí přístroj SQM-LE

V SQM - LE (sky quality meter - lens ethernet) je zařízení pro měření jasu oblohy ve viditelné oblasti spektra v astronomických jednotkách - magnitud. Výsledky měření udává v jednotkách mag/arcsec², výsledek lze převést na hodnotu jasu v cd/m² podle následujícího vzorce:

$$L = 10,8 \cdot 10^4 \cdot 10^{(-0,4 \cdot mags)} \text{ (cd/m}^2; \text{ mag/arcsec}^2) \quad (1)$$



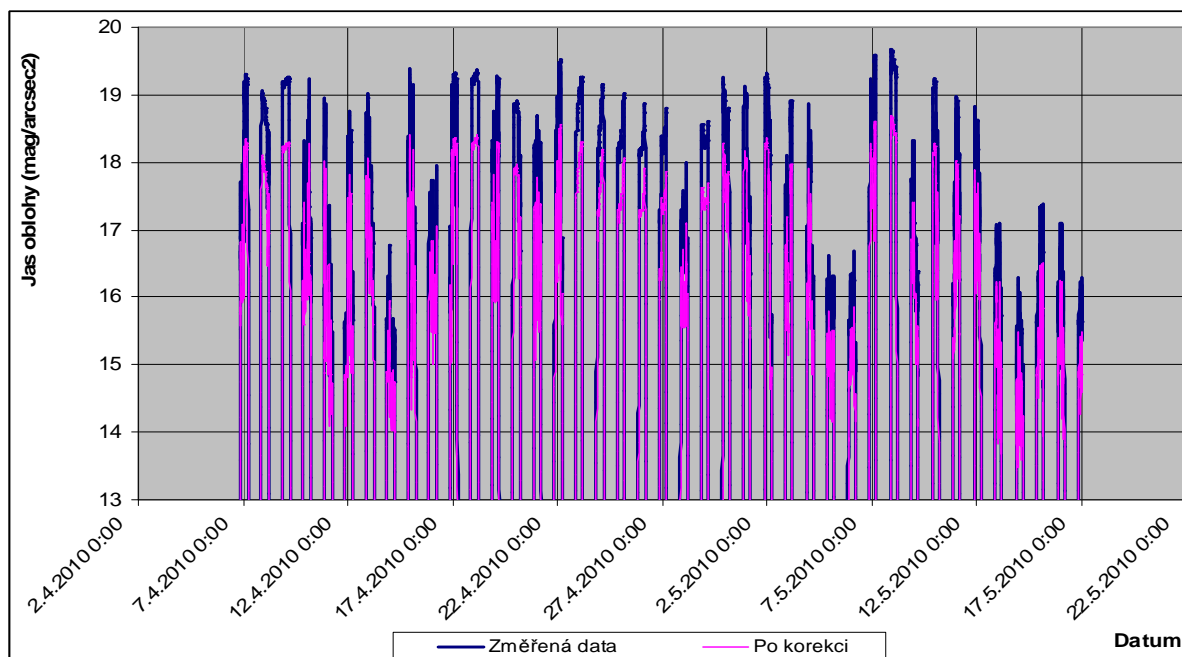
• obrázek 3 Přístroj SQM-LE

Popis a výsledky měření

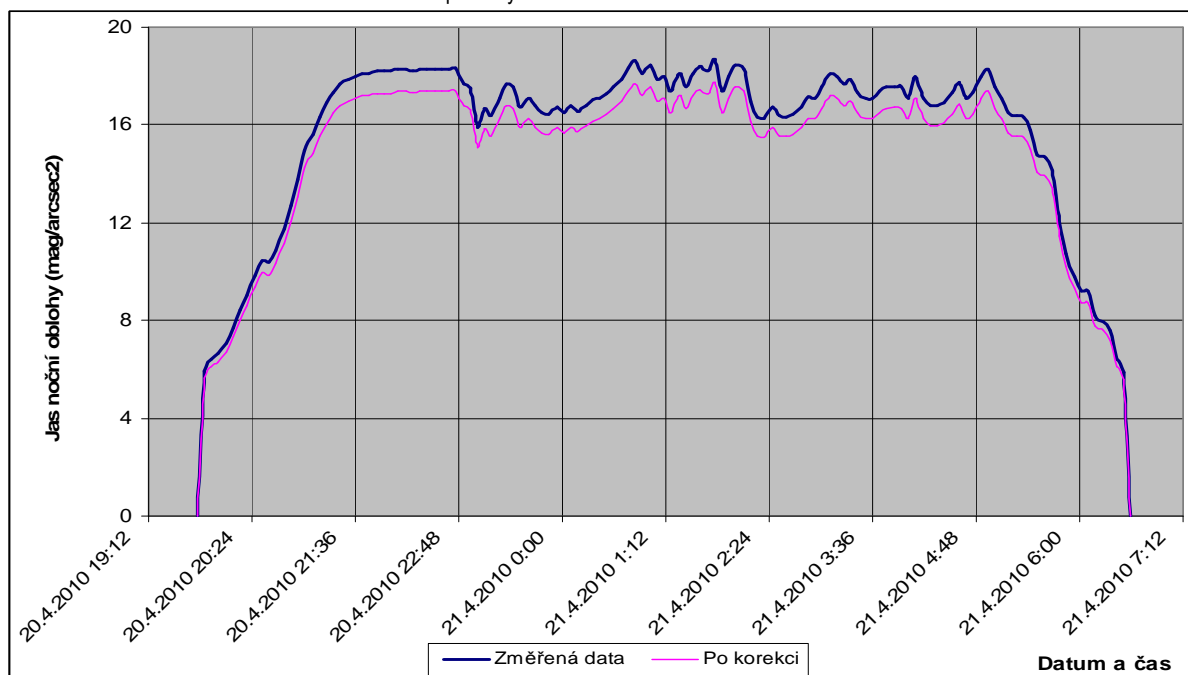
Přístroj je umístěn venku na střeše budovy NK (nová knihovna). Komunikuje s počítačem po LAN síti a kontinuálně měří a ukládá data do textového souboru. Pro obsluhu přístroje nám slouží program SQM reader, ve kterém se provádí veškerá nastavení. Celý systém pracuje nepřetržitě a bez obsluhy, naměřená data si lze kdykoliv zkopírovat bez zásahu do měření. Výpadek nebo ukončení měření nastane při přerušení dodávky elektrické energie. Pro další zpracování dat je nezbytné použít tabulkový procesor. Přístroj SQM LE se vyrábí v provedení, které není určeno pro venkovní trvalé použití, proto musí být použit krycí obal, aby ochránil přístroj před vnějším okolím. Jakýkoliv plastový či skleněný kryt před senzorem může dle manuálu snížit množství dopadajícího světla až o 15 % - 20%. To nám způsobí vyšší hodnoty mag/arcsec². Jelikož je SQM-LE v takovém krytu trvale zapojen, musíme změřené hodnoty korigovat. Zatím se korekce dat provádí odečtením stanovené procentuální odchylky z každé naměřené hodnoty. Důležité je určení meteorologických podmínek, při kterých probíhalo měření. Při kontinuálním měření získáváme zpětně data od meteorologů.

Datum/Čas	MPSAS	Teplota(°C)
13.4.2010 2:10	17,31	21,2
13.4.2010 2:15	17,7	21,2
13.4.2010 2:20	17,86	21,2
13.4.2010 2:25	17,69	21,2
13.4.2010 2:30	17,86	21,2
13.4.2010 2:35	17,55	21,2
13.4.2010 2:40	17,55	20,9
13.4.2010 2:45	17,39	20,9

• Tabulka: Ukázka naměřených dat



• obrázek 2 Naměřené průběhy během měsíce dubna a května



• obrázek 3 Naměřené průběhy jedné noci

Závěr

Čím větší je v noci oblačnost, tím více světla se v atmosféře rozptyluje, SQM-LE naměří nižší hodnoty mag/arcsec² - (měří tmu), přitom jas oblohy (cd/m²) je vyšší. Při použití více přístrojů, bude možné vyhodnotit i vliv měřeného místa (centrum, okraj města, vesnice) na výsledky z několika měřicích stanovišť. Rozpracováváme metodiku na rozřídění jednotlivých druhů oblačností a stavu atmosféry do několika typových kategorií, aby bylo možné porovnávat výsledky z různých míst za přibližně stejných podmínek.

Literatura

- [1] Diviš, D., Sokanský, K. Measurements of the night sky brightness using a device SQM - LE. Proceedings of the 8th annual workshop WOFEX 2010, Ostrava, Česká Republika, 6-7.9. 2010, str. 1-5, ISBN 978-80-248-2276-1

Vývojové tendence ve světelných zdrojích a svítidlech

J. Habel¹⁾, P. Žák²⁾

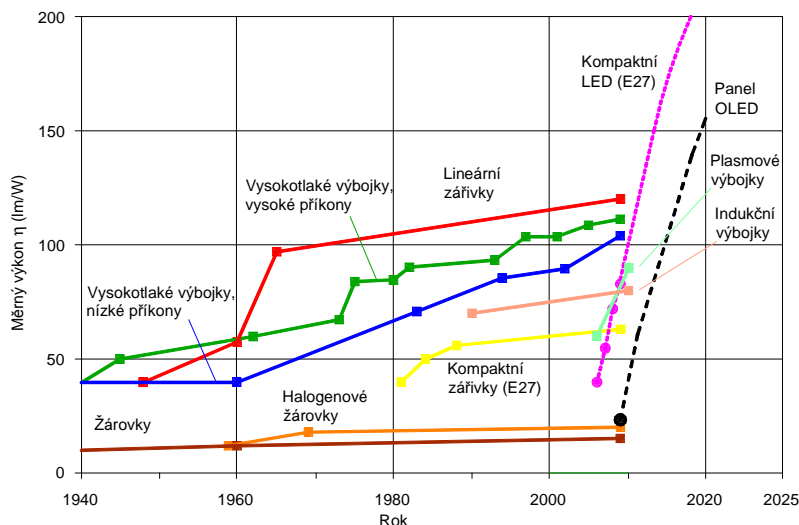
¹⁾ ČVUT Praha, Katedra elektroenergetiky, Technická 2, 166 27 Praha 6,
tel: +420 224 353 908, email: habel@fel.cvut.cz ²⁾ ETNA s.r.o., Mečislavova 2, 140 00 Praha 4, tel.:
+420 257 320 595, email: zak@etna.cz

ÚVOD

Oblast světelných zdrojů je v dnešní době jednou z nejdynamičtějších oblastí světelné techniky a významně ovlivňuje současnou situaci i na trhu svítidel. Nové výrobní technologie a postupy, vysoce efektivní organizace výroby a rychlý přenos informací umožňují uvádět nové typy světelných zdrojů do sériové výroby ve velmi krátkých časových úsecích, které se v dnešní době pohybují mezi 6 až 12 měsíci. To nutí výrobce svítidel zkracovat, dosud běžný, přibližně dvouletý, cyklus výzkumu, vývoje a výroby nových typů svítidel. Velmi výrazné zkrácení doby zavádění nových typů světelných zdrojů do výroby naráží na limity trhu se svítidly, který takovou rychlost není schopen absorbovat, což přináší řadu problémů při praktických aplikacích u konečných zákazníků.

Mezi další aspekty, které významně ovlivňují rozvoj světelných zdrojů, patří požadavky na energetickou účinnost provozu. V posledních letech byla v Evropské unii, ve Spojených státech amerických, v Austrálii a v dalších zemích přijata řada legislativních opatření obsahujících minimální požadavky na jejich účinnost. Ta se u světelných zdrojů hodnotí měrným výkonem η (lm/W), který uvádí jaké množství světla v lumenech Φ (lm) se získá z jednoho wattu elektrického příkonu P (W). V rámci Evropské unie byl přijat soubor nařízení, podle kterých budou postupně světelné zdroje s nízkými měrnými výkony stahovány z trhu. V důsledku těchto nařízení dojde do roku 2012 k úplnému stažení žárovek pro všeobecné osvětlování z obchodní sítě. Pokud se v relativně krátkém časovém období nepodaří výrazněji zvýšit měrný výkon halogenových žárovek, budou i tyto světelné zdroje staženy z prodeje. Tím by se v oblasti všeobecného osvětlování přestala používat celá skupina teplotních zdrojů, využívaná již od druhé poloviny 19. století. Zmíněná nařízení mají zcela obdobný dopad i na oblast výbojových zdrojů, kde se to zpočátku dotkne zejména klasických vysokotlakých rtuťových výbojek.

Při hodnocení světelných zdrojů se vedle měrného výkonu dostávají do popředí zájmu také jejich spektrální vlastnosti, související nejen s kvalitou vjemu barev, ale také se zrakovým výkonem. Toto hledisko se sleduje při vývoji nových typů světelných zdrojů, mezi které patří především polovodičové a bezelektrodové světelné zdroje. Například sodíkové výbojky jsou sice světelné zdroje s vysokým měrným výkonem, ale mají velmi nízký index podání barev. Jakmile zmíněné nové typy zdrojů dosáhnou měrných výkonů srovnatelných se sodíkovými výbojkami, ztratí praktické využívání sodíkových výbojek pro všeobecné osvětlování z hlediska světelně technických parametrů význam.



Obr. 1 Vývoj měrných výkonů η (lm/W) u běžně používaných světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování [1]

V současnosti z běžných světelných zdrojů vyhovují požadovaným hlediskům nejlépe zářivky a halogenidové výbojky. V dlouhodobém výhledu nelze ovšem vyloučit, že světelně technické parametry i těchto světelných zdrojů budou překonány novými ať již bezelektrodovými nebo polovodičovými světelnými zdroji. Vývoj měrného výkonu běžně používaných světelných pro všeobecné osvětlování je uveden na obr. 1.

1. MODERNÍ SVĚTELNÉ ZDROJE

Mezi moderní světelné zdroje jsou v tomto příspěvku zahrnuty bezelektrodové výbojové a polovodičové světelné zdroje. K bezelektrodovým světelným zdrojům patří jednak nízkotlaké zdroje označované jako indukční výbojky a dále vysokotlaké zdroje označované jako plasmové výbojky. V oblasti polovodičových světelných zdrojů se pozornost zaměřuje na světelné diody (LED) a organické světelné diody (OLED).

1.1 Bezelektrodové světelné zdroje

Bezelektrodové světelné zdroje patří mezi výbojové zdroje, kde primárním zdrojem zářivé energie je oblouk. V klasických výbojových zdrojích hoří oblouk mezi dvěma elektrodami, jejichž opotřebením zkracuje dobu života zdroje. V případě bezelektrodových zdrojů hoří oblouk uvnitř výbojové trubice bez použití elektrod a doba života těchto zdrojů proto výrazně narůstá. Prvními bezelektrodovými světelnými zdroji zařazenými do sériové výroby byly nízkotlaké bezelektrodové zdroje tzv. **indukční výbojky** u nichž se, podobně jako u zářivek, zářivá energie vytvářená obloukovým výbojem transformuje s využitím luminoforu do viditelné části spektra. Prvním typem byl zdroj pod názvem QL od firmy Philips, uvedený na trh v roce 1990. V roce 1996 uvedla firma Osram na trh indukční výbojku pod obchodním označením Endura, která měla odlišné konstrukční řešení (obr. 2). Hlavní výhodou indukčních výbojek proti stávajícím světelným zdrojům byla již zmíněná dlouhá doba života (od 60 000 do 100 000 hodin).



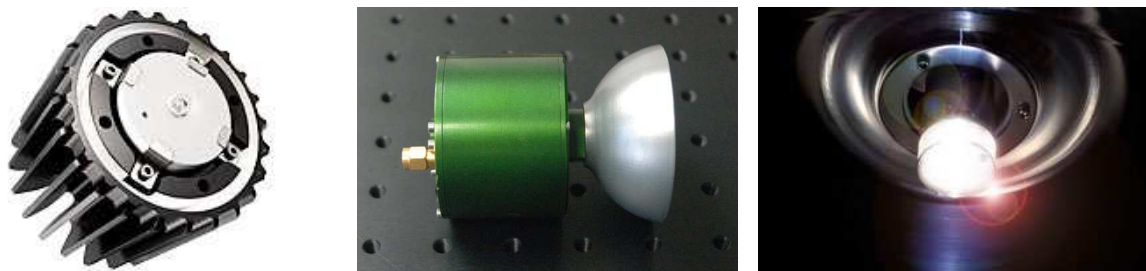
Obr. 2. Bezelektrodové indukční zdroje: QL, Philips (vlevo), Endura, Osram (vpravo)

K většímu rozšíření indukčních výbojek z důvodů vysoké ceny a různých technických problémů nedošlo a další vývoj této skupiny světelných zdrojů v průběhu 90. let stagnoval. Teprve začátkem 21. století některé asijské firmy (např. Tungda Lighting, Hongyuan a další) znovu, na základě obou zmíněných konstrukčních řešení, obnovily a rozšířily výrobu indukčních výbojek a intenzivně je prosazují nejen na domácím, ale i zahraničním trhu (USA, Evropa). V dnešní době jsou hlavními aplikačními oblastmi indukčních výbojek venkovní osvětlení a osvětlení průmyslových prostorů. Základní parametry indukčních výbojek jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Základní technické parametry vybraných typů indukčních výbojek

Výrobce	Typ	Příkon P (W)	Světelný tok Φ (lm)	Měrný výkon η (lm/W)	Index podání barev R_a (-)	Teplota chromatičnosti T_{cn} (K)
Philips	QL	55 - 165	3650 - 12000	66 - 73	80	2700 - 4000
Tungda Lighting	Duralite	35 - 125	1750 - 8800	50 - 71		3000 - 4000
Osram	Endura	81 - 153	6500 - 12000	77 - 80	80	3000 - 4000
Hongyuan Lighting	Saturn	45 - 316	2800 - 24000	62 - 76		2700 - 6500

Zvláštní skupinu nově vyvíjených světelných zdrojů představují tzv. **plazmové výbojky**. Jejich princip formuloval M. Ury, Ch. Wood se svými spolupracovníky v roce 1990. Základem prvního prototypu byl kulový hořák se sírnou náplní. Pro vytvoření plazmatu se využíval magnetron jako zdroj mikrovlnného záření. Jedním z hlavních technických problémů, který bránil sériové výrobě, bylo chlazení hořáku. Praktické provedení tohoto prototypu představila firma Fusion Lighting (USA). Obdobné pokusy byly řešeny i v dalších zemích (např. Švédsko, Rusko), nicméně se nepodařilo najít vhodné technické řešení.



Obr 3. Bezelektroodvé plazmové zdroje; zleva: Luxim, Topanga Technologies, Ceravision

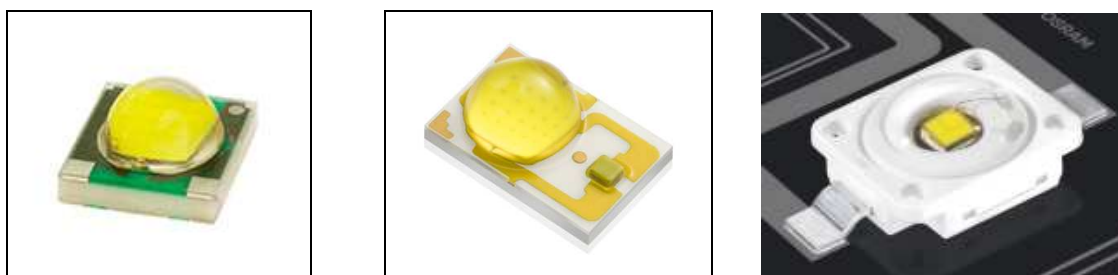
V druhé polovině tohoto desetiletí se objevilo několik nových typů plazmových zdrojů, kdy firmy Luxim (2006), Topanga Technologies a Ceravision (2009) uvedly na trh nové konstrukční řešení (obr. 3) [6]. V porovnání s indukčními výbojkami mají plazmové zdroje bodový charakter a umožňují lepší usměrnění jejich světelného toku optickými systémy svítidel. Základních technické parametry plazmových zdrojů jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Základní parametry vybraných typů plazmových zdrojů

Výrobce	Typ	Příkon P (W)	Světelný tok Φ (klm)	Měrný výkon η_{sys} (lm/W)	Index podání barev R_a (-)	Teplota chromatičnosti T_{cn} (K)
Luxim	STA	273	14 – 23	51 - 84	74 - 94	5 300 - 6 000
Topanga Technologies	APL	128 - 229	11 – 21	82 - 91	70 - 80	4 000 - 5 000
Ceravision	ALVARA	100 - 5 000	9 - 45	90	95	2 000 - 12 000

1.2 Polovodičové světelné zdroje

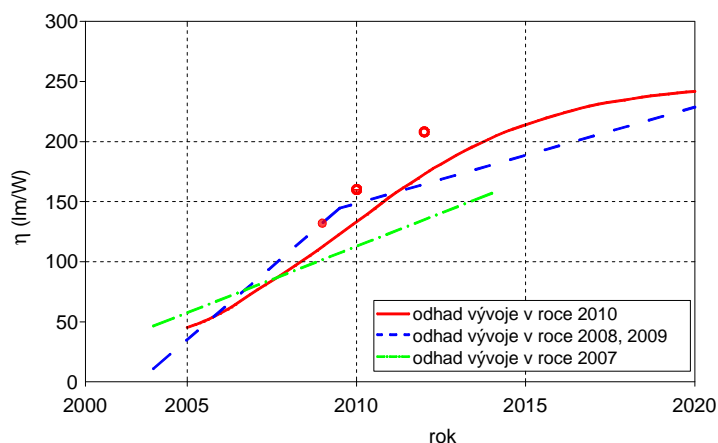
Prvním polovodičovým světelným zdrojem, který se již v oblasti všeobecného osvětlování začal používat jsou **světelné diody** (LED). Světelné diody jsou v principu bodové zdroje světla, vhodné hlavně pro směrové osvětlení. Po několika letech rychlého technologického vývoje, kdy byla oblast světelných diod poměrně nepřehledná, se začala v průběhu posledních dvou let stávat čitelnější. Je to dáno jednak postupně přijímanou standardizací a také zavedením světelných diod 1 W (350 mA) do nabídky většiny hlavních výrobců. S příchodem světelných diod došlo k velmi významné změně struktury výrobců světelných zdrojů. Klasické světelné zdroje (teplotní a výbojové) byly doménou několik velkých výrobců (Philips, Osram, GE, Sylvania). Vznik dalších firem, které by byly schopné získat větší podíl na trhu byl z hlediska technologické náročnosti výroby těžko představitelný. S nástupem světelných diod, jejichž výroba je založena na výrobních postupech polovodičových součástek, se počet výrobců zásadně rozšířil (Cree, Nichia, Seoul Semiconductors..) čímž výrazným způsobem vzrostla také konkurence (obr. 4). Tato skutečnost ovlivňuje jak tempo vývoje nových typů LED, tak i vývoj jejich ceny.



Obr. 4 Příklady světelných diod 1W, 350mA ; zleva: XP-G (Cree), Rebel ES (Philips Lumileds), Golden dragon (Osram)

Měrný výkon světelných diod významně roste každý rok. V loňském roce přesáhl hranici 130 lm/W. O rychlosti vývoje LED vypovídá porovnání odhadů vývoje jejich měrných výkonů. V roce 2004 se předpokládalo, že měrného výkonu okolo 150 lm/W u sériově vyráběných LED bude dosaženo v roce 2012. Nicméně dnes lze již s velkou pravděpodobností předpokládat, že v letošním roce bude dosaženo měrného výkonu u sériově vyráběných bílých LED 160 lm/W (obr. 5). Dokladem akcelerujícího vývoje je zpráva firmy Cree z ledna tohoto roku, ve které se uvádí,

že se v laboratorních podmínkách podařilo dosáhnout měrného výkonu 208 lm/W (1W, 350mA, 4579 K) [6]. Hodnoty měrných výkonů sériově vyráběných bílých diod jsou uvedeny v tab. 3.



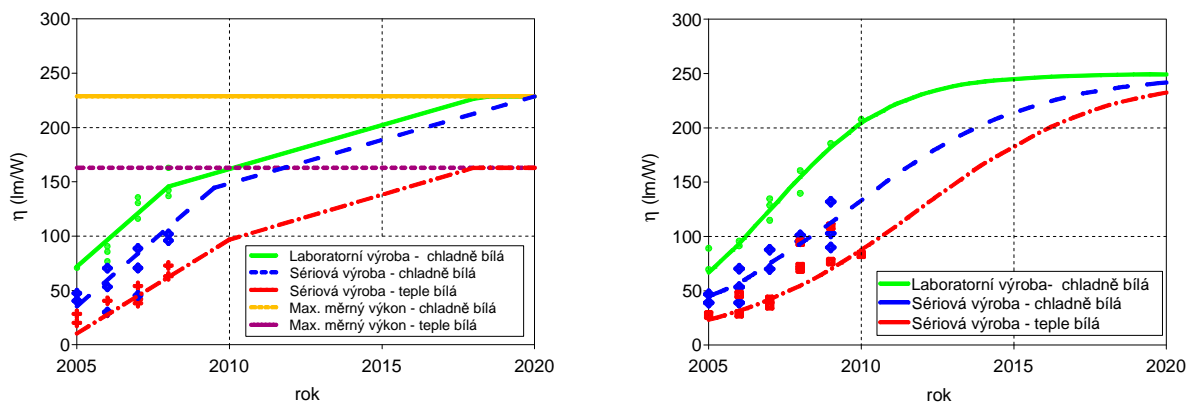
Obr. 5. Odhad vývoje měrného výkonu u sériově vyráběných chladně bílých LED 1W (350mA) [1], [2], [3], [4].

Velmi důležitým parametrem, který ovlivní rychlost zavádění světelných diod do sériové výroby a na trh, je jejich cena, respektive cena světelného toku, které LED vyprodukují. Předpokládá se, že náklady na jednotku světelného toku klesnou v roce 2012 oproti dnešním cenám na polovinu.

Tab. 3 Parametry vybraných typů světelných diod 1 W (350 mA)

Barva světla	Výrobce	Typ	Parametry		
			P_D (W)	Φ (lm)	η (lm/W)
Chladně bílá	Cree	XP-G	1.05	139	132
	Nichia	NCSW	1.16	130	113
	Osram	Golden dragon plus	1.12	130	116
	Philips	Rebel ES	1.00	130	130
	Seoul Sem.	Z5	1.16	113	98
Neutrálně bílá	Cree	XP-G	1.05	130	124
	Osram	Golden dragon plus	1.12	130	116
	Philips	Rebel ES	1.00	125	125
	Seoul Sem.	P4	1.14	84	74
Teple bílá	Cree	XP-G	1.05	107	102
	Nichia	Top Emitting	1.16	95	82
	Osram	Golden dragon plus	1.12	97	87
	Philips	Rebel	1.05	85	81
	Seoul Sem.	P4	1.14	77	68

Vývoj technických parametrů světelných diod v předchozích letech původně ukazoval na významnou závislost měrného výkonu na náhradní teplotě chromatičnosti vyzařovaného světla. Tento předpoklad ovlivnil odhadované trendy vývoje měrného výkonu světelných diod. Na obr. 6 vlevo je odhad vývoje měrného výkonu světelných diod uváděný ve zprávě Ministerstva energetiky Spojených států amerických (DOE) na začátku roku 2009. Výsledky dalších výzkumů a teoretických prací publikovaných v průběhu let 2009 a 2010, zaměřené na teoretické maximum světelného účinku záření a prakticky dosažitelnou hodnotu měrného výkonu, však ukázaly, že zmíněná maxima měrných výkonů světelných diod s různými teplotami chromatičnosti vyzařovaného světla se při aplikaci moderních výrobních technologií nemusejí významně lišit [5]. Na výsledky těchto výzkumů reagovalo DOE ve své zprávě o trendech vývoje LED na začátku roku 2010 (obr. 6, vpravo).



Obr. 6 Předpokládaný vývoj měrného výkonu LED 1W, 350 mA s chladně a teple bílý barevný tónem; rok 2009 (vlevo); rok 2010 (vpravo) [1], [2].

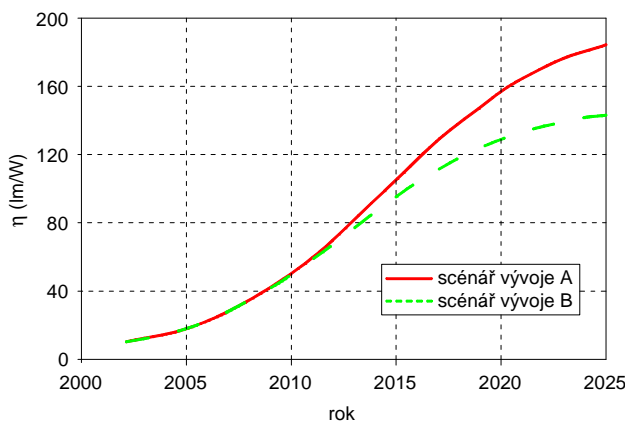
Ukazuje se, že ani všeobecný index podání barev nemusí mít výraznější vliv na měrný výkon. V tab. 4 jsou uvedeny teoretické maximální a prakticky dosažitelné hodnoty měrných výkonů pro světelné diody vyzařující bílé světlo, vytvářené míšením tří základních barevných složek (RGB). Prakticky dosažitelná hodnota měrného výkonu, související s účinností přeměny elektrické energie na zářivou, odpovídá 67% teoretické hodnoty [1].

Tab. 4 Teoretické a prakticky dosažitelné měrné výkonu η (lm/W) u LED v závislosti na teplotě chromatičnosti T_{cn} a indexu podání barev R_a [1].

T_{cn} (K)	Teoretická hodnota η (lm/W)			Prakticky dosažitelná hodnota η (lm/W)		
	R_a (-)			R_a (-)		
	70	80	90	70	80	90
2700	433	424	416	290	284	279
4100	408	399	390	261	267	261
6500	366	358	349	245	240	234

Údaje v tab. 4 ukazují, že při teplotách chromatičnosti vyzařovaného světla v rozsahu od 2 700 K do 6 500 K se hodnoty prakticky dosažitelných měrných výkonů při stejném indexu podání barev neliší o více než 15%. Při změnách indexu podání barev v rozsahu od 70 do 90 se hodnoty prakticky dosažitelných měrných výkonů při stejné teplotě chromatičnosti neliší o více než 5%. Získává-li se bílé světlo světelných diod transformací záření z oblasti kratších vlnových délek do oblasti delších vlnových délek s využitím luminoforu, odhaduje se, že dosažitelná hodnota měrného výkonu se bude pohybovat okolo 250 lm/W [1].

Druhým zástupcem polovodičových světelných zdrojů jsou tzv. **organické světelné diody** (OLED). Zatímco světelné diody představují bodové zdroje světla, v případě organických světelných diod jde o plošné zdroje světla. Organické světelné diody jsou v současné době stále ještě ve fázi výzkumu a vývoje. Předpokládaný vývoj měrných výkonů OLED je uveden na obr. 7.



Obr. 7 Předpokládaný vývoj měrného výkonu η (lm/W) OLED, rok 2010 [1].

Řada firem již nabízí sady testovacích vzorků, ale pravděpodobně jediným výrobkem zařazeným do standardní nabídky je v současné době světelný zdroj Orbeos firmy Osram (obr. 8). Přejít od vývojové fáze k sériové výrobě lze očekávat od roku 2011, kdy například firmy GE Lighting a Konica Minolta oznámily otevření nových

výrobních závodů s technologiemi výroby vycházející z polygrafického průmyslu, které výrazným způsobem snižují výrobní náklady. Tyto firmy oznámily dosažení měrných výkonů OLED 56 lm/W.



Obr. 8 Organická světelná dioda Orbeos, Osram.

2. SVĚTELNÉ ZDROJE PRO NÁHRADU KLASICKÝCH ŽÁROVEK

Určitým mezistupněm mezi světelnými zdroji a svítidly jsou světelné zdroje, které jsou svojí konstrukcí a provedením určeny pro náhradu klasických žárovek. S ohledem na značné rozšíření různých typů původně žárovkových svítidel je stále snahou nahradit klasické žárovky úspornějšími typy světelných zdrojů. První typy světelných zdrojů, určené pro přímou náhradu za klasické žárovky, byly kompaktní zářivky s integrovaným předřadníkem, které se objevily v 80. letech minulého století.



Obr. 9 Bezelektrodové indukční zdroje v kompaktním provedení; zleva: Genura (GE), Ball YOU (Matsushita)

Dalším typem, který následoval, byla bezelektrodová indukční výbojka. Na začátku 90. let oznámilo vývoj kompaktních indukčních světelných zdrojů několik firem, např. Thorn Lighting, Intersource Technologies, Matsushita, ale jejich výrobky se na trhu neobjevily nebo byly brzy staženy z výroby. Jediným kompaktním indukčním zdrojem, který se dlouhodobě udržel na trhu, je výbojka Genura (GE), určená pro přímou náhradu reflektorových žárovek (obr. 9).

Na začátku tohoto století se objevily další typy kompaktních indukčních zdrojů od čínských firem. U indukčních výbojek v kompaktních provedeních dochází ke vzájemnému teplotnímu ovlivňování předřadného přístroje a vlastního světelného zdroje, což vede k podstatnému zkrácení doby života (cca. 15 000 hod.). To přibližně odpovídá době života kompaktních zářivek, které jsou však doposud výrazně levnější. To lze považovat za jeden z hlavních důvodů, proč nedošlo k většímu rozšíření těchto kompaktních indukčních zdrojů.



Obr. 10 Světelné diody pro přímou náhradu běžných žárovek; zleva: Philips, Osram, Sharp, Toshiba

Tendence nahrazovat klasické žárovky úspornějšími světelnými zdroji se v současnosti promítá i do oblasti světelných diod. Koncem roku 2009 a v průběhu roku 2010 se začala poměrně rychle zvětšovat nabídka světelných zdrojů LED určených pro přímou náhradu žárovek (obr. 10). Běžně jsou nyní k dispozici zdroje se

světelnými diodami (LED) opatření patičkami E27, resp. E14 se světelnými toky cca od 400 do 600 lm, odpovídajícími přibližně tokům žárovek 40 – 60 W.

Tab. 5 Parametry vybraných typů světelných diod pro přímou náhradu žárovek

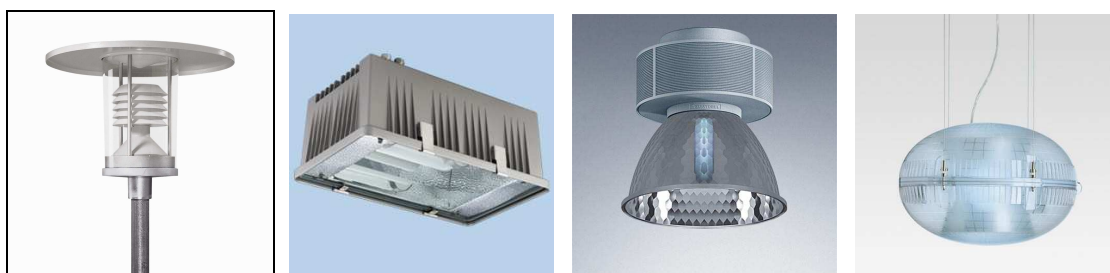
Výrobce	Země	Příkon	Světelný tok	Měrný výkon	Doba života	Index podání barev	Teplota chromatičnosti
		P (W)	Φ (lm)	η (lm/W)	t (hod)	R_a (-)	T_{cn} (K)
Osram	Německo	8.0	345	43.1	25 000	80	3000
Philips	Holandsko	8.0	470	58.8	25 000	80	2700
Lemnis Lighting	Holandsko	6.0	360	60.0	35 000	87	2900
Ledon	Rakousko	6.0	438	73.0	25 000	90	2800
Lighting Science	USA	8.0	435	54.4	50 000	85	3000
LEDnovation	USA	9.9	520	52.5	50 000	82	2700
Sylvania	USA	8.0	430	53.8	50 000	85	3000
EARTHLED	USA	7.0	350	50.0	50 000	80	3000
Sharp	Japonsko	7.5	360	48.0	40 000	80	2800
Toshiba	Japonsko	9.0	600	66.7	40 000	80	2700
Aeon lighting	Taiwan	7.0	355	50.7	20 000	80	3100

3. SVÍTIDLA

V návaznosti na současný stav a předpokládaný vývoj v oblasti světelných zdrojů se rozšiřuje i sortiment svítidel. Nová svítidla se zpravidla vyvíjejí pro takové aplikační oblasti, kde se uplatní hlavní výhody použitých světelných zdrojů a kde to jejich světelně technické parametry umožní.

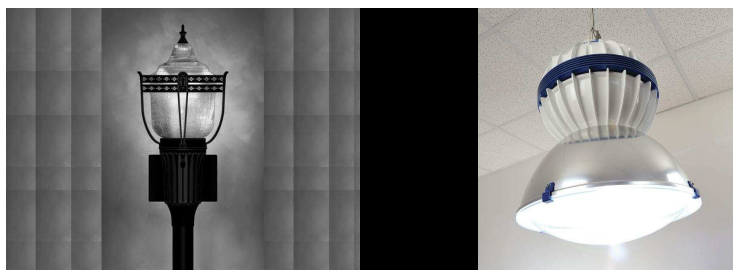
3.1 Svítidla s bezelektrodovými světelnými zdroji

První svítidla pro bezelektrodové světelné zdroje byla navržena v průběhu 90. let minulého století v návaznosti na vývoj indukčních výbojových zdrojů. Dlouhá doba života (60 000 h) a relativně vysoká cena těchto zdrojů vymezovala jejich aplikační použití, jimž byly prostory s dlouhou dobou provozu, s náročnější přístupností svítidel nebo prostory, kde výměna světelných zdrojů je technicky i finančně náročná. Takové charakteristiky odpovídají aplikační oblasti jako je veřejné osvětlení, osvětlení tunelů, osvětlení průmyslových hal apod. Jistou nevýhodou indukčních výbojek jsou relativně velké rozměry které znemožňují přesnější usměrnění světelného toku do požadovaných směrů. Další nevýhodou je, že stávající předřadné přístroje neumožňují regulaci světelného toku. Vybrané příklady svítidel pro indukční výbojky jsou uvedeny na obr. 11.



Obr. 11 Příklady svítidel pro indukční výbojové zdroje; zleva: Metropolis (Philips), Pollux (Norka), Solina (Zumtobel), Gem (iGuzzini),

S rozvojem bezelektrodových plazmových zdrojů se v průběhu let 2009 a 2010 objevila první svítidla pro tyto zdroje. Plazmové světelné zdroje mají bodový charakter, což umožňuje, aby optické části svítidel poměrně přesně usměrňovaly jejich světelný tok do požadovaných směrů. Předřadné přístroje zmíněných zdrojů dovolují plynulou regulaci světelného toku v rozsahu 20 – 100%. Hlavními aplikačními oblastmi jsou veřejné osvětlení a osvětlení průmyslových prostorů. V letošním roce se také objevily snahy využít svítidla s plazmovými výbojkami pro osvětlování ve sklenících. Vybrané příklady svítidel pro plazmové zdroje jsou uvedeny na obr. 12.

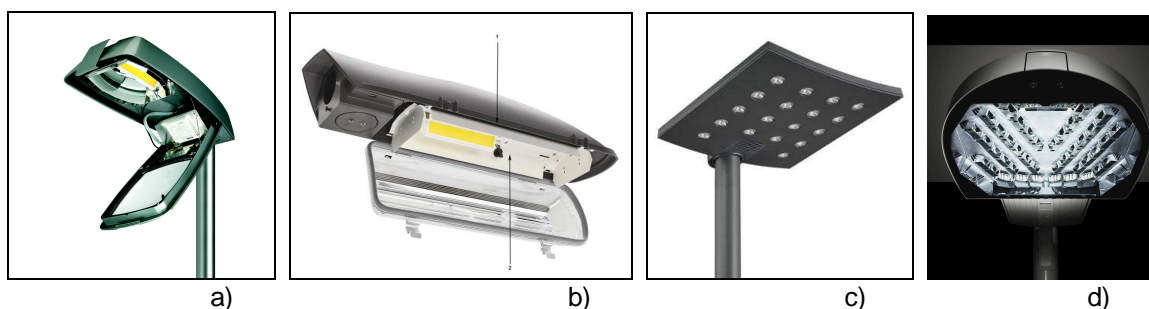


Obr. 12 Příklady svítidel pro plazmové zdroje; zleva: Sentinel (Pemco Lighting), Alvara (CeraVision)

3.2 Svítidla s polovodičovými světelnými zdroji (LED, OLED)

Světelné diody jsou bodové zdroje se směrovým charakterem vyzařování s relativně malým jednotkovým světelným tokem. Proto se jejich využití zpočátku zaměřilo na oblast orientačního a nouzové osvětlení, kde s ohledem na požadované hladiny osvětlenosti postačují světelné zdroje s malým světelným tokem. Dalším využitím byly aplikační oblasti, kde je třeba světelný tok usměrnit na poměrně přesně vymezenou plochu jako je tomu například u směrových svítidel nebo u svítidel pro osvětlení pozemních komunikací.

Z pohledu aplikace světelných diod ve svítidlech existují v současné době dvě základní konstrukční řešení. Poměrně dobře lze rozdíl mezi nimi popsat u svítidel pro veřejné osvětlení. V prvním případě tvoří diody modul, který se chová jako běžný světelný zdroj a pro usměrnění světelného toku do požadovaných směrů se používá optický systém svítidla (obr. 13a, 13b). Ve druhém případě mají světelné diody vlastní optický systém, zpravidla čočky (obr. 13c) nebo reflektory (obr. 13d), který usměrňuje jejich světelný tok požadovaným způsobem. V tomto druhém případě navíc existují dvě řešení. Optický systém jednotlivých LED, např. čočka, buď přímo vytváří požadovanou křivku svítivosti (obr. 13c) nebo jednotlivé LED vytvářejí dílčí části křivky svítivosti (obr. 13d).



Obr.13 Ukázky svítidel pro osvětlení pozemních komunikací s LED: a) Koffer (Philips), b) Aresa (Schreder), c) Stela (Indal), d) Warp (Kim Lighting)

V letošním roce se trhu objevila první přímá svítidla (tzv. downlight) osazená světelnými diodami. Tento typ svítidel, nejčastěji s kompaktními zářivkami (18, 26 W), se používá například pro osvětlování konferenčních sálů nebo vnitřních komunikací. Světelný tok kompaktních zářivek není v těchto svítidlech efektivně využit a účinnost těchto svítidel se proto běžně pohybuje od 40% do 50% a u kvalitních svítidel až do cca 65%. Světelné diody jako směrové zdroje jsou velmi vhodné právě pro zmíněnou aplikaci a uvedená svítidla s nimi dosahují účinnosti přes 90%. V současné době například svítidla typu downlight osazená světelnými diodami o příkonu okolo 30 W dosahují srovnatelných světelně technických parametrů jako svítidla s kompaktními zářivkami 2x26 W (obr. 14).



Obr. 14 Příklady přímých svítidel (tzv. downlight) pro LED; zleva: LuxSpace (Philips), Panos (Zumtobel), Quintessence (Erco), Cruz (Thom Lighting)

Dalším typem svítidel, kde se začínají používat světelné diody, jsou směrová svítidla pro akcentové osvětlení určená například pro výstavní prostory nebo obchody. V současné době jsou tato svítidla s LED schopna nahradit

svítidla s halogenovými žárovkami přibližně do 100 W nebo s halogenidovými výbojkami do 20 W. Na obr. 15. jsou ukázky těchto typů svítidel.



Obr. 15 Příklady směrových svítidel do lišty pro LED; zleva: Optec (Erco), Primopiano (iGuzzini), Discus (Zumtobel), Optagon (Targetti)

Organické světelné diody jsou plošné zdroje světla a jejich využití se předpokládá hlavně ve svítidlech pro celkové osvětlení prostorů. Vzhledem k tomu, že současné technické parametry jako je povrchový jas, měrný výkon nebo doba života nedosahují odpovídající úrovně a výrobní náklady jsou vysoké, nedostaly se organické světelné diody do sériové výroby. Z tohoto důvodu nejsou v současné době na trhu sériově vyráběná svítidla se světelnými zdroji OLED. Zlom lze očekávat v příštím roce, kdy některé z firem (GE lighting, Konica Minolta) oznámily otevření nových výrobních závodů s progresivními výrobními technologiemi, které mají výrazným způsobem zlevnit výrobu těchto světelných zdrojů [6].

Literatura a odkazy

- [1] Bardsley Consulting, Navigant Consulting, Inc., Radcliffe Advisors, Inc. SB Consulting a Solid State Lighting Consulting Inc., Solid-State Lighting Research and Development: Multi-Year Program Plan, March 2010
- [2] Navigant Consulting, Inc., Radcliffe Advisors, a SSLC Inc., Solid-State Lighting Research and Development, March 2009
- [3] Navigant Consulting, Inc., Radcliffe Advisors, Inc. a SSLS, Inc., Solid-State Lighting Research and Development, March 2008
- [4] Navigant Consulting, Inc., Radcliffe Advisors, Inc., Solid-State Lighting Research and Development, March 2007
- [5] Ohno Y., Improving the color spectrum to increase LED efficacy, 2010 DOE SSL Transformations in Lighting Workshop, Raleigh, NC, February 2. – 4., 2010,
- [6] www.osvetle.cz

Praktické využití LED modulů

Luděk, Hladký, Ing. PhD.

Philips Česká Republika s.r.o., www.philips.cz, ludek.hladky@philips.com

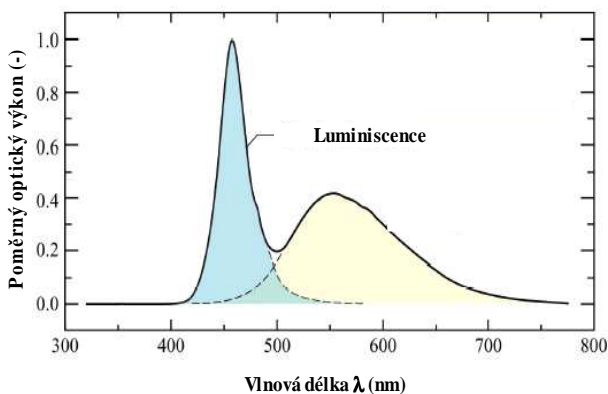
Úvod

Nová éra všeobecného osvětlování je charakterizována osvětlením polovodičovými prvky – světelnými diodami (LED). Výrobci svítidel a osvětlovací techniky hledají optimální možnosti, jak využít tyto světelné zdroje ve svém sortimentu svítidel. Světelná dioda generuje světelné záření při průchodu proudu polovodičovým přechodem. Využívá tedy jiný fyzikální princip než teplotní nebo výbojové světelné zdroje. Má mnoho dalších vlastností, kterými se od ostatních světelných zdrojů odlišuje. Nové záměry jsou nejvíce patrné v konstrukci svítidel, a to především v oblasti řešení teplotního řízení, optického systému, možnostech stmívání, plynule změny barvy a teploty chromatičnosti.

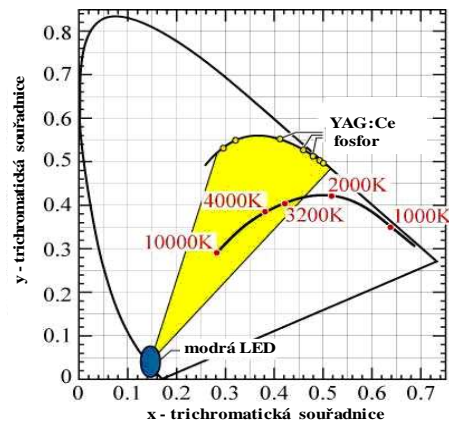
Polovodičový přechod vyzařuje velmi úzké spektrum záření, které je v podstatě monochromatické se širokou škálou různých barev. Bílé světlo je vnímáno, jestliže jsou tři typy čípků na sítnici oka vybudeny v určitém poměru. V případě bílého světla jsou trichromatické složky lokalizovány v blízkosti centra diagramu chromatičnosti. Bílé světlo je možné principiálně získat směřováním monochromatických LED zářičů a využitím konvertoru vlnových délek – luminoforu.

Příklad vyzářeného absorpčního a emisního spektra světelné diody s luminoforem je znázorněno na obrázku 1. Světlo modré světelné diody je částečně transformováno ve vrstvě fosforu na komplementární žluté světlo. Teplotu chromatičnosti lze ovlivňovat množstvím luminoforu. Lze vytvořit teple bílý zdroj, kde teplota chromatičnosti nepřesáhne 3200K, což odpovídá teplotě běžných teplotních zdrojů (obrázek 2)

Při výrobě svítící diody dochází k selektivnímu výběru diod na základě jejich parametrů. Při epitaxním procesu je nutno řídit mnoho procesů (např. teplota musí být řízena se skokem 0,5°C na celé ploše polovodičové desky při teplotě 800°C). Takový stupeň kontroly je obtížně dosažitelný, a proto se mohou vlastnosti jednotlivých světelných diod značně lišit uvnitř jednoho výrobního cyklu a dokonce i na jedné polovodičové desce. Abychom získali konzistentnější vlastnosti svítících diod pro danou aplikaci je nezbytné provést tzv., binning (selektce svítících diod do jednotlivých kvalitativních množin s podobnými vlastnostmi). Základními parametry pro binning je světelný tok (lm), barva - rozsah vlnové délky (nm), dopředné napětí (Vf). S rostoucími kvalitativními parametry binu, roste i cena svítící diody.



• obrázek 4 Emisní spektrum bílé LED diody



obrázek 2 Fosforová technologie v trichromatických souřadnicích

Velmi zajímavé jsou nové způsoby použití pro celkové nebo místní osvětlení, kde se světelné diody začínají prosazovat místo běžných světelných zdrojů v podobě LED modulů. Tradiční výrobci svítidel tak mohou snadno a spolehlivě aplikovat LED technologie s velkým výstupním světelným tokem, vysokým měrným výkonem a dlouhým životem.

LED modulový systém se zpravidla skládá ze světelného zdroje - LED modulu a předřadníku, v některých aplikacích se vyskytují LED moduly již s integrovaným předřadníkem. V současnosti se v komerčních aplikacích pro vnitřní osvětlení setkáváme se jmenovitým světelným tokem 1 100, 2 000 a 3 000 lm s teplotou chromatičnosti 3 000 a 4 000K. Měrný výkon systému včetně ztrát v předřadníku se zvyšuje s každou novou generací. Připočte-li

se vysoká účinnost optického systému, dosahuje celková účinnost svítidla ve srovnání s konvenčními technologiemi (žárovka, halogenová žárovka, kompaktní zářivka) výrazně vyšších hodnot. V další části se budeme detailněji zabývat LED modulem pro přímá svítidla (obrázek 3).



- obrázek 3 LED modul a předřadník pro přímá svítidla

LED modul

LED modul se skládá z desky plošných spojů na němž je alokováno několik výkonných světelných diod (LED čipů). Výrobci svítidel využívají buď přímo bílé diody nebo modré diody opatřené vzdáleným luminoforem. Ve druhém případě je základem speciální konstrukce vzdálené fosforu, eliminuje odchylky teploty chromatičnosti jednotlivých svítících diod, a tím zajišťuje uniformní teplotu chromatičnosti systému. Modré světlo prostupuje směšovací komorou a je částečně transformováno na fosforovém difuzoru do delších vlnových délek komplementární žluté oblasti spektra. Výsledkem je světlo bílé barvy. Modul nevyzařuje žádné ultrafialové ani infračervené záření, a díky tomu osvětlované předměty v čase nedegradují. Čtvercová hliníková základna modulu je optimální z hlediska odvedení tepla a s podporou pasivního nebo kompaktnějšího aktivního chladiče, který je uchycován přímo k modulu pomocí šroubů nebo speciálních drážek pro nasunutí (obrázek 4), vytváří teplotní management systém.



- obrázek 4 LED modul Fortimo DLM

Napájení

Pro napájení LED modulu se využívá multiwattový předřadník, který zajišťuje automatické rozpoznání potřebného příkonu pro jmenovitou řadu modulu. Standardní předřadník bývá instalován přímo do svítidla. Větší při instalaci umožňuje nezávislý předřadník, který se umísťuje mimo svítidlo. Předřadník je vybaven zpravidla výstupními svorkami 12V pro napájení aktivního chladiče (obrázek 5).

Stmívání LED modulu je zajišťována stmívatelným předřadníkem, který je ovládán pomocí řídicí fáze Touch&Dim nebo DALI protokolu. Jednoduše lze tak LED modulový systém využít v kombinaci s řídicími jednotkami, které

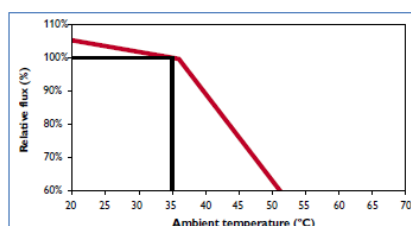
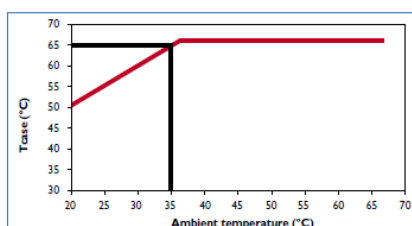
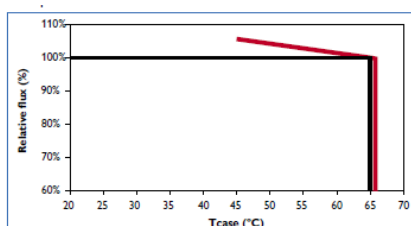
reagují na povely senzoru denní osvětlenosti či pohybu osob nebo dálkového ovladače osobního nastavení. Z energetického hlediska je výhodnější pokud stmívání zajišťuje amplitudová regulace proudu neboť přitom dochází k zvýšení měrného výkonu systému až o 30%.



- obrázek 5 Aktivního chlazení LED modulu (1. napájecí kabel chladiče; 2. napájecí kabel LED modulu)

Chlazení

Konstrukce chlazení je jednou z nejdůležitějších částí systému, jednak zajišťuje jmenovitou životnost a také jmenovitý výkon systému. Servisní doba života modulu se obvykle stanovuje na 50 000 hodin při dodržení mezní teploty na kontrolním bodě modulu. Modul bývá zpravidla vybaven tepelnou pojistkou, která zabrání přehřívání modulu. Při vyšších teplotách začne modul automaticky snižovat světelný tok, resp. příkon a tím zabraňuje zkrácení své životnosti (obrázek 6).



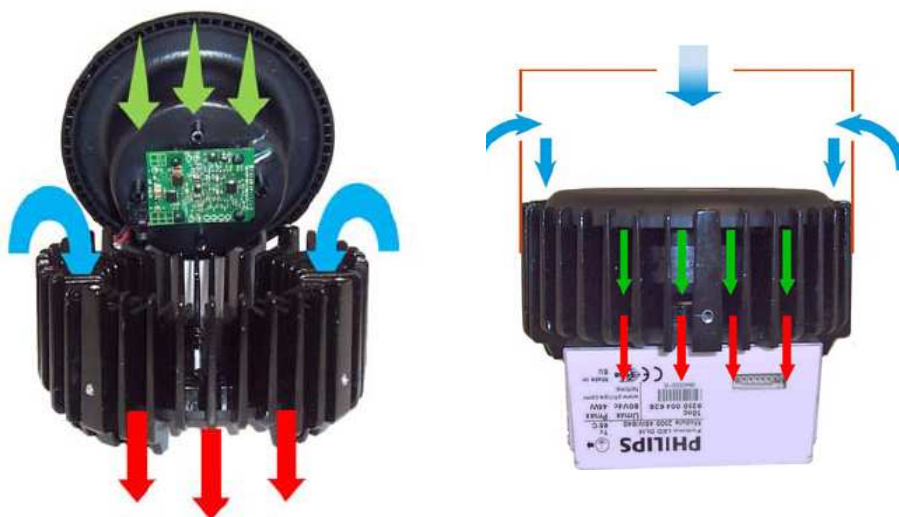
Temperatures Fortimo LED DLM2000

- obrázek 6 Závislost světelného toku LED modul Fortimo DLM na teplotě kontrolního bodu Tc a okolní teplotě.

Konstrukci chlazení je možné principiálně navrhnout jako pasivní nebo aktivní. Pasivní chlazení je založeno na ofukování žebrovaných hliníkových profilů chladiče přirozeným proudem vzduchu. V případě, že je třeba využít svítidlo kompaktnější rozměrů používá se aktivního chlazení, které vytváří nucené ofukování proudem vzduchu. V současnosti se pro aktivní chlazení využívají ventilátory nebo membránové chladiče.

Srdcem membránového chladiče je elektromagnet ovládající speciální elastickou membránu, která vytváří vysokorychlostní pulsní proudění (zelená šipka na obrázku 7). Uměle vytvářený vzduch je vháněn do prstence trysek a proudí dále mezi kanálky žebrování chladiče a strhává sebou i okolní vzduch (modrá šipka). Společně zajišťují odvod teplého vzduchu (červená šipka) do okolního prostředí. Charakteristická je pro tento typ chladiče dlouhá životnost až 100 000h.

Při návrhu svítidla je nutné se vyvarovat konstrukcím, které by mohly omezit proudění vzduchu a výkon tepelného management by se tím mohl výrazně snížit. Kromě pozornosti v oblasti konvekce proudu vzduchu je nutné dbát na kodukci tepla mezi kovovým povrchem LED modulu a tepelnou jímkou. Pro snížení teplotního odporu se používají tepelně vodivé termální nebo epoxidové pasty.

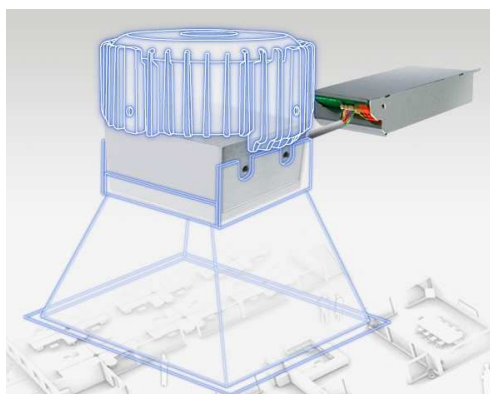
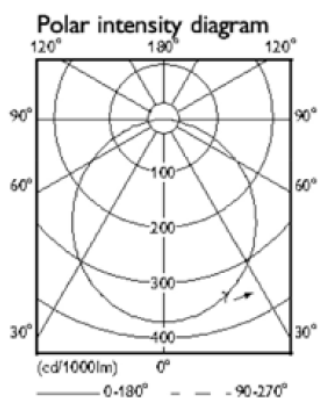


- obrázek 7 Princip aktivního chlazení LED modulu

LED modul vyžaduje napájení zdrojem konstantního proudu, naopak chladič potřebuje konstantní zdroj napětí, proto předřadník LED modulu bývá vybaven napěťovým výstupem 12 V. Napětí je konstantní, ale proud se mění od desítek mA při malé zátěži až po krátkodobou zátěž dosahující několika stovek mA. Tento krátkodobý špičkový proud představuje dvojnásobný příkon než je průměrný uvedený na příkladu v tabulce 1. Pokud se k napájení využívá externí 12V napáječ je nutné jej dimenzovat na dvojnásobný maximální příkon. Některé aktivní chladiče umožňují omezit výkon chladiče připojením signálních vodičů na výstupní svorky konstantního napěťového zdroje a zajistit tak například tišší provoz nebo naopak zvýšit výkon chlazení pokud je svítidlo umístěno v prostorech s vyšší teplotou vzduchu.

Zapojení	Napětí _{DC} [V]		Proud [mA]		Výkon [W]
	Min	Max	Min	Max	Průměrný
Vysokovýkonnové	10,8	13,2	10	333	2,0
Standardní	10,8	13,2	10	200	1,2
Tiché	10,8	13,2	10	170	2,0

- tabulka 1 Elektrické parametry chladiče SynJet® Universal DLM Cooler



- obrázek 9 Křivka svítivosti LED modulu Fortimo DLM a ideový návrh optické části

Reflektor

Optická část přímého svítidla je důležitá z hlediska celkové účinnosti systému a je výhradně záležitostí výrobce svítidla. Vyzařovací charakteristika LED modulu pro přímá svítidla vykazuje lambertův charakter, poskytuje tak dobrý základ pro rovnoměrnou distribuci světelného toku. Optický systém slouží k vymezení úhlu vyzařování a hlavně omezuje nežádoucí oslnění. Z bezpečnostních a provozních důvodů je nutné dodržet maximální teplotu na ploše difuzoru.

Energetická bilance a účinnost přímého svítidla

Energetická bilance přímého svítidla ukazuje, že přestože instalovaný světelný tok ve svítidle je menší ve srovnání s konvečními zdroji, díky konstrukci LED modulu a optické části svítidla, je celkový měrný výkon svítidla výrazně vyšší a celkový světelný tok systému je v obou případech srovnatelný. Na příkladě v tabulce 2 jsou porovnávána svítidla s LED modulem Fortimo DLM a kompaktními zářivkami PL-C. Celkový měrný výkon svítidla s LED modulem je až o 40 až 50% vyšší v závislosti na typu použitého předřadného zařízení. Rozhodující vliv na celkovou účinnost systému má optická část, která přináší přímou distribuci světelného toku a nedochází tak k mnohonásobným odrazům ve svítidle.

Porovnání přímého svítidla s LED modulem Fortimo DLM a kompaktními zářivkami PL-C

Světelný zdroj	Světelný tok	Příkon	Měrný výkon	Výkonové ztráty v předřadníku	Příkon aktivního chlazení	Celkový příkon systému	Účinnost optické části svítidla	Měrný výkon světelného zdroje a předřadníku	Měrný výkon svítidla (LED modul + předřadník + optická část)	Celkový světelný tok svítidla
	lm	W	lm/W	W	W	W	%	lm/W	lm/W	lm
Fortimo DLM 2000	2000	32	62,5	2,6	1,8	36,4	0,92	54,9	50,5	1840
Fortimo DLM 1100	1100	18	61,1	2,2	0	20,2	0,92	54,5	50,1	1012
PL-C 2x26W HF*	3600	52	69,2	4	0	56	0,47	64,3	30,2	1692
PL-C 2x18W HF*	2400	36	66,7	3	0	39	0,51	61,5	31,4	1224
PL-C 2x26W EM**	3600	52	69,2	14	0	66	0,47	54,5	25,6	1692
PL-C 2x18W EM**	2400	36	66,7	12	0	48	0,51	50,0	25,5	1224

- tabulka 2 Porovnání přímého svítidla s LED modulem Fortimo DLM a kompaktními zářivkami PL-C

Praktické aplikace

V současnosti jsou na trhu různé typy LED modulů (obrázek 9), které jsou určeny pro svítidla v osvětlovacích soustavách celkového i místního osvětlení kancelářských prostor, veřejných budov, hotelových lobby a recepcí, obchodů, ale i venkovního osvětlení na pozemních komunikacích, v rezidenčních oblastech a parcích. Využívá se i LED RGB modulů, které umožní měnit atmosféru v daném prostoru změnou teploty chromatičnosti nebo barevné scény (obrázek 10).



a) LED modul s integrovaným předřadníkem

b) LED modul "bodový"

c) LED modul pro venkovní osvětlení

- obrázek 9 Příklady LED modulů

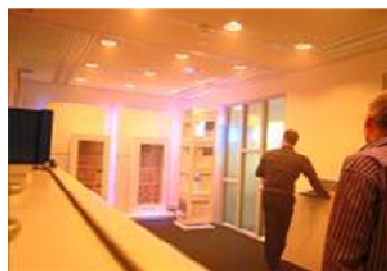
6500K



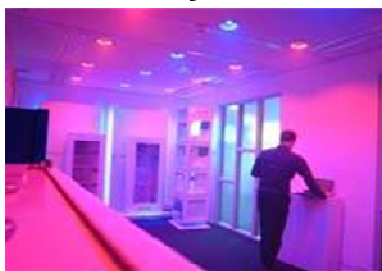
4000K



2700K



barvy:



- obrázek 10 Příklad řízené osvětlovací soustavy přímých svítidel s RGB LED modulem

Závěr

LED moduly výrazně usnadňují implementaci světelných diod do tradiční technologie výroby svítidel a nabízejí tak výrobcům svítidel a osvětlovací techniky unikátní světelný zdroj garantující výhody LED technologie. V procesu návrhu svítidla přesto zůstávají některé technické výzvy, jedná se především o volbu teplotního managementu a optického systému. Vhodně navržený chladič zajistí dlouhou životnost systému, vhodně navržený reflektor umožní vyšší účinnost optického systému v porovnání s konvenční technologií. Měrný výkon LED modulů se s každou novou generací výrazně zvyšuje a přibývají další řady s vyšším jmenovitým světelným tokem.

Literatura a odkazy

- [1] Fortimo application guide, Philips, 2010
- [2] Nuventix, www.nuventix.com, 2010
- [3] Lighting emitting diodes, E.F.Schubert, 2006

Meranie elektrických parametrov v sieťach verejného osvetlenia

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

Katedra elektroenergetiky FEI Slovenská technická univerzita v Bratislave peter.janiga@stuba.sk, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Merané siete

Meraniami v sieťach verejného osvetlenia v niekoľkých mestách a obciach sa ukázalo, že sa objavujú problémy, ktoré môžu mať vplyv na spoľahlivú prevádzku a prevádzkové náklady. Merania sa uskutočnili v starších aj rekonštruovaných sieťach. Rozvody sietí boli káblové, závesnými káblami aj vonkajšími vedeniami so spoločným nulovým vodičom. Meranie sa v závislosti od požadovaného prevádzkového stavu uskutočnilo v čase najmenšieho vplyvu na sieť odberateľmi ale aj v čase zvýšeného vplyvu na kvalitu napätia. Meranie v Galante a Matúškove sa uskutočnilo v čase najmenšieho vplyvu (sobotné poobedie) a meranie v Handlovej a Gabčíkove sa uskutočnilo v čase zvýšeného vplyvu (skorý večer pracovného dňa). Vychádzalo sa z denného diagramu zaťaženia SR.

	Galanta	Matúškovo	Handlová 1	Handlová 2	Gabčíkovo
Majoritná zdrojová štruktúra	100 W vysokotlaková sodíková výbojka	250 W vysokotlaková ortuťová výbojka	100 W vysokotlaková sodíková výbojka	70 W vysokotlaková sodíková výbojka	70 W vysokotlaková sodíková výbojka
Minoritná zdrojová štruktúra		36 W nízkotlaková ortuťová výbojka	150 W halogenidová výbojka	Kompaktná žiarivka	36 W nízkotlaková ortuťová výbojka
Rozvody	Káblové	Káblové	Káblové	Káblové	Vonkajšie vedenie a závesné káble

• Tabuľka 1: Parametre meraných sietí

Nesymetria zaťaženia

Z niekoľkých meraní, ktoré sa uskutočnili v starších aj rekonštruovaných sieťach vyplynulo, že nesymetria zaťaženia je častý jav. Z hľadiska kvality elektrickej energie nepredstavuje nebezpečenstvo. Nespôsobuje ani zvýšené prevádzkové náklady, pretože v závislosti od distribučnej siete nie je nesymetria malých odberateľov spoplatňovaná.

		Galanta	Matúškovo	Handlová 1	Handlová 2	Gabčíkovo
Prúd	L1	4,2	9,2	4,9	2	17,1
	L2	0	0	2,6	3,1	9,14
	L3	0	25,5	2,4	1,2	25,3
	N	4,2	7,5	1,2	0,8	-
Príkon P [kW]	L1	0,783	1,978	1,012	0,463	3,648
	L2	0	0	0,547	0,741	1,92
	L3	0	5,381	0,487	0,272	5,774
Príkon Q [kVA]	L1	0,651	0,525	0,612	0,211	1,833
	L2	0	0	0,293	-0,378	1,053
	L3	0	2,687	0,294	0,137	1,403

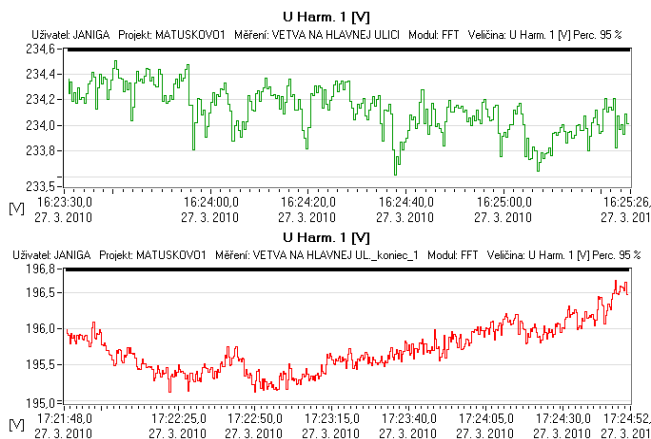
• Tabuľka 2: Nesymetria odberu

Nesymetria odberu v nových sieťach je spôsobená nezodpovedným pripájaním svietidiel k jednotlivým fázam. Okrem problému s výraznejšou nerovnomernosťou osvetlenia pri výpadku niektorej fázy môže nastať problém s preťažovaním fázy, pretože pri návrhu sa uvažovalo s rovnomerným rozložením. Veľmi výrazne je tento problém vidieť z merania v Galante, kde všetky svietidlá boli pripojené na jednu fázu aj keď rozvod bol robený novým trojfázovým káblom. Ak je v nových sieťach nerovnomernosť spôsobená nezodpovedným pripájaním svietidiel veľmi veľká, môže to viesť k vypínaniu istenia vetvy.

Napätie mimo rozsah

Pri dimenzovaní vodičov v sieťach verejného osvetlenia nestačí vychádzať z prúdovej zaťažiteľnosti ale treba skontrolovať aj úbytky napätia. Najmä ak je snaha nasadiť v danej sieti regulátor osvetlenia. Mohol by nastať prípad, kedy regulátor zníži napätie a na konci vetvy napätie poklesne natoľko, že výbojka vo svietidle nebude schopná udržať stabilný výboj. Tento problém nastáva hlavne pri svietidlách s klasickými predradníkmi. Elektronické predradníky dokážu pokles napätia uregulovať.

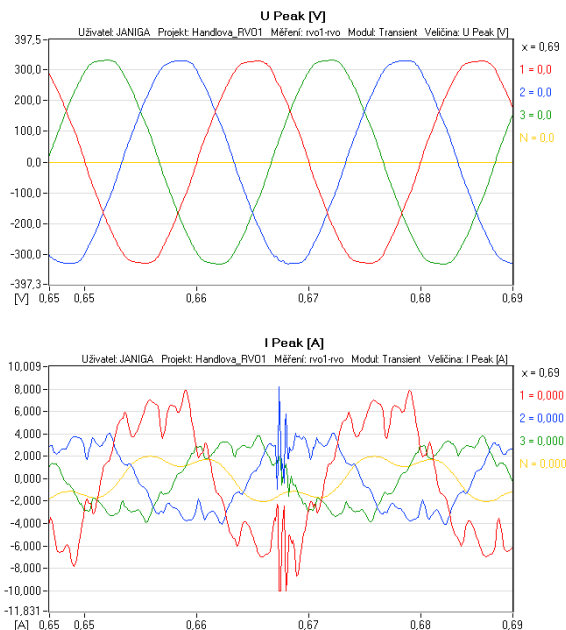
Z merania uskutočneného v Matúškove je vidieť, že na konci vetvy bolo napätie mimo dovolené hranice STN EN 50 160 aj keď na začiatku vetvy bo napätie takmer nominálne. Táto sieť bola tesne pred rekonštrukciou a takmer polovica svietidiel bola nefunkčných. Niektoré boli pripojené na iné fázy ale je predpoklad, že už pri výstavbe danej siete s 250 W ortuťovými výbojkami bolo napätie nízke a svietidlá boli častejšie spínané v dôsledku nestabilného výboja. Čo mohlo spôsobiť súčasný stav, kedy dve fázy boli nefunkčné.



• Obrázok 5: Napätie na začiatku vetvy (zelený priebeh) a na konci vetvy (červený priebeh) pri meraní kvality elektrickej energie v Matúškove

Krátkodobá zmena napätia

Počas merania v Handlovej na rozvážači RVO 1 bola zachytená rýchla zmena napätia. Aj keď sa jednalo len o nepatrnú zmenu napätia, znamenalo to výrazný prechodný dej v prúde, ktorý tiekol sieťou.

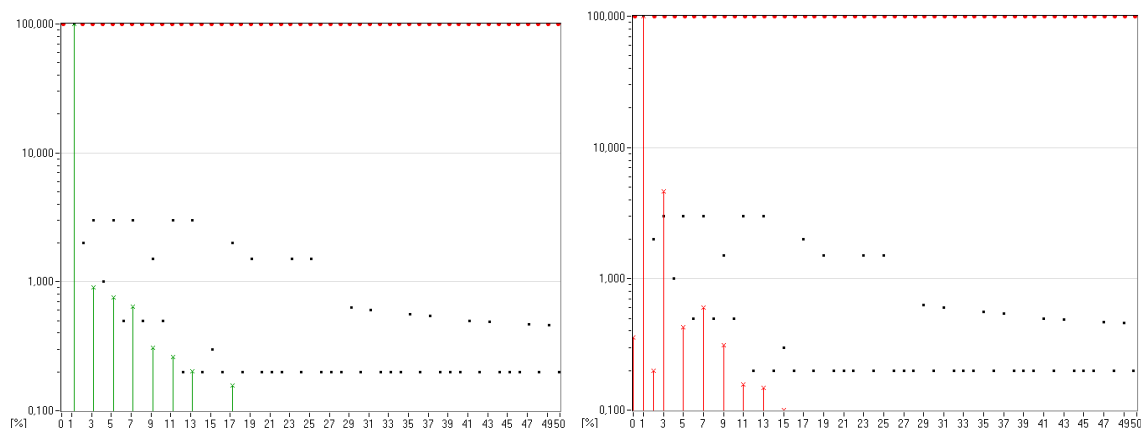


• Obrázok 2: Rýchla zmena napätia spôsobila krátky prechodný dej

Tento prechodný dej bol spôsobený iným odberateľom. Pre svietidlá predstavuje veľké nebezpečenstvo, pretože skokové zmeny napätia môžu vyvolať na tlmivke a výbojke výrazné prúdové rázy. Pri poškodení svietidiel alebo siete z tohto dôvodu je takmer nemožné dopátrať sa skutočnej príčiny, pretože na väčšine sieťach nie je nepretržitý monitoring napätia a prúdu. Náklady spojené s takýmito poruchami musí hradiť prevádzkovateľ siete aj keď nie sú spôsobené jeho zavinením. Proti takýmto malým zmenám je takmer nemožné sa chrániť pasívnymi prvkami, pretože nedokážu zachytiť tak malú zmenu napätia. Jediný spôsob ochrany je obmedziť prúd tečúci sieťou.

Deformácia napät'ovej vlny

Problém s neprimeranou deformáciou napät'ovej vlny sa pri žiadnom z meraní nezistil. Pri meraní v Matúškove bola však hodnota tretej harmonickkej blízko limitnej hodnoty. Nameraná hodnota tretej harmonickkej na konci vetvy bola 4,6 % a limitná hodnota podľa normy je 5%. Vetva bola dlhá 1500 m a bola bez odbočiek. Napájanie siete bolo bez výraznej deformácia. Je predpoklad, že ak by bola kvalita napätia len o málo horšia, boli by prekročené dovolené hodnoty desaťminutových stredných efektívnych hodnôt. Pretože sa meranie uskutočnilo v čase minimálneho odberu, môže za normálnej prevádzky pri zvýšenom vplyve odberateľov nastať výrazné zhoršenie, pretože pri klasických predradníkoch nie je deformácia prúdu priamo úmerná deformácii napätia.



• Obrázok 3: Obsah harmonických na začiatku vetvy (zelený priebeh) a na konci vetvy (červený priebeh)

Prúd nulovým vodičom

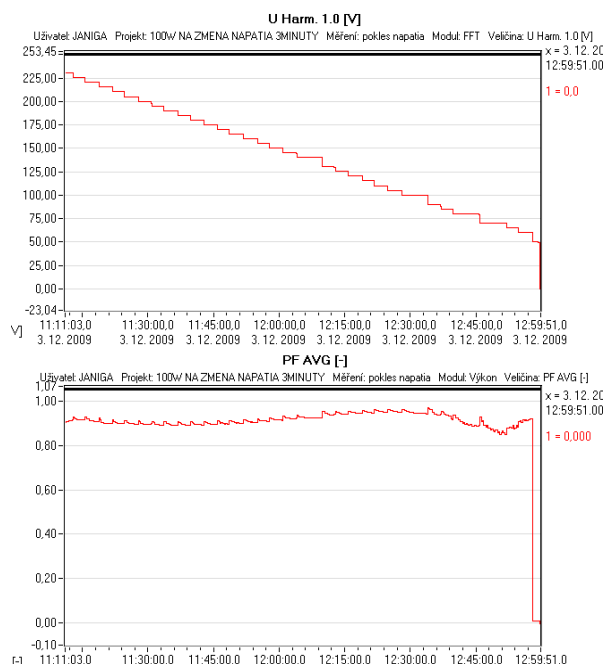
Z meraní v reálnych sieťach (tabuľka 2) je vidieť, že prúd nulovým vodičom bol maximálny pri meraní v Galante, kde bol rovnaký ako fázovým vodičom. Pri sieťach so svietidlami s klasickými predradníkmi je malá pravdepodobnosť veľkého prúdu nulovým vodičom. Takáto situácia by nastala len v prípade silne deformovaného napájacieho napätia. V takom prípade by prúd nepárnych násobkov tretej harmonickkej bol viac ako 33,3 % a prúd tečúci nulovým vodičom by bol rovný alebo väčší ako prúd tečúci fázovým vodičom. Ak teda napájacie napätie spĺňa požiadavky na deformáciu uvedené v norme STN EN 50 160, prúd nulovým vodičom nespôsobí preťaženie tohto vodiča.

Problém s preťažovaním nulového vodiča nie je častý v sieťach verejného osvetlenia aj z toho dôvodu, že tieto siete sú z hľadiska prúdovej zaťažiteľnosti predimenzované. Je to z dôvodu inštalovania vodičov s väčšími prierezmi aby sa zabránilo neprípustným úbytkom napätia.

Potenciálne nebezpečenstvo predstavujú svietidlá s LED svetelnými zdrojmi, ktoré sú napájané spínanými zdrojmi bez filtra vyšších harmonických, kde prúd tretej harmonickkej je väčší ako tretina základnej harmonickkej a preto inštalovanie svietidiel s takýmto napájacím zdrojom predstavuje riziko preťaženia nulového vodiča.

Jalová spotreba siete

Pri meraniach sa objavoval i problém s power faktorom. Aj keď svietidlá majú kompenzačný kondenzátor, boli namerané hodnoty mimo rozsah požadovaný distribučnými spoločnosťami (PF v rozsahu 0,95 až 1,00). Ale pretože sa jedná o malý odber, nie je jalová spotreba spoplatnená. V meraných sieťach sú straty spôsobené prenosom jalovej energie zanedbateľné. Pri priemernom príkone rozvádzača verejného osvetlenia do 10 kW nie sú straty veľké aj z toho dôvodu, že nie v celej sieti je prenášaný rovnaký jalový výkon. V blízkosti rozvádzača je maximálny a na koncoch vetiev je minimálny. Pri dôkladnej optimalizácii siete má zmysel sa týmto problémom zaoberať a odstrániť možné príčiny.



• Obrázok 4: Zmena power faktora pri zmene napätia

Ako je na obrázku 4 vidieť, nie je power faktor závislý na zmene veľkosti napätia. Problém s jalovým výkonom môže nastať z dôvodu poklesu kapacity kompenzačného kondenzátora, táto porucha sa však objavuje len veľmi zriedkavo. Ďalším možným dôvodom môže byť nevhodný návrh kondenzátora ako napríklad vo svietidlách v Galante, kde výsledná hodnota power faktora bola 0,77 aj čiastkové hodnoty power faktora jednotlivých svietidiel boli nízke.

		Galanta	Matúškovo	Handlová 1	Handlová 2	Gabčíkovo
PF [1]	L1	0,770	0,96	0,85	0,91	0,89
	L2	-	-	0,88	0,89	0,88
	L3	-	0,89	0,86	0,89	0,97

• Tabuľka 2: Nesymetria odberu

Ďalšie možné problémy

Pri použití regulátora osvetlenia môže nastať prípad, kedy pri dlhších vedeniach na konci vetvy nastane pokles napätia mimo rozsah stabilnej prevádzky svietidla aj keď sú dodržané odporúčané nastavenia. Konkrétny prípad by nastal ak by bol v sieti použitý regulátor s hladkým štartom. Ak je napätie na začiatku vetvy pri štarte 210 V na konci vetvy môže byť napätie nižšie ako zápalné napätie pre svietidlá s metal-halogenidovými výbojkami alebo kompaktnými žiarivkami (najmä pri nižších teplotách).

Problém v sieti môže nastať aj v prípade ak sú limitné hodnoty vyšších harmonických napätia podľa normy STN EN 50 160 a v sieti budú svietidlá s klasickými predradníkmi. V takom prípade môže tieť sieťou tak deformovaný prúd, že bude ovplyvnené meranie a riadenie siete.

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky na základe zmluvy VEGA 1/0687/09 Kvalita elektrickej energie a spoľahlivosť dodávky elektrickej energie.

Literatura a odkazy

- [1] EN 50 160: Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks
- [2] EN 60 555 - 2: Power supply harmonic emissions
- [3] IEEE 519-92: Recommended practice for monitoring electric power quality
- [4] Szathmary, P.: Power quality, PRO s.r.o., Banská Bystrica, 2003
- [5] Sankaran, C.: Power Quality, CRC press, 2002
- [6] Arrillaga, J., Watson, N. R., Chen S.: Power system quality assessment, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2000
- [7] Dugan, R.; McGranaghan, M. F.; Beaty, H. W.: Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, New York, 1996

Inteligentní řízení osvětlení výrobní haly

Aleš, Kaňa, Ing.

THORN LIGHTING CS S R.O., www.thornlighting.com, ales.kana@thornlighting.com

Energetické hledisko

V dnešní době potřeb snížování nákladů a energií je při projektování na tyto aspekty kladen vysoký důraz. I proto investorovi, popř. zákazníkovi je potřeba ukázat investice z dlouhodobého hlediska. Tímto článkem bych rád představil realizaci inteligentního řešení řízení osvětlení na jedné výrobní hale.

Kombinace lištového systému a jednoduché regulace

Zadání v tomto případě znělo kromě výše zmíněných úspor, dlouhé životnosti, kvality a jednoduchosti také na minimální osvětlené prostory a minimální svícení při denním osvětlení.

Hala z počátku byla navržena na prázdnou – v hale zpočátku nebylo přesně určeno, ve kterých místech haly budou umístěny výrobní stroje a ve kterých částech haly budou pouze skladovací prostory nebo regály. Bylo také zadání, že v průběhu fungování výroby se budou jednotlivá místa přesouvat.

Nejjednodušší řešení se tedy jevilo použití univerzálního lištového systému pro průmyslové aplikace. Toto řešení nabízí snadné nastavení a montáž, také snadné pozdější přemístění / přidání svítidel dle potřeb investora.

Regulace řízení osvětlení bylo nakonec řešeno nejjednodušším automatickým systémem Senza Modular. Základní požadavek stmívání osvětlení na základě vyhodnocení situace v hale z hlediska dopadu denního osvětlení a požadavek několika pohybových senzorů tedy byl splněn.

Univerzální lištový systém Primata II

Ve srovnání s běžnými produkty může systém Primata II – díky jednoduché montáži bez použití nářadí, snížit dobu instalace až o 40%. Je to systém s komplexním výběrem zářivkových svítidel a různorodé optiky.

Primata II nabízí řadu cenných výhod:

- Jednoduchá instalace bez nutnosti použití nářadí šetří čas i peníze
- Použití lištových systémů zvyšuje bezpečnost elektroinstalace
- Díky široké škále reflektorů, optiky a příslušenství je ideální prakticky pro všechny druhy projektů aplikací
- Výběr konfigurací elektroinstalace až s 9 žilovou kabeláží, která umožňuje najednou zapojit napájení, stmívání i nouzový režim

Primata II je ideálním řešením pro velké výrobní prostory vyžadující rovnoměrné osvětlení.

Vedle účinného a hospodárneho výkonu umožňuje přesná kontrola oslnění systému Primata II jeho instalaci v místech, kde se používají počítačové obrazovky. Nově i v krytí IP60, což zajišťuje bezpečnost a trvalý výkon.



Průmysl a výroba

Přehled výhod:

- Výkonný a hospodárný
- Rovnoměrné osvětlení
- Ochrana proti oslnění v místech, kde se používají počítačové obrazovky
- Varianta s krytím IP60
- Bezpečnost

Sklady a distribuce zboží

Primata II nabízí energeticky účinná řešení pro sklady a skladové prostory díky vysoké výkonnosti světelných zdrojů, přesně propočítané a navržené optice a možnosti úzkého a širokého vyzařování díky výběru reflektoru.

Přehled výhod:

- Značný světelný výkon podporuje dokonalou viditelnost a bezpečnost
- Přesné zaměření světla
- Výběr rozptylu světla díky úzkému a širokému reflektoru



Obchodní střediska a výstavní haly

Primata II je univerzálním řešením, jež pomáhá vytvářet pohodlné prostředí pro nakupování v obchodech všech typů a velikostí. Neoslnivé světlo s asymetrickým osvětlením regálů nabízí zákazníkům pohodlí a prodejčům možnost vystavit zboží co nejúčinněji díky schopnosti zvýraznit vše, co je potřeba.

Přehled výhod:

- Neoslnivé světlo pro pohodlí zákazníků
- Přesné zaměření světla
- Asymetrické osvětlení regálů
- Možnost zabudovat bodovky pro zdůraznění
- Vizuální pohodlí a příjemné prostředí pro nakupování

Rychlý, bezpečný, jednoduchý, rentabilní a pružný systém = logická volba

Primata II je vyzkoušené a osvědčené řešení. Instalace je snadná, systém využívá nejmodernější technologii světelných zdrojů k úspoře energie a omezení údržby. Dodává výkon, který lze přizpůsobit široké škále požadavků.

Rychlá instalace

Instalace osvětlení se systémem Primata II lze provést ve 40 % času nutného k montáži jiných osvětlovacích těles

Bezpečnost

Systém Primata II je trvanlivý a vyzkoušený, skvělou zárukou jsou také kvalitní prodrátování a bezpečnost

Jednoduchost

Systém Primata II sice může nainstalovat i nevyškolená obsluha bez speciálního nářadí, ale konečné elektrické zapojení musí provést kvalifikovaný elektrikář

Rentabilitnost

Primata II je rentabilní a výhodné řešení pro elektromontážníky i koncové uživatele

Pružnost

System Primata II se dodává až s 9 žilovou kabeláží, která umožňuje najednou zapojit napájení, stmívání i nouzový režim. Optika je k dispozici prakticky pro všechny aplikace, lze ji naplánovat pro libovolný druh použití

Elektrická konfigurace

5-vodičová lišta

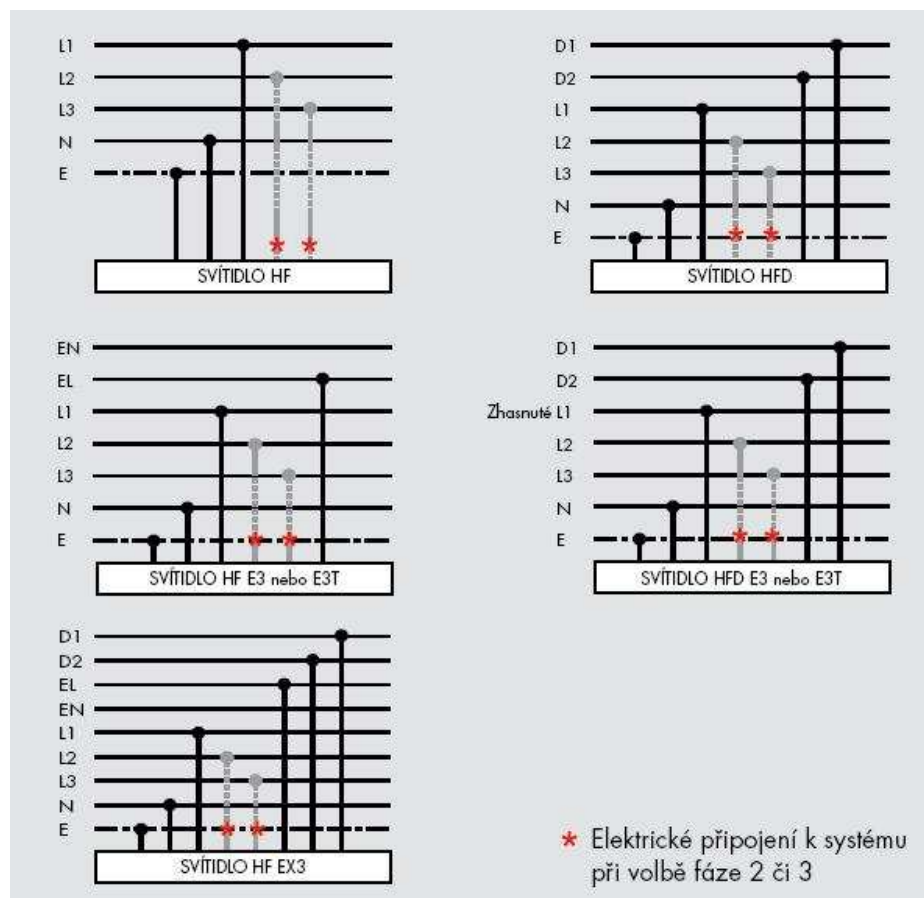
5-vodičová lišta určená pro třífázový provoz: Ve srovnání s běžným jednofázovým systémem Primata II umožňuje „rozložení zátěže“ a využití trojnásobku max. délky souvislé řady. To je umožněno tím, že každou fází lze využít k maximálnímu zatížení. Navíc má Primata II oddělené okruhy, které lze zapojovat samostatně pro základní řízení osvětlení.

7-vodičová lišta

7-vodičová lišta určená pro třífázový provoz: Primata II rozšiřuje možnosti 5-vodičového systému, a to podporou dodatečné funkce stmívání nebo běžného nouzového či samotestovacího nouzového režimu. Tyto verze jsou na trhu se stmívatelnými a nouzovými variantami HFD, HFE3, HF E3T, HFD E3, HFDE3T.

9-vodičová lišta

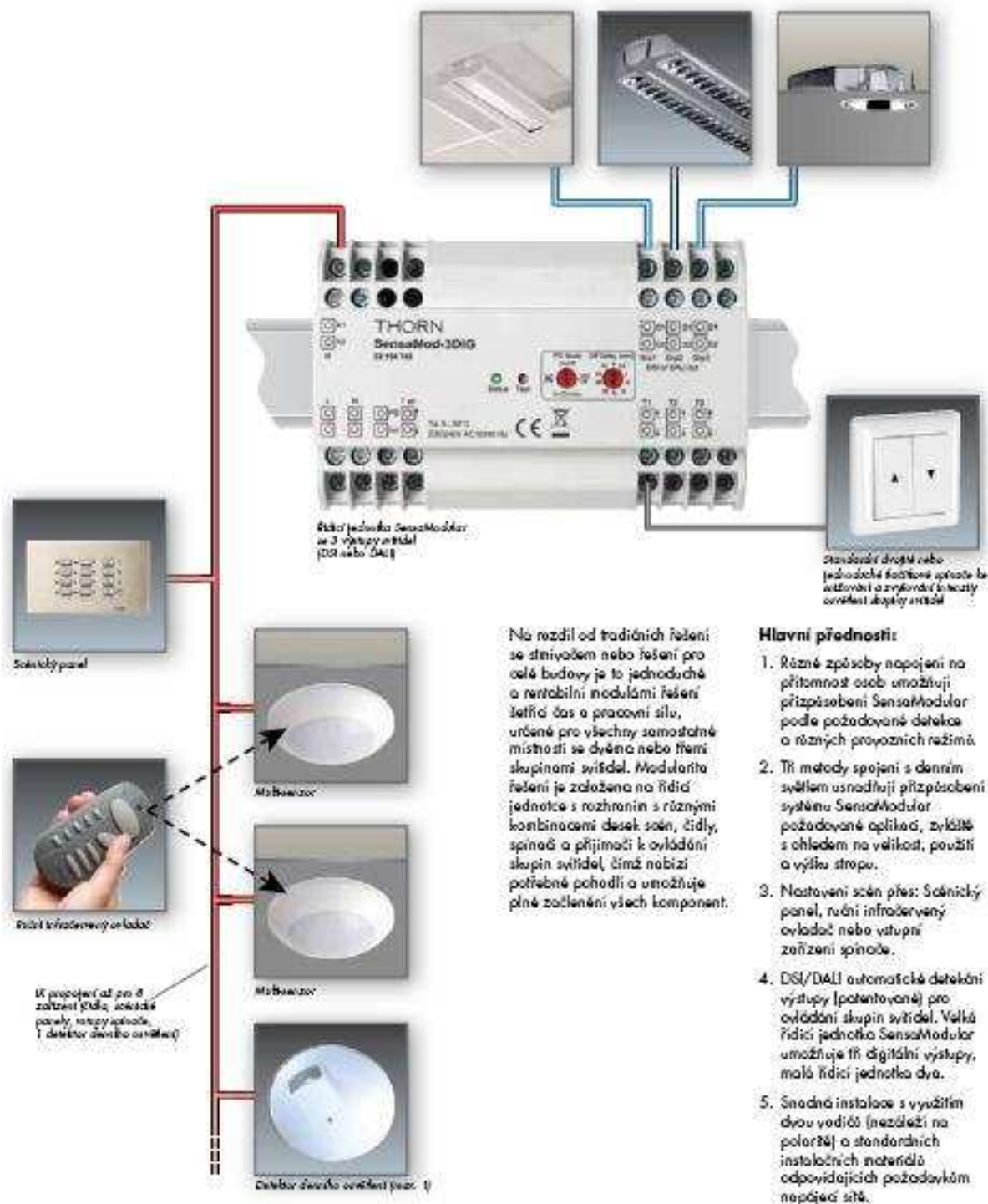
9-vodičová lišta určená pro třífázový provoz: V systému Primata II může být zabudováno nouzové osvětlení „high-end“. Jde o špičkové zařízení ve vícefunkčním systému lišt (HF E3X), umožňující centrální řízení nouzového osvětlení.



Jednoduchá regulace osvětlení SensaModular

SensaModular je portfoliem produktů k ovládání osvětlení pro aplikace v samostatných místnostech. Modulární koncepce umožňuje zákazníkovi vytvořit řadu komponentů přesně uzpůsobených jeho potřebám:

- Uživatelé si mohou volit moduly pro vytváření scén osvětlení umožňující napojení na denní světlo s integrací detekce přítomnosti osob, přepínání nastavení scén a ovládání pomocí ručního infračerveného dálkového ovladače
- Až ke třem skupinám stmívatelných svítidel se přes řídicí jednotku zapojí pouze potřebné komponenty



V případě realizace montážní haly bylo zapotřebí užít **jednu dohlížecí fotobuňku pro tři skupiny svítidel**:

Pro spojení s denním světlem se instaluje jedno čidlo s fotobuňkou na strop a nasměruje se k oknu, aby registrovalo příchozí denní světlo. V případě světlíků – popř. v konkrétním případě montáže na lištový systém, se denní čidlo nasměrovalo kolmo na světlík.



Přednosti:

- Vizuální a fyzické narušení stropu je minimální, k registru toku denního světla je potřeba pouze jedno čidlo až pro řízení 3 skupin svítidel
- Jelikož se registrují pouze údaje o denním světle, měření jasu jsou přesná, což maximalizuje možnost zvýšení úspor
- Ideální palikace s řadami svítidel, kde výška stropu přesahuje 3m nebo tam, kde není potřeba zónové zapojení s přítomností osob, např. v učebnách a průmyslových nebo sportovních halách

Při realizaci bylo kromě čidla denního, užít ještě tzv. „multisenzor“, který pro danou aplikaci užil pouze svou funkci detekci pohybu.

Multisenzor

Multi-senzor pro spojení s detekcí přítomnosti osob a denním světlem a integrace ručních infračervených dálkových ovladačů.

Funkce detekce přítomnosti osob přes pasivní infračervené čidlo, kruhová detekce má ve výšce stropu 2,5 (3)m průměr 6 (7)m pro sedící osoby a průměr 7 (9)m pro osoby v pohybu. Spojení s denním světlem se provádí pomocí čidla směřujícího dolů na pracoviště, které měří denní světlo i umělé světlo odražené od pracoviště. Je připojeno a napájeno centrální řídicí jednotkou s využitím dvou vodičů (nezáleží na polaritě) a standardních instalačních materiálů odpovídajících požadavkům napájecí sítě.

Buď polozapuštěné do jedné stropní instalační Euro krabice, průměr 60mm, přisazené na strop, nebo plně vestavěné do zavěšeného podhledového stropu (průměr výřezu 92mm) s dodanými doplňkovými kroužky, montážní výška max 3m.

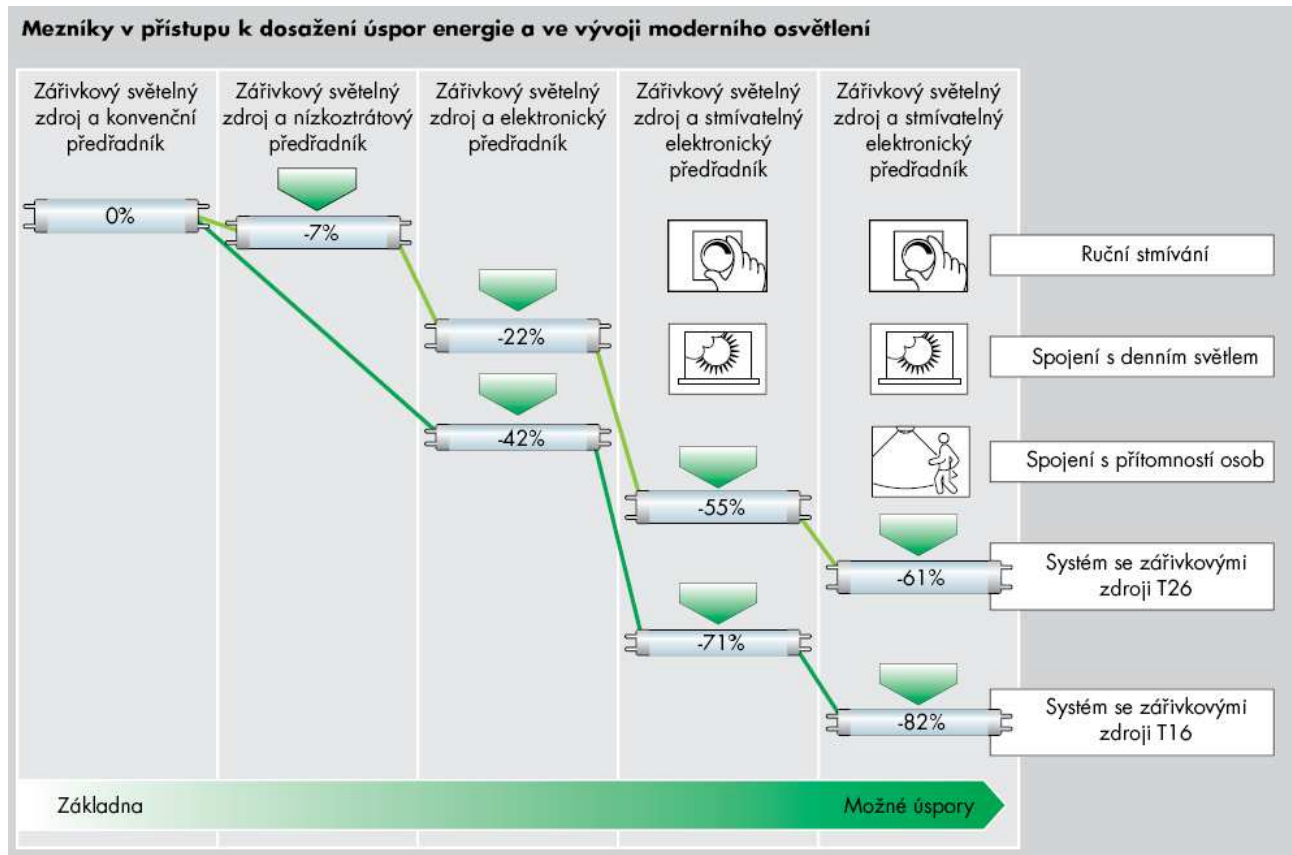
Zapojení se provádí bezšroubovými zástrčnými svorkami. Zelená stavová dioda LED za číčkami pro indikační účely.

Těleso vyrobeno z polykarbonátu se sníženou hořlavostí v bílé barvě (RAL 9003), čočky vyrobeny z polyethylenu s vysokou hustotou, žádný z prvků neobsahuje halogeny. Krytí IP40, teplota okolí 0 až 50°C. Hmotnost 50g.



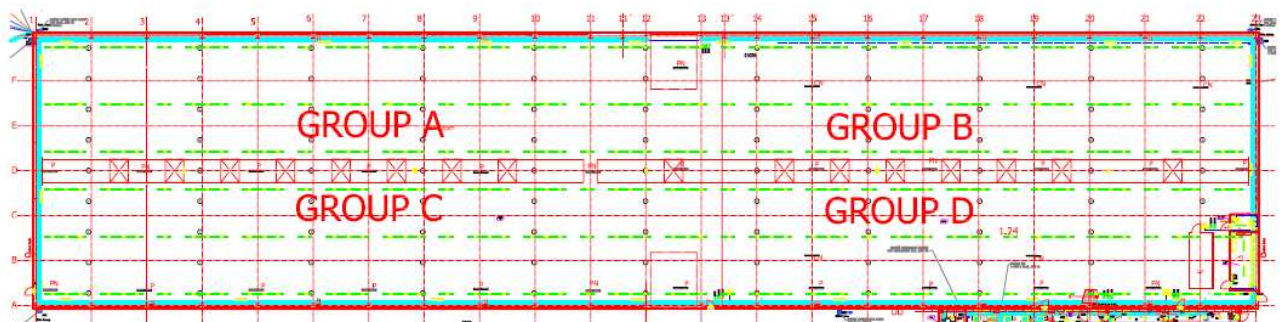
Možné úspory energie

Úsporou energie poskytujeme větší protihodnotu a současně šetříme globální zdroje. Níže uvedené schéma zdůrazňuje úspory energií při použití elektronických a stmívatelných předřadníků.



Konkrétní zapojení v hale

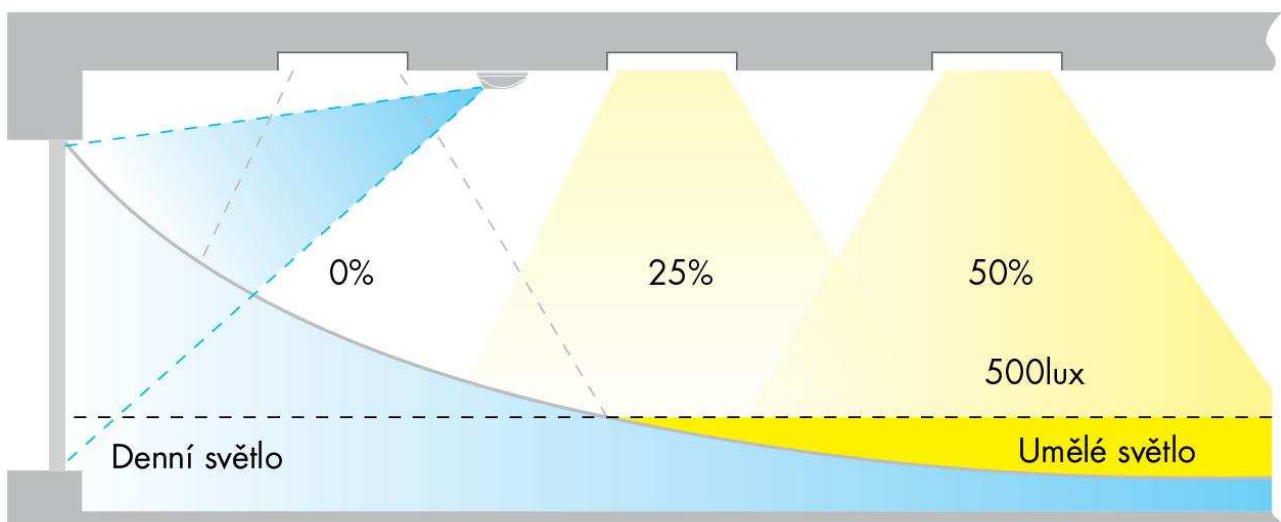
Výrobní hala se je rozměrů 130m x 30m šířky a montážní výška svítidel 8m. Tak velká hala byla rozdělena tzv. do kříže. Tedy na dvě poloviny vertikálně i horizontálně při pohledu na výkres. každá z těchto sekcí má svůj ovládací systém senza modular 3DIG pro ovládnutí každá z řady. Teoreticky tedy ovládáme 12řad. Níže uvedený obrázek nastiňuje rozdělení haly dle skupin:



Na dalším schématu znázorňují očíslování jednotlivých skupin směrem od světlíků a umístění pohybových čidel a denního senzoru, který je namontován na liště kolmo ke světlíkům.



Po správném nastavení dosahujeme energetických úspor znázorněných na dalším schématu. Denní senzor exponenciálně snižuje nebo zvyšuje intenzitu umělého osvětlení. Systém má nastaven také pohybové senzory, tedy v případě, že pod systémem není pohyb nebo osoby, svítidla po této nečinnosti začnou po předem nastavitelné době pohasínat na 5% a po další době zhasnou úplně.



Po detekci osob na aktivní ploše se celý cyklus zopakuje – tedy zapne se příslušný kvartál na hale a dokud je detekován pohyb, svítidla sou plynně řízena pomocí denního senzoru dle znázorněného grafu výše.

Požadavek investora, resp. i z důvodu praktického, se na halu rozmístily manuální ovladače pro případ manuálního přisvícení.

Pokud uživatel použije manuální ovládání, automatika zůstává stále aktivní, pouze reaguje na manuálně nastavené intenzity. Po vypnutí a následném opětovném zapnutí se vrátí systém opět do automatického režimu nastaveném v původních hodnotách.

Konkrétní zapojení v hale

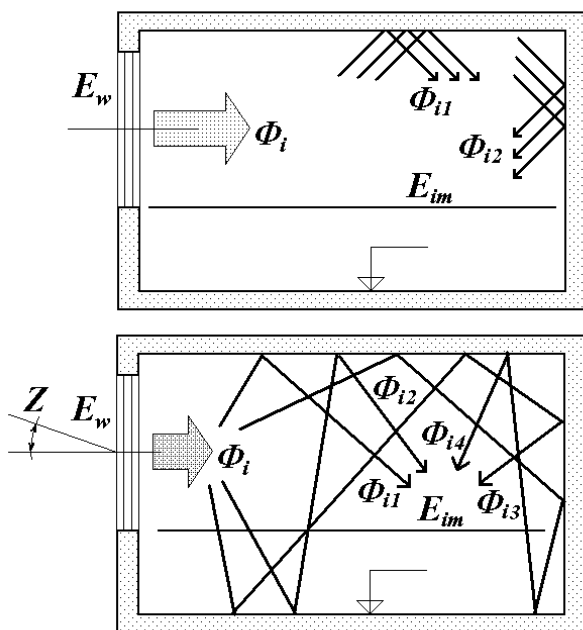
Po kalkulacích pořizovacích nákladů a provozních nákladů konvenčního použití nasvětlování v porovnání s moderním inteligentním výše uvedeným ovládáním a dále s přihlédnutím na úspory, variabilitu a výměny zdrojů, životnosti, se návratnost pohybuje do čtyř let užívání haly. Další používání již šetří energie, náklady na údržbu, ekologii a celkově peníze.

Literatura a odkazy

Interní dokumentace společnosti THORN LIGHTING CS S R.O., www.thornlighting.cz

Arndtův vztah

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



Jednoduchý model výpočtu vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti uvažující jen průměrné podmínky ve vnitřním prostoru navrhl W. Arndt v roce 1955. Světelný tok Φ_i [lm] vnikající oknem do místnosti je součinem osvětlenosti roviny zasklení E_w [lx], činitele difúzního prostupu světla $\tau_{s,dif}$ [-] a čisté plochy W [m²] zasklení okna.

$$\Phi_i = E_w \tau_{s,dif} W \quad (1)$$

Světelný tok Φ_{in} [lm] po n -tém odrazu od vnitřních povrchů místnosti s průměrným činitelem odrazu světla ρ_m [-] bude

$$\Phi_{in} = \Phi_i \rho_m^n \quad (2)$$

Světelný tok Φ_{in} [lm] osvětluje vnitřní povrchy místnosti, jejichž plocha je ΣS [m²]. Průměrná osvětlenost E_{imn} [lx] vnitřních povrchů místnosti světlem odraženým n -krát od vnitřních povrchů místnosti pak bude

$$E_{imn} = \frac{\Phi_{in}}{\Sigma S} = \frac{E_w \tau_{s,dif} W \rho_m^n}{\Sigma S} \quad (3)$$

Celková průměrná osvětlenost E_{im} [lx] světlem odraženým od vnitřních povrchů místnosti je součtem osvětleností po všech odrazech světla od vnitřních povrchů, tedy s využitím konvergence součtu řady $x + x^2 + x^3 + \dots$ pro $x \in (-1;1)$

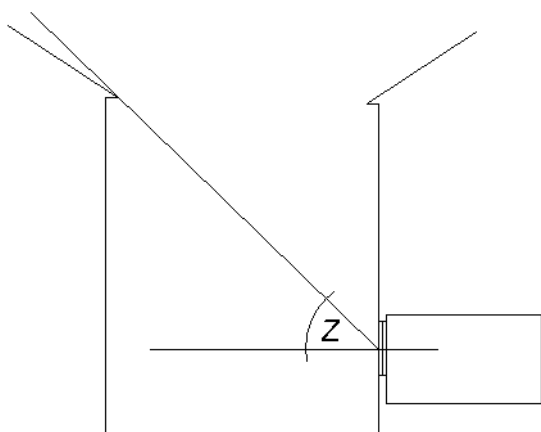
$$E_{im} = \sum_{n=1}^{\infty} E_{imn} = \frac{E_w \tau_{s,dif} W}{\Sigma S} \sum_{n=1}^{\infty} \rho_m^n = \frac{E_w \tau_{s,dif} W \rho_m}{\Sigma S (1 - \rho_m)} \quad (4)$$

Obě strany rovnice (4) lze dělit horizontální exteriérovou osvětleností E_H [lx] a násobit 100 %. Získá se tak Arndtův vztah mezi průměrnou hodnotou vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti D_{im} [%] a činitelem denní osvětlenosti roviny zasklení okna D_w [%].

$$D_{im} = \frac{D_w \tau_{s,dif} W \rho_m}{\Sigma S (1 - \rho_m)} \quad (5)$$

Činitel difúzního prostupu světla lze v souladu s ČSN 730580-1 uvažovat jako

$$\tau_{s,dif} = 0,9 \tau_s \quad (6)$$



svým úhlem zastínění. Úhel zastínění Z [°] je definován jako odklon spojnice středu osvětlovacího otvoru s vrcholem stínící překážky od vodorovné roviny. Závislost činitele denní osvětlenosti D_w [%] vertikální roviny (při svisle zaskleném osvětlovacím otvoru) na úhlu zastínění je vyznačena v tabulce 6 převzaté z literatury / 2 /

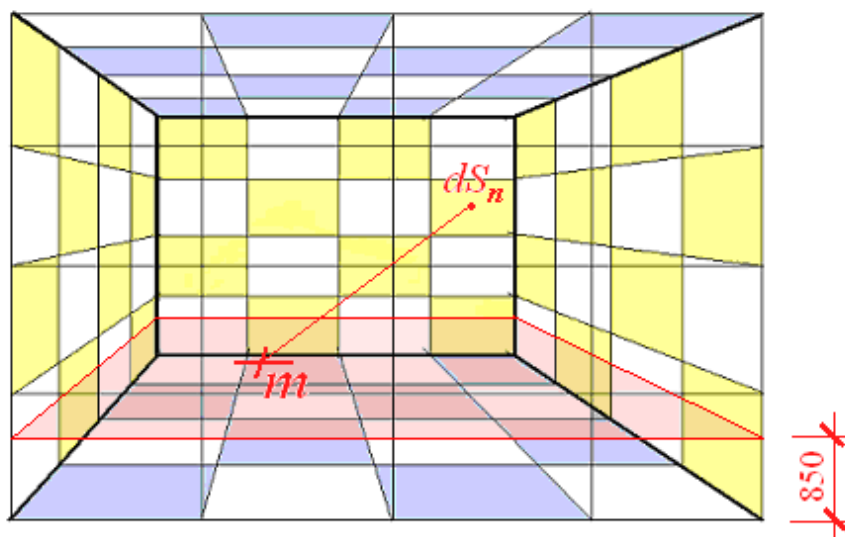
Tabulka 6: Hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w [%] svislé roviny v exteriéru v závislosti na úhlu zastínění Z [°] při činiteli jasu překážky i terénu $k = 0,1$

Z [°]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
D_w [%]	44	40	36	30	25	19	15	12	10

Při složitějších poměrech stínění je možno hodnotu činitele denní osvětlenosti D_w [%] svislé roviny zasklení stanovit pomocí Waldramova diagramu upraveného pro osvětlení svislé roviny v exteriéru / 1 /.

Při použití Arndtova vztahu je třeba mít na paměti, že vypočtená průměrná hodnota vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti D_{im} (%) se týká všech povrchů v místnosti tj. podlahy, stěn a stropu. Jaká bude průměrná hodnota této veličiny na pracovní rovině nebo dokonce její hodnota v konkrétním místě, to lze na základě vypočtené hodnoty D_{im} (%) jen odhadovat. I takový odhad může někdy upozornit na závažnou chybu ve výsledku automatických výpočtů.

Automatickým výpočtem na PC byla na vybraných vnitřních prostorech provedena kontrola platnosti Arndtova vztahu. K výpočtu hodnot vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti v síti bodů na podlaze, stěnách a stropu místnosti byla použita radiční metoda. Při aplikaci této metody se ohraničující plochy prostoru rozdělí na velký počet dílčích ploch. Jas každé dílčí plochy závisí na jejím činiteli odrazu, na osvětlení plochy světlem z okna a na osvětlení světlem odraženým od ostatních dílčích ploch. Úvaha vede k řešení n rovnic o n neznámých, kde n je právě počet dílčích ploch. Čím podrobnější dělení stěn, podlahy a stropu na dílčí plochy se použije, tím je výpočet složitější. Dostatečnou přesnost zpravidla poskytne dělení na řádově $n =$ stovky až tisíce dílčích ploch. Řešení tak obrovské soustavy rovnic se provede pomocí PC. Je-li znám jas všech dílčích ploch, pak je možno stanovit hodnoty vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti nejen na jednotlivých dílčích plochách, ale i na pracovní rovině (viz obrázek).



Výsledky výpočtu ukázaly naprostou shodu mezi průměrnou hodnotou D_{im} (%) stanovenou na PC a hodnotou stanovenou Arndtovým vztahem za předpokladu neuvažování směrové propustnosti zasklení okna. Vztah (6) totiž způsobuje jistou nepřesnost výpočtu podle vztahu (5). Namísto použití vztahu (6) by proto bylo vhodné uvažovat vztah

$$\tau_{s,dif} = k \tau_s \quad (7)$$

kde k nabývá u běžných místností hodnot 0,75 až 0,9 v závislosti na velikosti místnosti a okna.

Použitá literatura

/ 1 / Fehér, J. Činitel dennej osvetlenosti v zložitých pomeroch vonkajšieho zatienu, Tepelná ochrana budov 4/1999

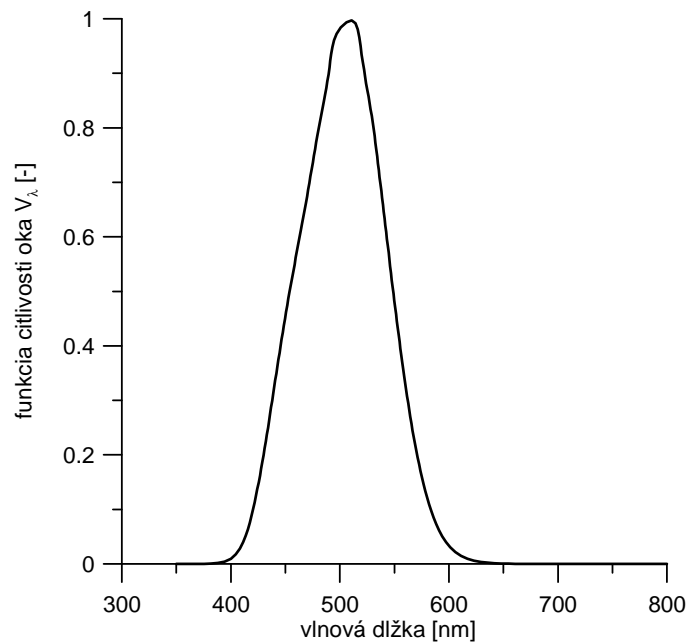
/ 2 / Halahyja a kol. Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie, ALFA Bratislava 1985

Spektrálne vlastnosti rušivého svetla

Miroslav, Kocifaj, PhD.

Astronomický ústav Slovenskej Akadémie Vied, Dúbravská cesta 9, 845 04 Bratislava, Slovensko,
<http://astro.savba.sk/kocifaj>, kocifaj@savba.sk

Difúzne svetlo nočnej oblohy má svoj pôvod v pozemných zdrojoch svetla a vo fyzikálnom jave nazývanom rozptyl. Časť svetla emitovaného pozemnými zdrojmi do horného polpriestoru nenávratne uniká do kozmického priestoru a môže byť pozorovaná sondami pohybujúcimi sa na obežných dráhach Zeme (Isobe a Hamamura 2000, Cinzano a kol. 2001). Zvyšná časť svetla podlieha procesom rozptylu, ktoré prebiehajú v každom elementárnom objeme atmosféry. Čím väčšia je hustota resp. zákal atmosféry, tým intenzívnejší je aj rozptyl. Na druhej strane však s nárastom zákalu narastá aj oslabenie intenzity lúčov prenikajúcich atmosférou, a tak existuje akýsi „píkový“ režim, pri ktorom je difúzne svetlo oblohy najintenzívnejšie. Bežný pozorovateľ vníma celkový účinok difúzneho svetla receptormi so spektrálnou citlivosťou prezentovanou na Obr. 1.



Obrázok 1: Funkcia skotopického videnia.

Na rozdiel vizuálnych pozorovaní sa typické astronomické merania realizujú pomocou špeciálnych prístrojov a to len v istej časti spektra (používajú sa k tomu buď úzkopásmové interferenčné filtre, spektrometre a pod.). Merania na diskretných vlnových dĺžkach sú pre astronómov veľmi dôležité, nakoľko poskytujú dodatočné informácie o pozorovanom objekte. Napr. pozorovania vzdialených hviezd v rôznych oblastiach spektra umožňujú študovať tak spektrálne charakteristiky samotnej hviezdy ako aj medzihviezdneho prostredia na dráhe medzi Zemou a danou hviezdou (Zubko a kol. 1998). Ide o takzvané extinkčné krivky, z ktorých je možné určiť rozmery a optické vlastnosti medzihviezdneho prachu (Mezger a kol. 1982, Fitzpatrick a Massa 1986). Spektrálne vlastnosti difúzneho svetla nočnej oblohy sa značne odlišujú a tak modelovanie rozloženia spektrálnej žiary oblohy sa stáva dôležitým, ak nie jediným možným nástrojom pre určenie „svetelného šumu“ v danej časti spektra.

Za účelom vyhodnotenia spektrálnych efektov sme vykonali niekoľko numerických experimentov založených na teórii publikovanej vo vedeckom časopise Applied Optics (Kocifaj 2007, 2008) a neskôr aplikovanej v astronomických simuláciách publikovaných v časopise Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (Kocifaj 2010). Táto teória zohľadňuje niekoľko dôležitých faktorov: 1) variabilitu plošného rozloženia svetelných zdrojov, t.j. pre každý plošný element - pixel (napr. ulicu, štvrt, alebo akúkoľvek časť mesta) možno definovať funkciu vyžarovania s jej vlastnou spektrálnou charakteristikou ako aj uhlovou redistribúciou emitovaného žiarenia, 2) poloha a pôdorys jednotlivých mestských zón je voľne konfigurovateľná, 3) atmosférické prostredie je modelovateľné čo sa týka zákalu, spektrálnych charakteristík oslabenia a rozptylu žiarenia, koncentrácie aerosólu, výšky a odrazivosti oblakov, a 4) „signál“ prijímaný v hypotetickom mieste pozorovania možno vyhodnocovať pre ľubovoľne široké spektrálne pásmo, alebo pre jednotlivé vlnové dĺžky, čo umožňuje simulovať detektor s akýmkoľvek filtrom. Jeden z predkonfigurovaných filtrov zahrňuje funkciu citlivosti oka v režime nočného videnia.

Normalizovaná funkcia rozptylu $f(\vartheta)$ v molekulárno-aerosólovej atmosfére má tvar

$$f(\vartheta, h) = \frac{1}{\tau(h)} \left[\frac{p_m(\vartheta)}{4\pi} \tau_m(h) + \frac{p_a(\vartheta)}{4\pi} \tau_a(h) \right], \quad (1)$$

kde ϑ je uhol rozptylu (t.j. uhol medzi smermi, ktorými sa šíri lúč svetla pred a po rozptyle), $p_m(\vartheta)$ a $p_a(\vartheta)$ sú molekulárna a aerosólová fázová funkcia rozptylu (Kocifaj 2009), a napokon $\tau_m(h)$ a $\tau_a(h)$ sú optické hrúbky molekulárnej a aerosólovej atmosféry, ktoré sa menia s nadmorskou výškou h . Celková optická hrúbka atmosféry je tak jednoduchým súčtom oboch zložiek, teda $\tau(h) = \tau_m(h) + \tau_a(h)$. Ak predpokladáme, že koncentrácia aerosólových častíc ako aj hustota molekulárnej atmosféry klesajú exponenciálne s výškou, potom platí $\tau_m(h) = \tau_{m,0} \exp(-h/h_m)$ a súčasne pre aerosóly $\tau_a(h) = \tau_{a,0} \exp(-h/h_a)$. V uvedených reláciách sú $\tau_{m,0}$ a $\tau_{a,0}$ optické hrúbky molekulárnej a aerosólovej atmosféry na povrchu Zeme a $h_m = 8$ km, $h_a = 1.7$ km sú takzvané výšky homogénnych atmosfér. Ich zmysel je zřejmý z nasledovného: ak by bola atmosféra homogénna, teda jej hustota by neklesala exponenciálne s výškou, bola by jej celková hrúbka 8 km v prípade molekúl vzduchu, resp 1.7 km v prípade aerosólovej zložky. Normovaná funkcia rozptylu pre molekulárnu atmosféru má tvar

$$p_m(\vartheta) = \frac{3}{4} (1 + \cos^2 \vartheta), \quad (2)$$

zatiaľčo pre aerosólový rozptyl používame o niečo zložitejší Henyey-Greensteinov model (Horvath a kol. 2006)

$$p_a(\vartheta) = \frac{(1 - g^2)}{(1 + g^2 - 2g \cos \vartheta)^{3/2}}. \quad (3)$$

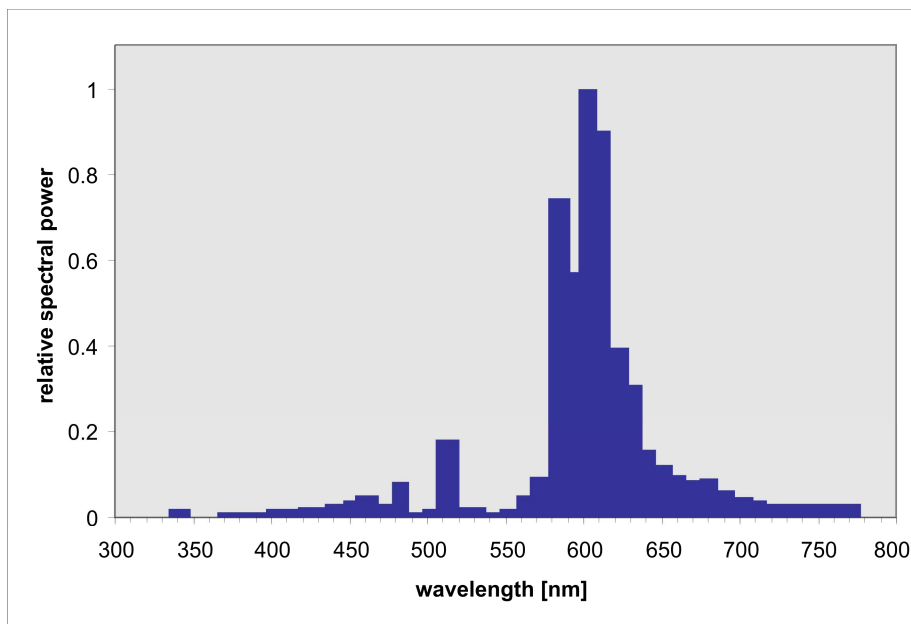
Parameter asymetrie g umožňuje adaptovať uhlovú charakteristiku rozptylu na aktuálne atmosferické pomery. Detailné výpočty pre $g = 0.672$ (na vlnovej dĺžke 445 nm) a $g = 0.635$ (na vlnovej dĺžke 551 nm) sú sumarizované v tabuľke 1.

ϑ [°]	p_m	$p_a(445nm)$	$p_a(551nm)$	ϑ [°]	p_m	$p_a(445nm)$	$p_a(551nm)$
0	1.500	15.541	12.272	95	0.756	0.279	0.320
10	1.477	11.975	10.019	100	0.773	0.251	0.288
20	1.412	6.694	6.209	110	0.838	0.208	0.240
30	1.312	3.555	3.571	120	0.938	0.177	0.205
40	1.190	2.000	2.114	130	1.060	0.156	0.180
50	1.060	1.217	1.327	140	1.190	0.140	0.163
60	0.938	0.797	0.886	150	1.312	0.130	0.151
70	0.838	0.555	0.626	160	1.412	0.123	0.143
80	0.773	0.408	0.464	170	1.477	0.119	0.138
90	0.750	0.314	0.359	180	1.500	0.117	0.137

Tabuľka 1: Normované funkcie pre molekulárny rozptyl p_m a pre aerosólový rozptyl $p_a(445nm)$ a $p_a(551nm)$.

Numerický experiment pre 2 vybrané observatóriá

Observatóriá v Starej Lesnej a na Vartovke predstavujú dve odlišné lokality hlavne čo sa týka rozloženia okolitých zdrojov svetla. V prvom prípade neexistuje dominantný svetelný zdroj a difúzne svetlo pochádza z dvoch vzdialenejších miest (Kežmarok a Poprad). V druhom prípade je pozorovateľ situovaný na periférii mesta Banská Bystrica, takže sa dá očakávať, že uhlové rozloženie jasů alebo spektrálnej žiary budú reflektovať tieto rozdielne teritoriálne pomery. Pre jednoduchosť sme predpokladali, že vo všetkých mestách boli osadené rovnaké svietidlá typu NAV-4Y. Relatívne rozdelenie energie v spektre týchto lúčů je dokumentované na Obr. 2.



Obrázok 2: Relatívne rozdelenie energie v spektre lampy typu NAV-4Y.

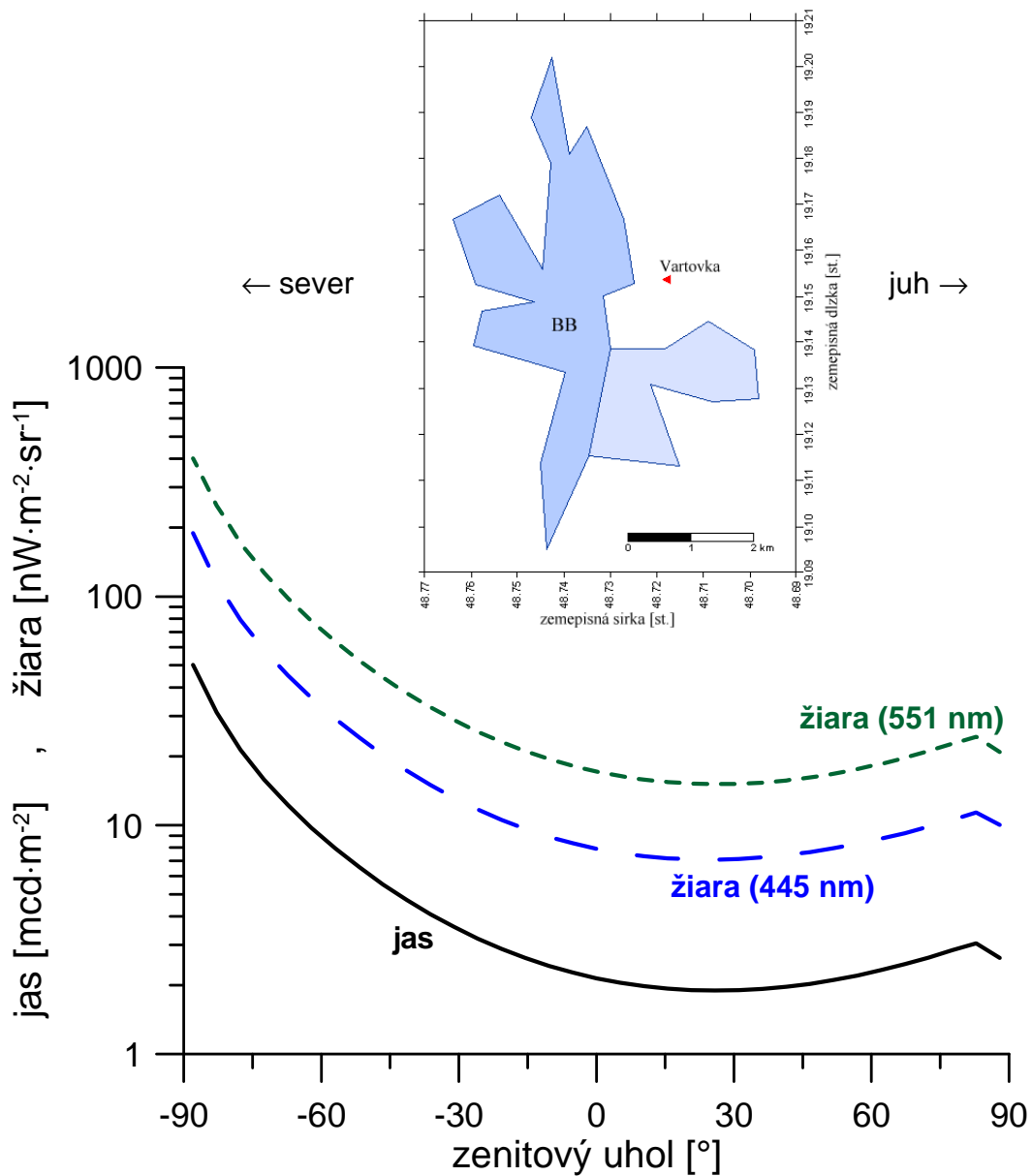
Výsledky výpočtov sú zhrnuté v Obr. 3 a 4. Zmeny jasů a žiary sú vyhodnocované pozdĺž severo-južného meridiánu, t.j. pozdĺž rezu oblohou, ktorý začína na severnej strane (zenitný uhol je formálne zobrazovaný so záporným znamienkom), prechádza cez zenit a končí na južnej strane meridiánu (zenitný uhol s kladným znamienkom). Zákal atmosféry definovaný ako $(\tau_m + \tau_a) / \tau_m$ bol zhruba na úrovni 4 - 4.5. Tento pomer určuje koľkokrát je optická hrúbka reálnej atmosféry väčšia ako optická hrúbka absolútne čistej molekulárnej atmosféry.

Ako dokumentujú obrázky 3 a 4, spektrálne ako aj integrálne (vizuálne) charakteristiky majú podobný priebeh, a rovnaký trend nárastu jasů smerom k horizontu na strane zdrojů svetla. Zvýšené hodnoty žiary v zelenej časti spektra (na nominálnej vlnovej dĺžke 551 nm) zodpovedajú charakteru svietidiel ako aj miere rozptylu a oslabenia elektromagnetického žiarenia v zakalenej atmosfére. Vzhľadom k blízkemu umiestneniu observatória Vartovka a mesta Banská Bystrica je mierny nárast jasů pozorovaný aj na náprotivnej strane meridiánu (teda v blízkosti južného horizontu). Je to z dôvodu nárastu optickej vzduchovej hmoty, teda optickej dráhy lúčů, ktorá pochopiteľne narastá tým viac, čím menší je elevačný uhol (t.j. uhol nad horizontom). Lúčů emitované do malých elevačných uhlov sa totiž šíria prevažne v nízkej atmosfére, kde je koncentrácia aerosólu vysoká a teda aj účinok rozptylu markantnejší. Tento efekt je ešte výraznejší v prípade Starej Lesnej, ktorej vzdialenosť od Kežmarku a Popradu je podstatne väčšia ako vzdialenosť medzi Vartovkou a Banskou Bystricou a preto optická dráha lúčů šíriacich sa na nízkych elevačných uhloch je ešte väčšia. V prípade oboch observatórií je minimum jasů/žiary pozorované nie v zenite, ale asi 30° od zenitu smerom od zdrojů svetla. Tento efekt je známy aj pre dennú oblohu a súvisí predovšetkým s chovaním funkcie $f(\vartheta)$ uvedenej ako vzťah (1). Keďže minimum funkcie $f(\vartheta)$ sa typicky objavuje na uhloch 110-130°, je umiestnenie minima 30° od zenitu celkom logické. Ak totiž uvažíme, že pozemný zdroj svetla je 90° od zenitu, tak pridaním 30° na opačnú stranu sa dostávame na hodnotu uhla rozptylu 120°.

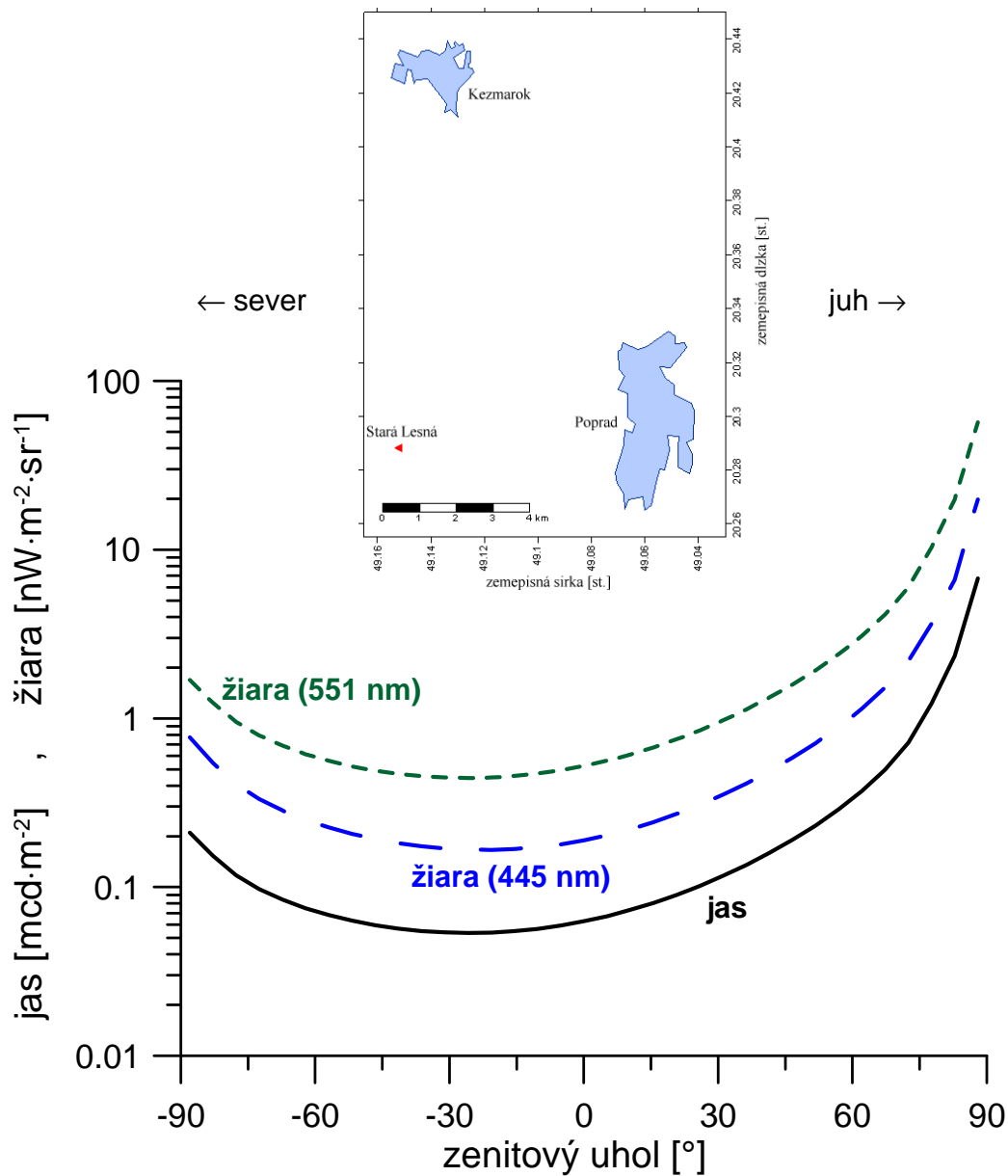
Rozloženie jasů a spektrálnej žiary v iných častiach oblohy je samozrejme zložitejšie, vzhľadom k zložitejšej geometrii riešeného problému.

Záver

Teoretický model bol v minulosti verifikovaný na veľkom súbore numerických experimentov. Funkčnosť a presnosť tohoto modelu umožňuje riešiť konkrétne problémy v súvislosti s úrovňou rušivého svetla v akejkoľvek lokalite. Podmienkou sú známe vlastnosti pozemných zdrojov svetla a známy fyzikálny stav atmosféry. Numerický výpočet trvá zhruba minútu na výkonnom PC a preto umožňuje vykonať veľkú sadu testov napr. za účelom odhadu vplyvu svietidiel rôzneho typu na difúzne svetlo oblohy. Vypočítané spektrálne charakteristiky difúzneho svetla umožňujú realizovať korekcie astronomických pozorovaní, ktoré sú takmer vždy ovplyvnené svetlom nočnej oblohy.



Obrázok 3: Modelové rozloženie spektrálnej žiary a jasú pozdĺž meridiánu sever-juh. Výpočet je vykonaný pre observatórium Vartovka, ktoré sa nachádza na perifériu mesta Banská Bystrica. Výpočet zodpovedá strednému zákalu atmosféry na úrovni 4.3.



Obrázok 4: Modelové rozloženie spektrálnej žiary a jasú pozdĺž meridiánu sever-juh. Výpočet je vykonaný pre observatórium v Starej Lesnej obklopené okolitými svetelnými zdrojmi (Kežmarok a Poprad) pri uvažovaní stredného zákalu atmosféry 4.3.

Pod'akovanie: Tento príspevok vznikol za podpory grantového projektu APVV SK-CZ-0014-09.

Literatura a odkazy

- [1] Isobe S., Hamamura S., 2000, *Astrophys. Space Sci.* 273, 289-294.
- [2] Cinzano P., Falchi F., Elvidge, Ch. D., 2001, *Earth, Moon and Planets* 85/86, 517-522.
- [3] Zubko V. G., Krelowski J., Wegner W., 1998, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 294, 548-556.
- [4] Mezger P. G., Mathis J. S., Panagia N., 1982, *Astron. Astrophys.* 105, 372-388.
- [5] Fitzpatrick E. L., Massa D., 1986, *Astrophys. J.* 307, 286-294.
- [6] Kocifaj M., 2007, *Appl. Opt.* 46, 3013-3022.
- [7] Kocifaj M., 2008, *Appl. Opt.* 47, 792-798.
- [8] Kocifaj M., 2009, *Solar Energy* 83, 1914-1922.
- [9] Kocifaj M., 2010, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 403, 2105-2110.
- [10] Horvath H., Kasahara M., Tohno S., Kocifaj M., 2006, *J. Aerosol Sci.* 37, 1287-1302.

Světlo v architektuře na téma měřítko a proporce – Cheopsova pyramida nad Ostravou

David Kotek, Ing. arch.

PROJEKTSTUDIO EU CZ, s. r.o., www.projektstudio.cz, kotek@projektstudio.cz

CHEOPSOVA PYRAMIDA NAD OSTRAVOU

Pro pochopení a názornou ukázkou měřítka a proporcí se David Kotek z ostravské architektonické kanceláře PROJEKTSTUDIO rozhodl vztyčit nad Ostravou model Cheopsovy pyramidy v měřítku 1:1 pomocí světelných paprsků v kontextu městské blokové struktury a ve vztahu k lidskému měřítku.

Cheopsova pyramida je jehlan o čtvercové základně, délka jedné její strany je 230 metrů a vysoká je 147 metrů. V rámci akce Cheopsova pyramida nad Ostravou byla nasvícena pomocí speciálních halogenových reflektorů, které zajistila firma THORN Lightning CS. Paprsky svítily denně současně s veřejným osvětlením vždy od 21:00 – 24:00 hod. Pyramida se na měsíc stala měřítkem současného evropského města – Ostravy. Stavba, která je vždy viděna a chápána jako solitér, tak byla konfrontována s každodenním životem obyvatel Ostravy a vnímáním měřítka a proporcí kolem nás.

Pyramida byla vztyčena pomocí světelných paprsků, které opisovaly její hrany. Reflektory byly ukotveny ve čtyřech bodech symbolizujících paty jehlanu pyramidy. Jednotlivá nároží pyramidy symbolicky ztvárnila soustavy gabionových košů poskládaných na sebe, v měřítku skutečných kvádrů pyramidy, tedy kvádry o přibližné délce jeden krát jeden metr. Jeden z košů v každém nároží byl vyskládan materiálem používaným na stavbu pyramid – vápencem. I v tomto ohledu šlo o přímou inspiraci Cheopsovou pyramidou v Egyptě. Použitím recyklovaných materiálů získal celý projekt ekologický rozměr.

Celý projekt trval po dobu jednoho měsíce (27. 8. - 25. 9. 2010) v centru Ostravy v okolí Masarykova náměstí (Jiráskovo náměstí, ul. 28. října – u VZP a u restaurace MC Donald, výstaviště Černá louka).

Akce byla podpořena nejrůznějšími aktivitami pro rozmanité cílové skupiny, včetně zapojení do programu spojeného s kandidaturou města Ostrava - Evropské hlavní město kultury 2015. Během akce probíhala řada přednášek o architektuře, o starověkém Egyptě, o stavbě pyramid atd.

Akcí podpořilo Ministerstvo kultury ČR, Egyptské velvyslanectví v Praze, Egyptologický ústav v Praze, Statutární město Ostrava i městský obvod Moravská Ostrava a Přívoz.

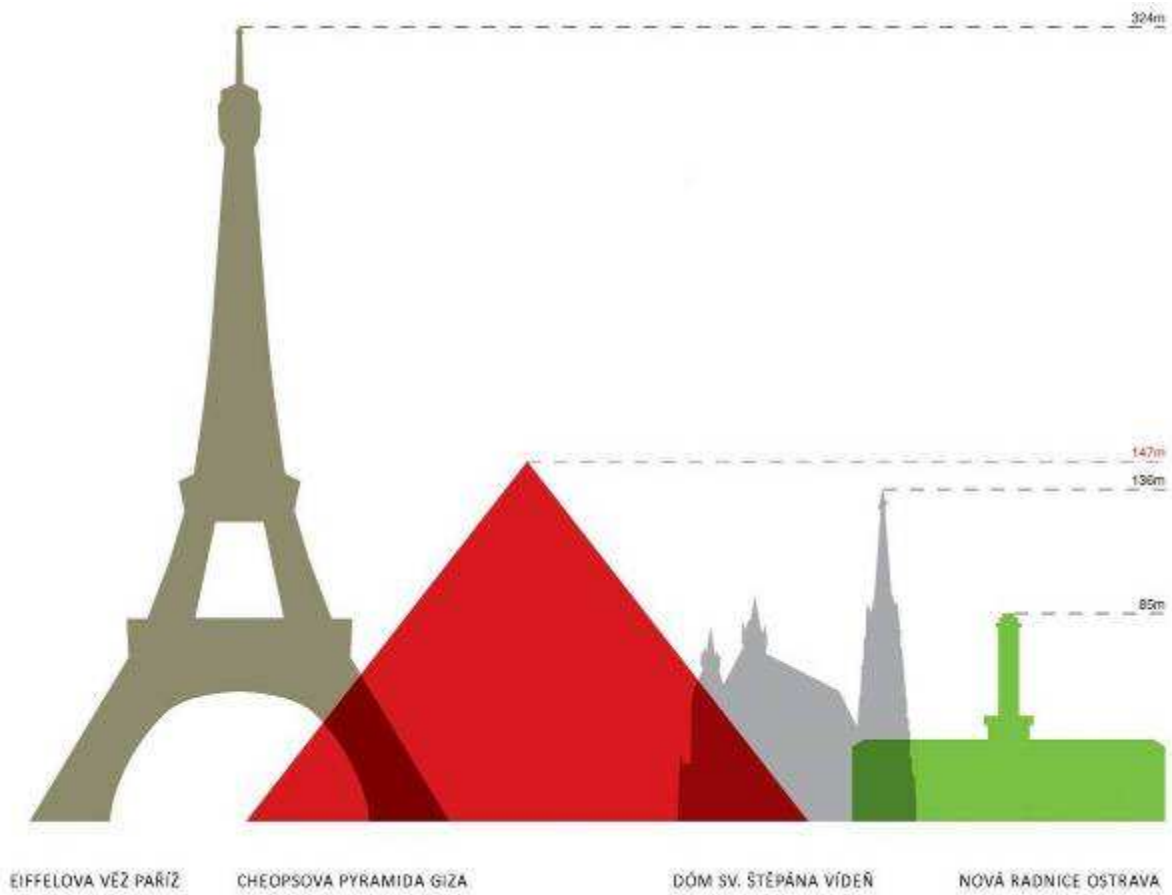
Cheopsova pyramida nad Ostravou už obrazně řečeno překročila hranice České republiky. Organizátoři mimo jiné obdrželi nabídku polského města Wroclaw, aby svůj projekt prezentovali také v tomto městě.



obrázek 6 – Pyramida nad Ostravou – pohled od Nové radnice v Ostravě (Foto, archiv autora)



obrázek 2 – Pyramida nad Ostravou – pohled ze střechy objektu Orchard (Foto, archiv autora)



obrázek 2 – Porovnání pyramidy s jinými stavbami světa (ilustrační obr., archiv autora)

Světlo v architektuře

PŘÍKLADY REALIZOVANÝCH STAVEB

ESTETIZACE PŘEDNÁDRAŽNÍHO PROSTORU V OSTRAVĚ - PŘÍVOZE



obrázek 3 – Fasáda administrativního objektu ČD v Ostravě - denní pohled (vizualizace, archiv autora)



obrázek 4 – Fasáda administrativního objektu ČD v Ostravě - noční pohled (vizualizace, archiv autora)



obrázek 5 – Výpravní budova Hl.n. Ostrava – 24.hodinová fasáda - denní pohled (Foto, archiv autora)



obrázek 6 - Výpravní budova Hl.n. Ostrava – 24.hodinová fasáda - noční pohled (Foto, archiv autora)

POLYFUNKČNÍ OBJEKT OXOXO



obrázek 7 – Polyfunkční objekt Oxoxo – návrh světelné fasády - noční pohled (Vizualizace, archiv autora)

POLYFUNKČNÍ CENTRUM TOWERS



obrázek 8 – Polyfunkční objekty Towers – proměnné světelné fasády - noční pohled (Vizualizace, archiv autora)

Difúzory svetlovodov a skúmanie ich smerových charakteristík

KRASŇAN, Marek, Ing. – SMOLA, Alfonz, Prof. Ing. PhD.

marek.krasnan@stuba.sk, alfonz.smola@stuba.sk

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Abstrakt

Prestup svetla cez svetlovody a ich skúmanie a modelovanie je potrebné zabezpečiť pri rovnakých podmienkach, akým sú vystavené v praxi. S uvažovaním vzdialenosti Slnka od Zeme a ich rozmerov sa zväzok dopadajúcich lúčov na Zem dá považovať za kolimovaný, t.j. rovnobežný. Prestup svetelného lúča cez difúzor svetlovodu je závislý od uhla dopadu lúča na povrch vzorky, od štruktúry materiálu vzorky a od jej hrúbky. Pre číre sklo platí, že pri kolmom dopade lúča na povrch prejde cez materiál bez zmeny. Pri dopade lúča pod určitým uhlom vzniká v skle lom svetla, pričom na výstupe z materiálu bude lúč rovnobežný s dopadajúcim lúčom. Ak sa jedná o vzorované sklo, je výstupný uhol lúča závislý od vnútornej štruktúry materiálu. Tento príspevok sa zaoberá skúmaním prechodu svetelných lúčov cez difúzor a stanovením podmienok pri meraní prestupu svetla.

Vertikálne tubusové svetlovody

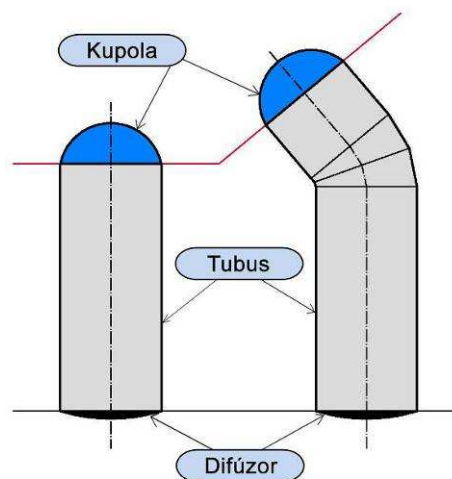
Tubusové svetlovody sú zariadenia, pomocou ktorých sa dá slnečné žiarenie transportovať do takých priestorov, kde ho inak nevieme priviesť [1], [2]. Takýmito priestormi bývajú najčastejšie toalety, kúpeľne, chodby, umyvárky, ale aj bezokenné kancelárie, či pracovne, v ktorým musíme svietiť umelými svetelnými zdrojmi aj počas dňa. Zo zdravotného a hygienického hľadiska duté svetlovody prinášajú zlepšenie zrakovej pohody ľudí v budovách.

Svetlovody patria k pasívnym osvetľovacím systémom, teda umožňujú prístup slnečného žiarenia do budovy bez ďalších technických zariadení. Výhodou svetlovodov je, že transportujú difúzne oblohové svetlo, aj priame slnečné lúče.

Bežne sa svetlovody používajú na rovné, ploché strechy - priamy svetlovod (Obr. 1 vľavo), ale bez problémov možné použiť aj na šikmé strechy - svetlovod so zalomením (1 vpravo). V tomto prípade je potrebné uvažovať so zvýšenými stratami vznikajúcimi v zalomení svetlovodu.

Jedným z hlavných komponentov svetlovodu je kupola, ktorá plní funkciu zberu svetla z oblohy. Vyrába sa najčastejšie z plastu PMMA alebo zo skla (činiteľ prestupu svetla – $\tau = 0,90 - 0,93$). Ďalším dôležitým komponentom systému je tubus, ktorý transportuje svetlo aj na väčšie vzdialenosti. To sa deje na princípe mnohonásobných odrazov lúčov od stien tubusu. Preto veľmi dôležitá vlastnosť tubusov je ich materiál s vysokým činiteľom odrazu ρ vnútorného povrchu – v súčasnosti sa dosahujú hodnoty až $\rho = 99\%$. Tretím komponentom systému je difúzor, ktorého úlohou je transportované svetlo rozptyľovať do priestoru miestnosti. Najčastejšie sa vyrábajú zo skla, alebo z plastu PMMA s čírou, matovanou, alebo vzorovanou úpravou povrchu. Difúzory môžu prepúšťať 30 - 80% dopadajúceho svetla v závislosti od druhu a zafarbenia materiálu a tiež od ich štruktúry.

V posledných rokoch vznikajú výskumy, ako analyticky modelovať prestup svetelných lúčov cez tubus svetlovodu [3] so zohľadnením a stanovením parametrov pred vstupom do svetlovodu a tiež parametrov



Obr.1. Tubusový svetlovod a jeho časti priamy (vľavo), so zalomením (vpravo)

ich je (Obr.

jednotlivých komponentov (kupola, tubus, difúzor). Prestup denného svetla cez číre sklo [4] a Lambertovsky difúzne sklo [5] je veľmi rozdielny, preto je potrebné túto skutočnosť ďalej skúmať.

Blížšia charakteristika difúzorov

Hlavná charakteristika difúzora je jeho *difúznosť*. Je to schopnosť čo najviac rozptyľovať dopadajúce svetlo do priestoru v miestnosti. Väčšina difúzorov je osadená drsnou stranou do miestnosti, kedy je difúzna schopnosť krytu oveľa vyššia.

Ďalšia úloha difúzora je dizajnovo zosúladiť s interiérom, preto existuje na trhu viac rôznych tvarov krytov ako aj ich farieb. Najčastejšie je to kruhový kryt v bielom alebo farebnom prevedení. Existujú aj riešenia pre tzv. kazetové stropy, kde difúzor má tvar štvorca, prípadne iný potrebný tvar.

Unikátnosť jednotlivých druhov difúzorov spočíva v štruktúre daného materiálu. Najčastejšie bývajú zo vzorovaného plastu PMMA, najnovšie z číreho alebo vzorovaného skla. Difúzory prepúšťajú 30 - 80 % dopadajúceho svetla v závislosti od druhu a zafarbenia materiálu a tiež od ich štruktúry.

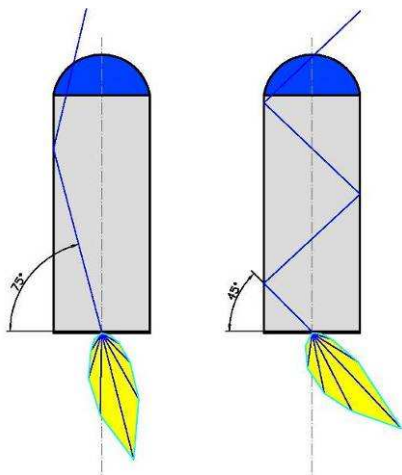
Metóda merania smerových charakteristík difúzorov

Povrch difúzora nie je homogénny a teda svetlo ním prechádzajúce nie je rovnomerné. Preto je potrebné kvantifikovať veľkosť a smer prechádzajúcich svetelných lúčov difúzorom. Je takisto potrebné stanoviť podmienky, podľa ktorých je možné určiť a charakterizovať rozptyľ svetelných lúčov na povrchu difúzora. Vhodnou metódou na zisťovanie a porovnávanie difúznosti rôznych vzoriek difúzorov je meranie smerového prestupu svetla difúzorom zisťovaním kriviek svietivosti v rôznych uhloch dopadu lúča.

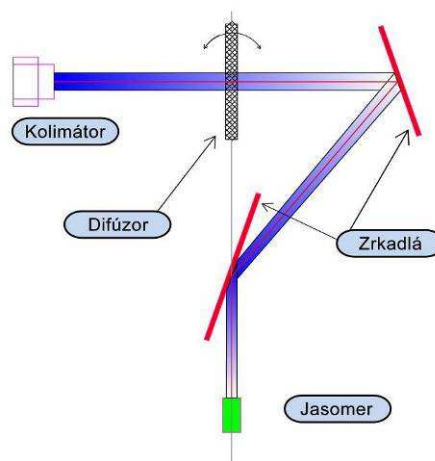
Je to meranie, ktorého úlohou je zistiť svietivosti v daných smeroch v priestore, avšak v tomto prípade je zbytočné uvažovať o absolútnych hodnotách, pretože tie sa počas dňa neustále menia vzhľadom na klimatické podmienky. Hodnoverný výsledok pre porovnávanie vlastností difúzorov nám poskytne samotný tvar krivky svietivosti (Obr. 2).

Meranie sa vykonalo na zrkadlovom goniofotometri, ako snímač bol použitý jasomer. Difúzor bol upevnený na konštrukcii, otáčajúci sa okolo horizontálnej osi s krokom 10° (Obr. 3). Týmto otáčaním môžeme simulovať dopad slnečného lúča z tubusu na difúzor pod konkrétnym uhlom. Hodnoty v jednotlivých rovinách boli odčítavané po 10° .

Počas merania je rovnako dôležité zisťovať a kontrolovať aj ďalšie optické vlastnosti svetlovodných systémov. Základná metodika a postupy pre meranie svetelnotechnických veličín popisuje [6].



Obr.2. Ukážka smerového prestupu svetla difúzorom
dopad lúča pod 75° uhlom (vľavo),
dopad lúča pod 45° uhlom (vpravo)



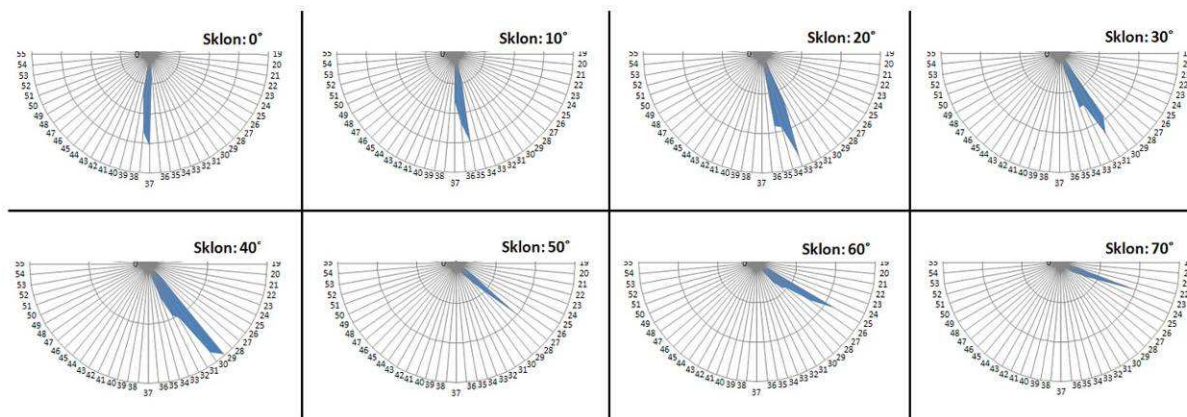
Obr.3. Meracia sústava so zobrazením šírenia lúča



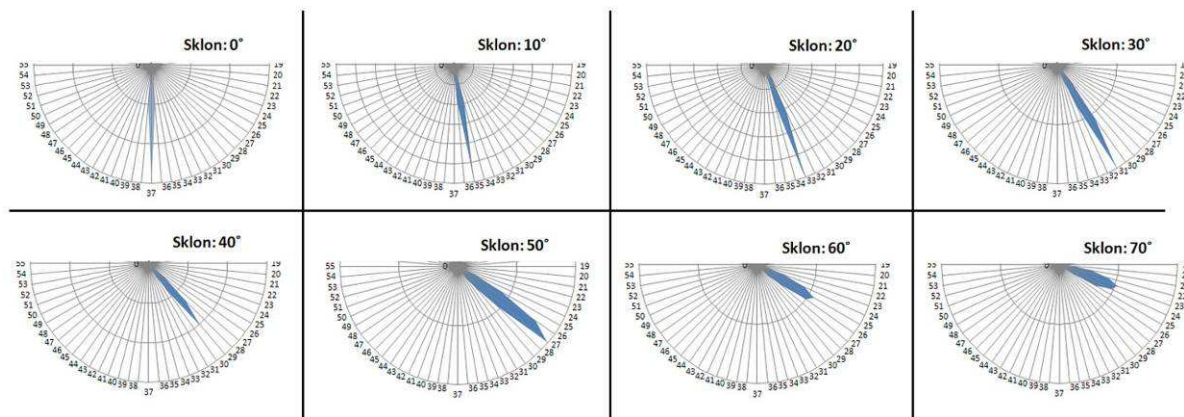
Obr.4. Vzorka A - difúzor s hrubšou štruktúrou (vľavo), Vzorka B - difúzor s jemnejšou štruktúrou povrchu (vpravo)

Merania sa robili na dvoch rôznych vzorkách sklenených difúzorov (Obr. 4). Obidve vzorky majú jednu stranu hladkú a druhú vzorovanú - pri meraní svetlo zo zdroja dopadalo na hladkú stranu. Vzorka A má hrubšiu vnútornú štruktúru, vzorka B jemnejšiu. Z porovnania týchto dvoch difúzorov sa dá predpokladať, že vzorka A bude svetlo rozptyľovať do priestoru difúznejšie, pričom pri vzorke B bude prechádzajúce svetlo menej difúzne.

Natáčaním difúzora okolo horizontálnej osi sa presne napodobňovala situácia, kedy na povrch difúzora dopadajú slnečné lúče po odrazoch v tubuse, pod rôznymi uhlami. Z konštrukčných dôvodov bol interval merania zvolený od normály 0° do 70° . Namerané krivky svetlivosti v polárnych súradniciach sú na (Obr. 5), (Obr. 6).



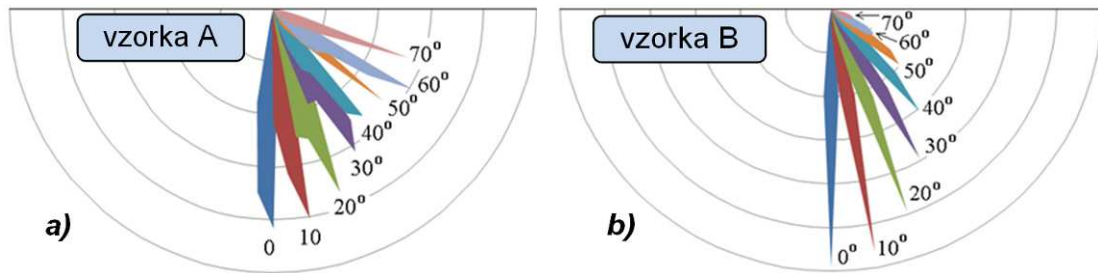
Obr.5. Krivky svetlivosti (VZORKA A) - prestup svetla difúzorom v závislosti od uhla dopadu svetelného lúča na difúzor



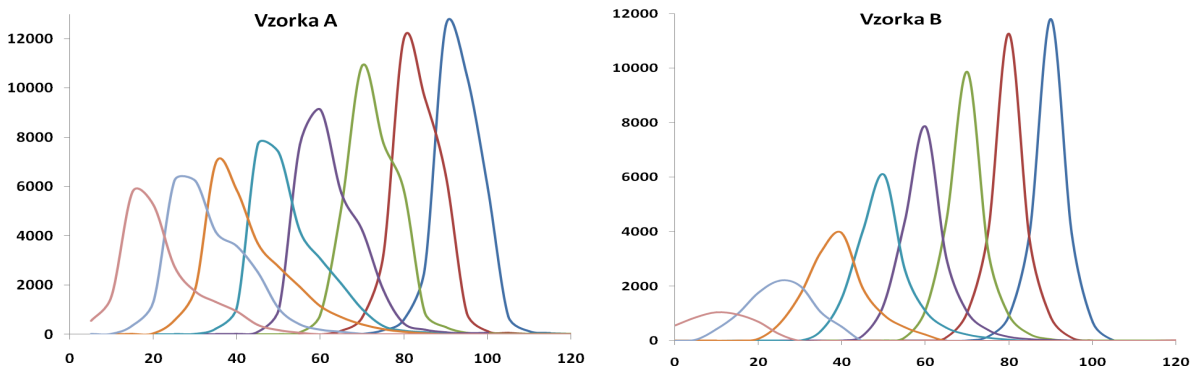
Obr.6. Krivky svetlivosti (VZORKA B) - prestup svetla difúzorom v závislosti od uhla dopadu svetelného lúča na difúzor

Z nameraných výsledkov sa potvrdili predpoklady difúznejšieho rozptylu svetla na vzorke A. Dôvodom je jej hrubšia vnútorná štruktúra materiálu, na ktorej sa svetlo rozptyľuje do priestoru difúznejšie ako pri vzorke s jemnejšou štruktúrou.

Z porovnania výsledkov nameraných kriviek svetivosti oboch difúzorov (Obr. 7 a Obr. 8) je pri vzorke B možné pozorovať len malý rozptyl lúčov na difúzore. Malá difúznosť je pozorovateľná najmä pri väčších uhloch dopadu lúča na vzorku – 40°-70° (Obr. 7b). Naopak, pri vzorke A s hrubšou vnútornou štruktúrou je rozptyl svetelného lúča oveľa väčší, svetlo je difúznejšie. Z Obr. 7a vidno, že útlm svetivosti pri postupných zmenách dopadajúceho uhla nie je taký veľký ako pri Obr. 7b. Z výsledkov je tiež možné pozorovať, že rozpätie jednotlivých kriviek svetivosti je veľmi podobné, ich šírka sa mení len veľmi málo.



Obr.7. Porovnanie kriviek svetivosti so zvyšujúcim sa uhlom dopadu lúčov pre vzorku A a vzorku B



Obr.8. Porovnanie kriviek svetivosti v karteziánskych súradniciach

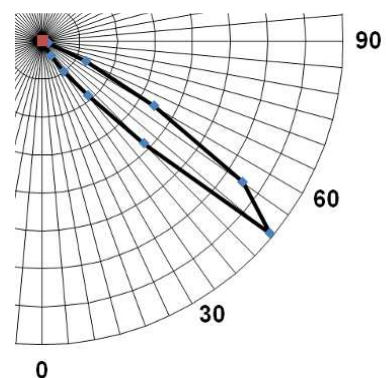
Záver

S príchodom nových výrobných technologických postupov a ďalším výskumom prichádza v súčasnosti rozvoj svetlovodov s vysokolešteným vnútorným povrchom tubusu a možnosťou lepšieho odrazu slnečných lúčov. Tým samozrejme lepšiu účinnosť celého systému.

Výskumy v súčasnosti prebiehajú aj ohľadom prestupu svetla cez difúzory a kvantifikovanie a charakterizovanie rozptylu svetelných lúčov na difúzore. S rozvojom techniky nie je problém v súčasnosti navrhnuť difúzory rôznych tvarov a materiálu. Výskumy sa zameriavajú na zadefinovanie ich smerových charakteristík, ktoré by pomohli širokej verejnosti na jednoduché určovanie a návrh inštalácií s použitím svetlovodov.

Meranie smerového prestupu svetla difúzorom ukázalo štruktúry materiálu na rozdielnu interpretáciu svetelných lúčov. Difúzor s hrubšou vnútornou štruktúrou (vzorka A) má väčší rozptyl lúčov, ako difúzor s jemnejšou štruktúrou vzorkovania (vzorka B).

Ukážka krivky svetivosti difúzora s jemnejšou vnútornou štruktúrou (vzorka B) pri dopade svetelného lúča pod uhlom 50° je detailnejšie zobrazená na Obr. 9.



vplyv

Obr.9. Krivka svetivosti difúzora (vzorka B) pre dopad svetelného lúča pod uhlom 50°

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektu APVV-0264-07.

Literatura a odkazy

- [1] KRASŇAN, F. 2004. *Praktické skúsenosti s hodnotením oslnenia a odvodené metódy UGR*. In: Světlo 2004 = Light 2004: Sborník přednášek 6. mezinárodní konference. Brno, Česká republika 22.-24. June 2004. - Brno : Česká společnost pro osvětlování, 2004. - ISBN 80-238-8928-1. - S. 268-272.
- [2] KITTLER R., KITTLEROVÁ L. 1975. *Návrh a hodnotenie denného osvetlenia*. ALFA Bratislava.
- [3] Kocifaj, M., Darula, S., Kittler, R. HOLIGILM: hollow light guide interior illumination method – an analytic calculation approach for cylindrical light-tubes. *Solar Energy* 82, p. 247–259, 2008.
- [4] Kocifaj, M. Analytical solution for daylight transmission via hollow light pipes with a transparent glazing. *Solar Energy* 83, p. 186-192, 2009.
- [5] Kocifaj, M. Efficient tubular light guide with two-component glazing with Lambertian diffuser and clear glass. *Applied Energy*. 86, p. 1031-1036, 2009.
- [6] Smola, A. and Krasňan, F. Meranie svetelnotechnických veličín. In: *EE časopis pre elektrotechniku a energetiku*. ISSN 1335-2547. Roč. 9, mim. č. (2003), pp. 7-8.

Stav FVE v České republice

Ing. Květoslav Kutal , Ing. Radek Šenkapoul

GBC Montáže s.r.o., www.gbc-montaze.cz, Květoslav.kutal@gbc-montaze.cz

Je několik důvodů, proč EU dává zelenou elektrické energii získané z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Je to především snaha o zlepšování životního prostředí. Důraz je kladen na snižování exhalací plynů z konvenčních zdrojů a snižování produkce skleníkových plynů. Dalším významným důvodem je snaha EU o snížení energetické závislosti na primárních zdrojích. Ve srovnání s poklidnou dobou předchozích třiceti až čtyřiceti let, kdy napříč Evropou proběhla elektrifikace, znamená dnes integrace OZE jednu z největších proměn hlavně pro síťová odvětví (ČEPS, atd.). Směrnice 2009/28/EC ukládá povinnost členským státům naplnit cíle do roku 2020 (20-20-20), což znamená:

- snížení emisí CO₂ o 20%
- snížení energetické náročnosti o 20%
- zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie o 20%

Ideálním stavem integrace OZE do elektrizační soustavy ČR je vyvážení pozitiv a negativ tak, aby míra integrace OZE maximalizovala přínosy a nesnižovala bezpečnost - spolehlivost provozu elektrizační soustavy. Další nutnou podmínkou je maximalizace celospolečenské hodnoty tak, aby přínosy integrace OZE nebyly převážně negativy. Jedná se hlavně o snížení kvality dodávky elektrické energie, nepřiměřené zvyšování podpory OZE a cen přenosových a systémových služeb.

Realizace zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie o 20% se má odehrát ve třech základních oblastech. První je doprava, druhou výroba tepla - chladu a poslední zvýšení podílu OZE v elektroenergetice. Celková výroba energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020 má v ČR dosáhnout hodnoty 13%. Toto číslo je vztaženo k celkové spotřebě energie v cílovém roce. Pro oblast elektroenergetiky to znamená asi 10 TWh produkce elektřiny z OZE v roce 2020. V roce 2009 bylo v ČR vyrobeno asi 4,5 TWh z těchto zdrojů.

Cest k dosažení tohoto cíle v podmínkách České republiky je několik. Pro efektivní a hlavně bezpečné dosažení tohoto cíle existuje, ale pouze jediná. Tou cestou je strategie státu, která stanoví optimální variantu množství jednotlivých kategorií obnovitelných zdrojů. Cílem připravované legislativy v oblasti OZE je navrhnout taková opatření, která by zajišťovala dosažení požadovaného cíle při současném udržení bezpečnosti dodávek energie a nastavení podmínek podpory tak, aby extrémně nezatěžovala konečné zákazníky. Těmi jsou jak domácnosti, tak ostatní spotřebitelé. OZE a jejich nárůst v energetickém mixu celé Evropy přináší nové příležitosti jejího využití. Je to jedna z možných cest pro snížení energetické nezávislosti Evropy, navíc pomocí ekologicky přijatelného řešení. Na druhé straně s sebou přináší také mnohé výzvy, které je potřeba řešit v předstihu a se všemi subjekty zainteresovanými do tohoto procesu. V posledních měsících jsme svědky enormního úsilí investorů realizovat svoje projekty v kategorii fotovoltaických elektráren (FVE). Nastavené legislativní podmínky zajišťují absolutní jistotu návratnosti vynaložených investic asi do šesti let. Tato skutečnost přinesla skokový nárůst žádostí o rezervaci kapacity převážně distribučních sítí (ČEZ, Eon).

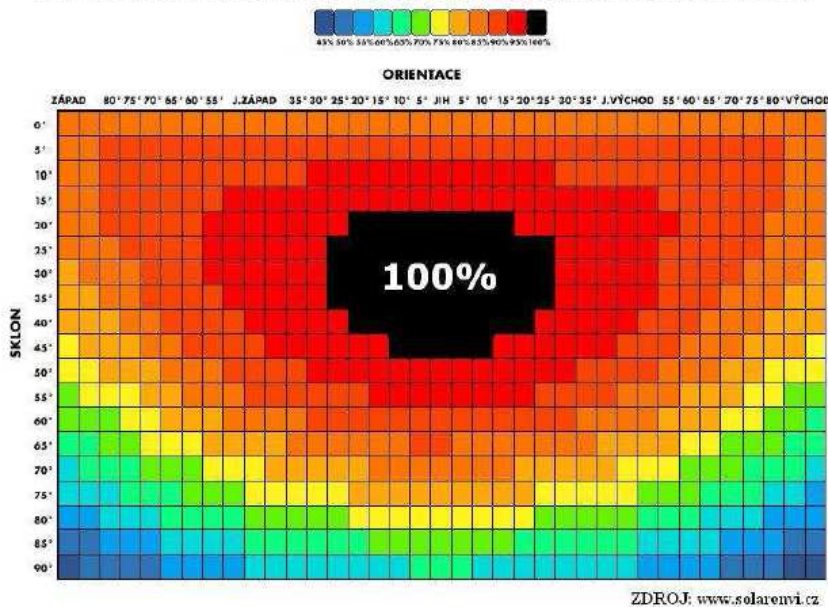
Požadavky EU na výrobu elektrické energie z OZE

Vzrůstající podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů energie se dal předpokládat. Česká republika se k němu zavázala v přístupové smlouvě k Evropské unii s tím, že v roce 2010 bude podíl čisté elektřiny na hrubé spotřebě 8%. V rámci Evropské unie je fotovoltaika vnímána jako nejdůležitější obnovitelný zdroj energie, který by mohl v roce 2020 pokrývat až 50% energie z OZE. Jednoznačným lídrem v tomto oboru je Německo, kde se podpora fotovoltaiky již dvě desetiletí rozvíjí stále rostoucím tempem. I přes mimořádné snížení výkupních cen je očekáván nárůst srovnatelný s loňským rokem, kdy bylo v Německu instalováno přes 3500 MWp fotovoltaických elektráren.

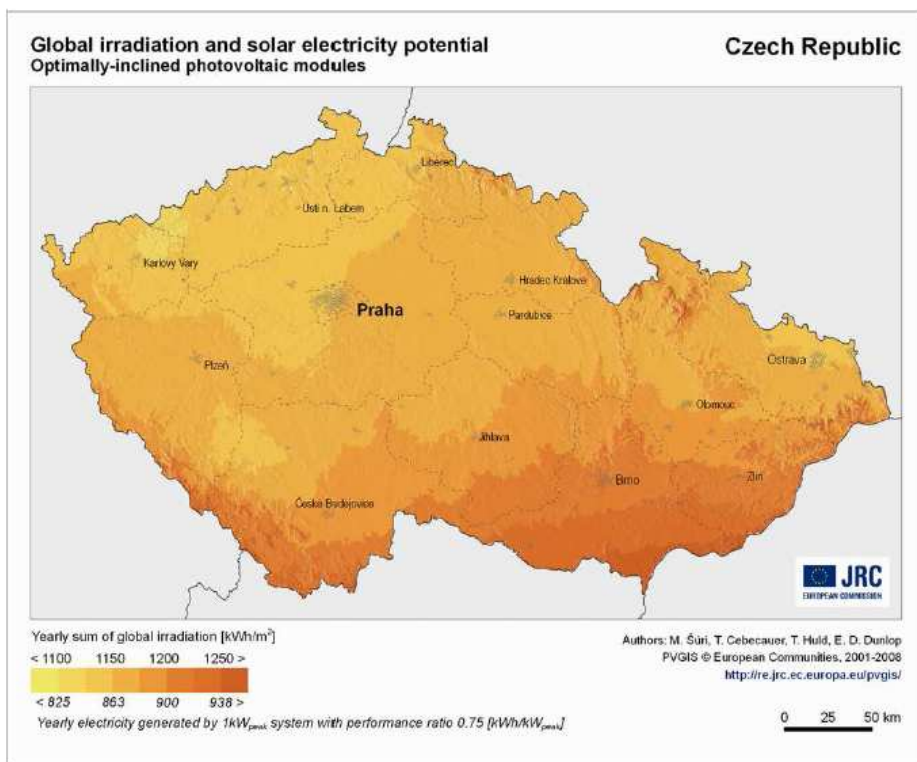
Fotovoltaické elektrárny v České republice – technické parametry

Sklon fotovoltaických panelů bývá nejčastěji 35° až 45° od vodorovné roviny (vliv orientace v iz. obr. 1), orientace pokud možno na jih. Na 1 kWp je třeba asi 8-10 m² plochy, odpovídající produkce energie je asi 1000 kWh/rok. Všeobecně jsou známy mapky (viz obr. 2) intenzity slunečního záření. Nejlépe je na tom jižní Morava, nejhůře severní Čechy.

Vliv orientace a sklonu fotovoltaických panelů na jejich výkon



• obrázek 1



• obrázek 2

Z malých solárních zařízení je v největší oblibě výkon 5 kWp. Zabere 40 až 50 m² plochy a vyprodukuje asi 5 MWh za rok, což je zhruba spotřeba rodinného domu.

U slunečních elektráren v našich podmínkách lze reálně počítat s využitím okolo 11,5%. Pro rychlou orientaci platí: 1 kWp = 1000 kWh/rok s tím, že skutečnost bude spíše vyšší.

Původně se maximální instalovaný výkon slunečních elektráren, výhledově dosažitelný v podmínkách České republiky, odhadoval na 1000 až 1500 MW. Po loňských zkušenostech se teď počítá spíše 2500 MW. Ovšem i tak, s ohledem na nízké využití, by tento výkon nahradil jen asi půlku Pruněřova.

V roce 2009 došlo k vývoji, který sotva někdo předpokládal. Finanční krize, která se projevila obecným poklesem cen, způsobila propad cen panelů (modulů). Kromě toho byly mnohem dříve, než se čekalo, uvedeny do provozu velké výrobní kapacity solárního křemíku v Asii, což srazilo jeho cenu téměř na desetinu a ukončilo období nedostatku. Ceny modulů na světových trzích v důsledku toho klesly téměř na polovinu a investiční náklady celých elektráren o více než 30%. V České republice byl tento trend ještě umocněn posilováním koruny, zároveň byla prodloužena garantovaná doba výkupu z 15 na 20 let, jak je obvyklé ve většině států EU. V České republice byly v roce 2006 nastaveny výkupní ceny na hranici rentability. Zatímco v sousedním Německu se prostá návratnost investic pohybuje mezi 10 a 13 roky při době výkupu 20 let, v České republice byla nastavena na 15 let při době výkupu 15 let. S rozvojem trhu však firmy rychle nabyly zkušenosti a ceny začaly znatelně klesat. Začátkem roku 2008 již byly velké systémy nabízeny za 110 Kč/Wp a na začátku roku 2009 byly za tuto cenu nabízeny i malé systémy na střechy rodinných domů. V současnosti se již nabídky i u malých systémů pohybují pod hranicí 100 Kč/Wp.

Ještě v roce 2008 měly české banky poměrně solidní přehled o připravovaných instalacích FVE. Financovaly téměř všechny větší projekty. V roce 2009 však většina investorů české banky vůbec neoslovila, ty byly požádány o financování výstavby asi 150 MWp FVE. Od toho se odvíjely i odhady instalovaného výkonu, nejvyšší odhady z října 2009 se pohybovaly kolem 260 MWp a vycházely spíše z porovnání trendů v letech 2008 a 2009. Výsledek – instalovaný výkon na konci roku téměř 463 MWp – byl překvapivý i proto, že naprostá většina nových licencí byla udělena v prosinci. Přestože se již dříve objevovaly informace o zahraničním financování některých projektů, celkový rozsah zahraničního financování byl mnohonásobně vyšší než nejdůležitější odhady.

Pro rok 2010 je vzhledem k probíhajícím legislativním změnám jakýkoli odhad zatížen značnou nejistotou. Nejnižší současné odhady počítají s podobným instalovaným výkonem jako v roce 2009. Přitom jen samotný ČEZ oznámil, že do fotovoltaiky investuje 20 miliard Kč, což znamená instalovaný výkon kolem 250 MWp. Nejvyšší odhady se na začátku roku pohybovaly kolem 2000 MWp. Vycházely z předpokladu, že ke snížení výkupních cen na rozdíl od Německa dojde až od 1. ledna 2011. Tyto odhady však nepočítaly se současnými legislativními změnami. V průběhu roku 2010 byla Poslaneckou sněmovnou a Senátem Parlamentu České republiky schválena tzv. „malá“ novela zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie. Zároveň byla vyhláškou č. 81/2010 Sb. novelizována vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojování k elektrizační soustavě.

Fotovoltaika je v rámci OZE nejdynamičtěji se rozvíjející obor. Ceny technologií klesají rychleji než bylo očekáváno. „Malá“ novela se týká výhradně úpravy meziročního snížení výkupní ceny, které bylo podle dosavadní úpravy omezeno na 5% ročně. Nově Energetický regulační úřad (ERÚ) může snížit výkupní ceny elektřiny z FVE o více než dosavadních 5% v případě, že návratnost investic se sníží pod 11 let. K tomu došlo v loňském roce u velkých FVE instalovaných na zemi. U malých systémů na střechách rodinných domů je návratnost delší. Formulace novely však umožňuje snížit výrazněji výkupní cenu i pro tyto instalace. ERÚ již oznámil, že maximálně využije zákonné meze, očekává se proto pokles výkupních cen pro instalace nad 30 kWp až o 40%, pro menší systémy by pokles měl být do 20%. Pokud bude v letošním roce novelizována i vyhláška č. 475/2005 Sb., může být pokles ještě větší. ERÚ již požádal investory a dodavatele o informace o aktuálních investičních a provozních nákladech FVE.



Fotovoltaika je v rámci Evropské unie vnímána jako nejperspektivnější obnovitelný zdroj elektrické energie. Například Německo zvýšilo plánovaný roční přírůstek z 1700 MWp na 3500 MWp. K této změně přispěl zejména pokles investičních nákladů v posledních dvou letech. Všichni výrobci přitom avizují další snižování výrobních nákladů a zvyšování účinnosti komerčně dostupných panelů. V České republice je naproti tomu uplatňován systém „ode zdi ke zdi“. Současné legislativní aktivity MPO ČR a ERÚ působí dojmem, že záměrem je zcela zlikvidovat FV průmysl v České republice. Problém se dotýká zejména malých firem a jejich zaměstnanců. Velké firmy již dnes plánují expanzi na zahraniční trhy, zejména do Středomoří a balkánských zemí.

Pár faktů na závěr:-

Vývoj výkupní ceny (Kč/kWh) z TVE – 2008 – 13,46 Kč (2008), 12,79 Kč (2009), 12,15 Kč (2009) , ? Kč (2010).

- Výkon TE Prunéřov je 1050 MW a vyprodukuje takové množství exhalací jako všechny osobní automobily v ČR. Skupina poslanců chce podat návrh na dalších 10 miliard Kč na sanaci území po těžbě uhlí.

- Legislativní vývoj v ČR - různé návrhy řešení vzniklé situace - je momentálně tak rychlý, že v době psaní tohoto článku je těžké odhadnout jak se situace vyvine.

Literatura a odkazy

[1] [www](#), obecně dostupné informace z internetu.

Netradiční pohled na vlastnosti světelných zdrojů

Ing. Michal Krbal, doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D

Vysoké učení technické v Brně, FEKT, xkrbal00@stud.feec.vutbr.cz, baxant@feec.vutbr.cz

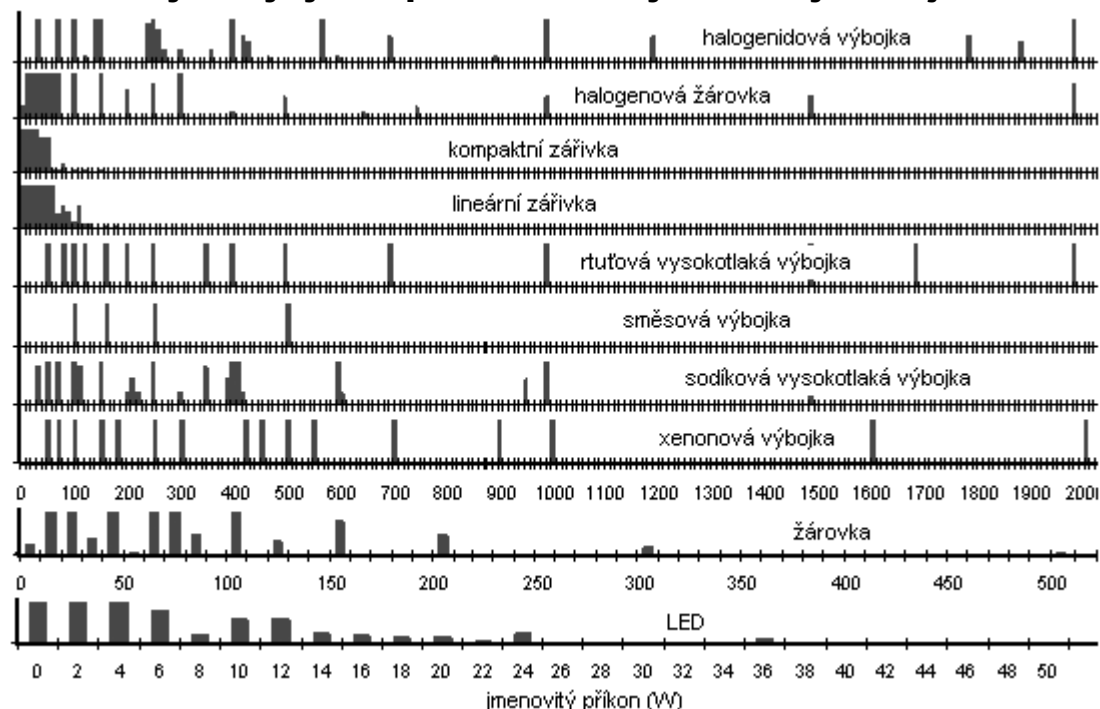
Spolu s rozvojem osvětlovacích soustav se na našem trhu objevují stále nové světelné zdroje, většinou založené na moderních technologiích. S těmito zdroji je zpravidla dodáván soubor jejich provozních vlastností a parametrů ve formě buď tištěných, nebo elektronických katalogových listů. Ne vždy jsou informace udávané jednotlivými výrobci navzájem srovnatelné, jelikož jsou získávány za odlišných podmínek včetně rozdílných tolerancí, navíc určitá část parametrů je zpravidla specifická pouze pro jeden typ světelného zdroje a u jiných udávána není. Tímto způsobem se množství navzájem porovnatelných vlastností zástupců jednotlivých typů zdrojů snižuje pouze na ty základní. Rozdělit je můžeme do třech základních kategorií: elektrotechnické, světelné a ostatní, které informují například o možnostech instalaci, prostředí, rozměrech atd.

Tento příspěvek nabízí možná trochu netradiční pohled na vybrané vlastnosti světelných zdrojů formou grafického porovnání jejich parametrů, získaných od největších světových výrobců (Osram, Nichia, Narva, Philips, Sylvania, Tungsram,...). Data a hodnoty použité v tomto příspěvku jsou převzaty z katalogů.

Udávané parametry světelných zdrojů

Při výběru potřebného zdroje nás z elektrotechnických parametrů zajímá především napěťová hladina, popřípadě frekvence napájecí soustavy, ale hlavně odebíraný příkon světelného zdroje. Ze světelných parametrů to jsou především parametry udávající vlastnosti vyzařovaného světla – světelný výkon, který se ve fotometrii nazývá světelný tok (lm), dále pak vlastní nebo náhradní teplota chromatičnosti a index podání barev, u zdrojů se směrovým vyzařováním pak vyzařovací úhel, případně svítivost. Z ostatních parametrů je po referenčních rozměrech zdroje, patiči a pracovní poloze nejdůležitějším parametrem životnost, často udávaná jako střední doba života. Životnost a dosahovaný měrný výkon světelných zdrojů přímo souvisí s ekonomikou provozu jednotlivých zdrojů, proto jsou tyto dva parametry spolu s investičními náklady v dnešní době brány jako nejdůležitější parametry při výběru samotného typu světelného zdroje.

Dosahovaný měrný výkon a příkon u současných světelných zdrojů

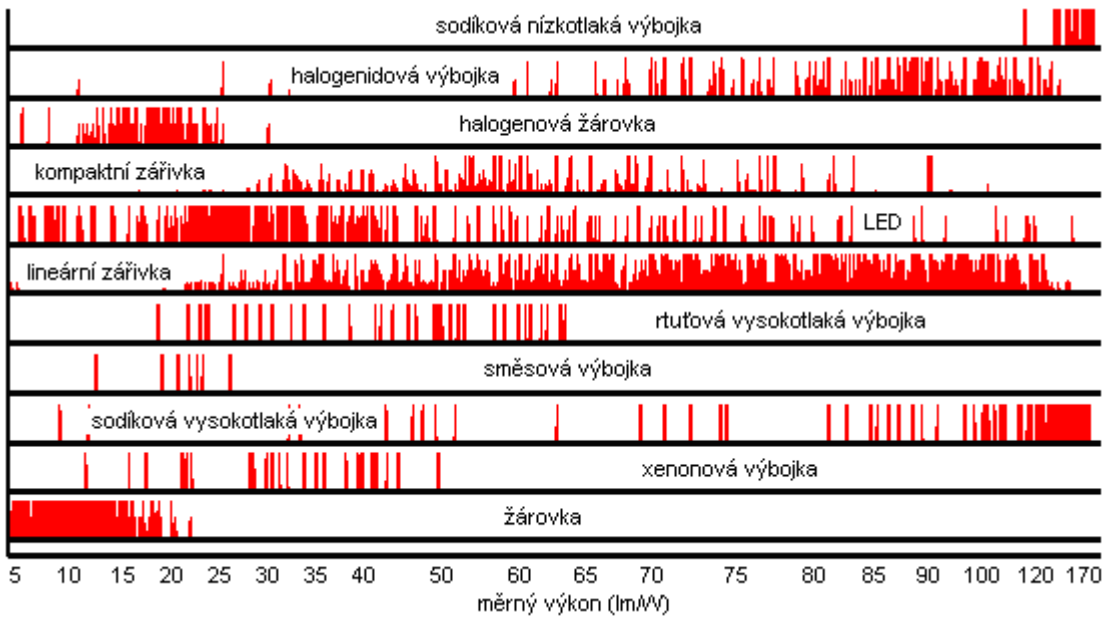


• Obrázek 7 – Dosahovaný jmenovitý příkon u světelných zdrojů

Na obrázku 1 jsou histogramy v poměrných hodnotách, které ukazují, v jakých výkonových řadách jsou světelné zdroje dostupné na našem trhu. Je z nich patrné, že jmenovitý příkon u kompaktních a lineárních zářivek zpravidla

Kurz osvětlovací techniky XXVIII

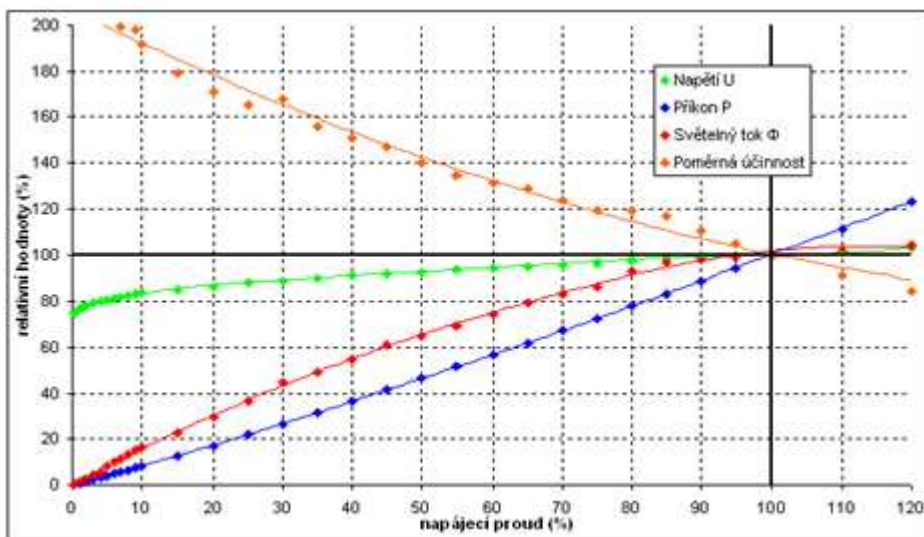
nepřesahuje hodnotu 100 W, ale naopak u ostatních výbojových zdrojů je vyráběná výkonová řada v celém spektru výkonů. Dále pak u žárovek a svítivých diod je z důvodů vyšší přehlednosti použito podrobnější měřítko.



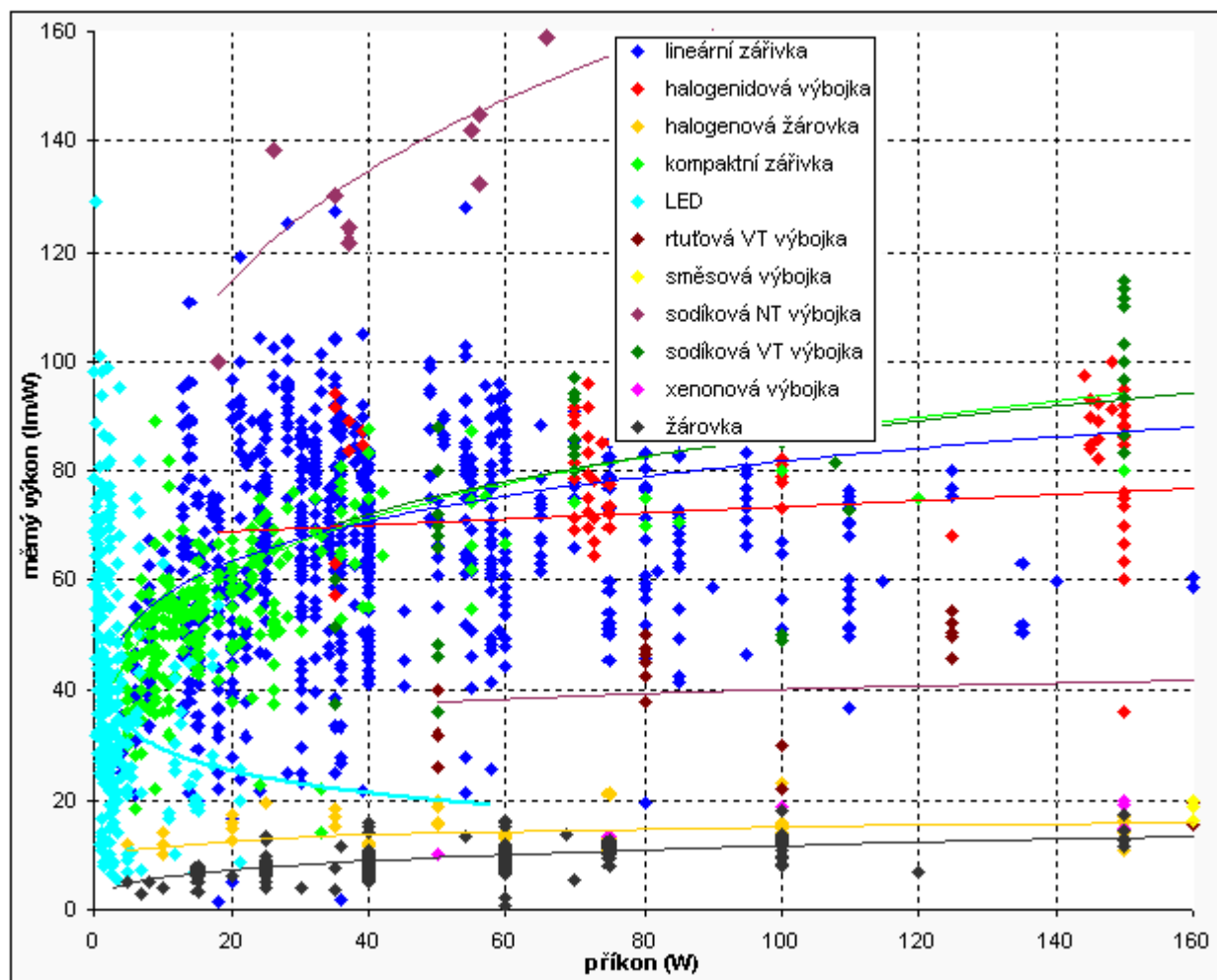
• Obrázek 8 – Dosahovaný měrný výkon u světelných zdrojů

Obrázek 2 udává dosahovaný měrný výkon u distribuovaných světelných zdrojích na našem trhu. Měrný výkon přímo souvisí s účinností přeměny elektrické energie na světlo, takže zdroje jako například sodíkové výbojky mají až o řád vyšší účinnost přeměny, než třeba klasické žárovky. U většiny zdrojů je velikost dosahovaného měrného výkonu dána již samotným principem funkce, a tak není možné teplotními světelnými zdroje jako je například žárovka dosahovat takových účinností jako se zdroji výbojovými nebo luminiscenčními, protože značné část vyzařované energie neleží v oblasti světla. Nicméně svítivé diody, kompaktní a lineární zářivky mají značný rozptyl těchto hodnot, je to způsobeno širokým sortimentem s velkým množstvím vyráběných výkonových řad, kde zpravidla zdroje vyšších příkonů dosahují vyšší účinnosti než zdroje výkonů nižších. Výjimku tvoří svítivé diody, u kterých je při vyšším jmenovitém příkonu dosahováno účinnosti nižší nebo stejné jako při jmenovitých příkonech nižších. Tato anomálie se projevuje především u hlavního světového výrobce svítivých diod Philips, kde se hovoří o provozu diod na samé hraně možnosti. Při provozu u nich vzniká značné oteplení přechodu a vlivem špatného odvodu tepla z pouzdra diody, dochází k přehřívání, menší pravděpodobnosti vzniku zářivé rekombinace, ale hlavně u dnešních vysoce svítivých bílých LED, které pro svoji funkci používají luminofor podobný tomu z nízkotlakých rtuťových výbojek, dochází k nižší účinnosti právě tohoto luminoforu. Za vše může dnešní honba za velkými výkony LED, ale jejich samotný provoz dle elektrotechnických parametrů je charakteristický tím, že při zvýšeném odběru proudu světelný tok narůstá jen minimálně. Udává se, že svítivé diody napájené poloviční hodnotou jmenovitého napájecího proudu dosahují až o 60% vyšší účinnosti přeměny elektrické energie na světlo, než při napájení plným jmenovitým proudem.

Příkladem tohoto tvrzení může být změřená křížová charakteristika svítivé diody typu NGPLR70 od výrobce Nichia, která je zobrazena na Obrázku 3. Z této křížové charakteristiky je patrné, že při napájení diody 50 % jmenovitého proudu její poměrná účinnost přeměny elektrické energie na světlo je okolo 140 %. Proto je doporučeno napájet svítivé diody nižším proudem, než je proud jmenovitý a také je pro osvětlování doporučeno raději používat větší množství modulů o nižším příkonu, protože u nich dochází k lepšímu odvodu tepla a tím je jejich účinnost značně vyšší.



• Obrázek 9 – Křížová charakteristika LED



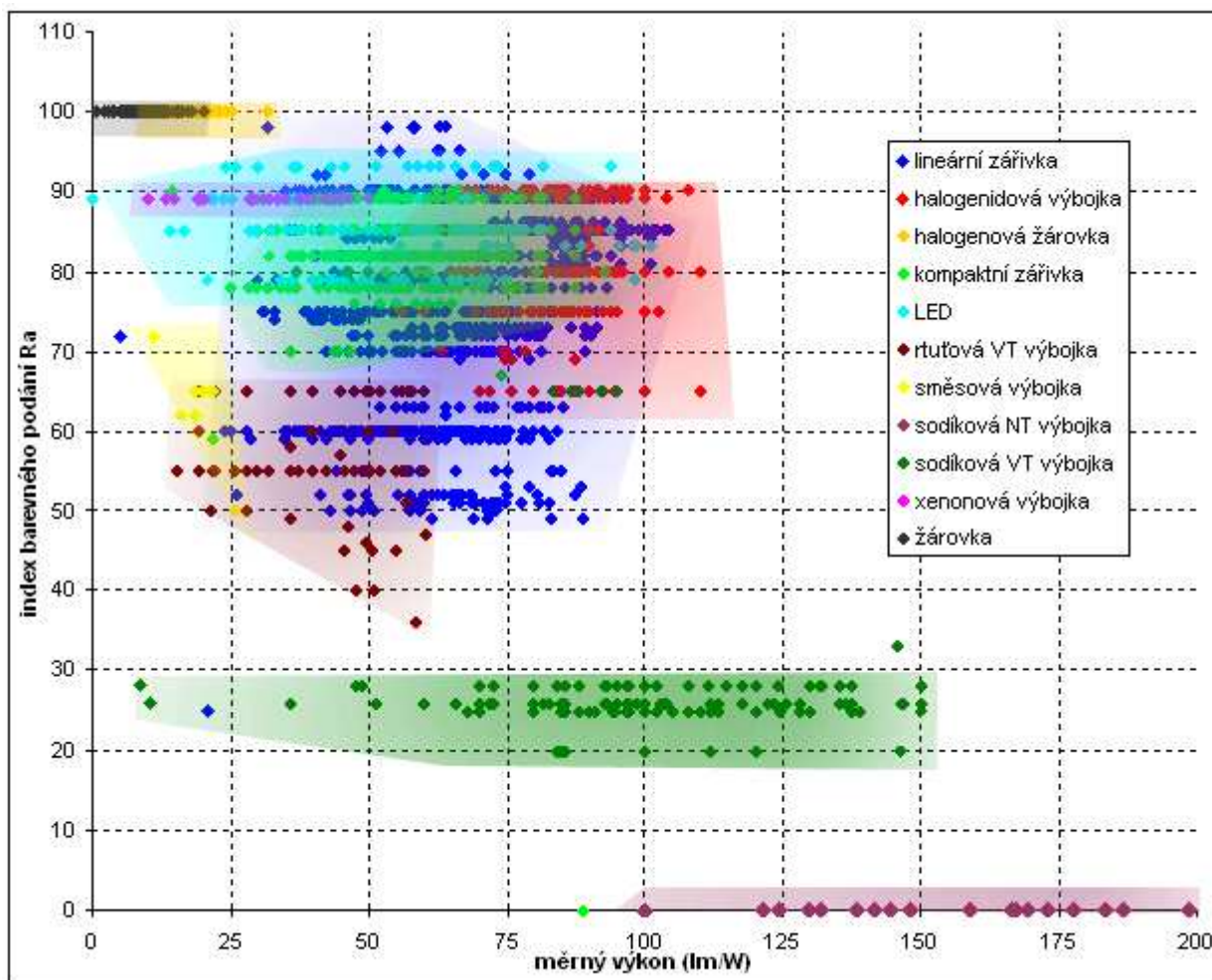
• Obrázek 10 – Grafická závislost měrného výkonu na příkonu

Účelem Obrázku 4 je vytvoření grafického porovnání dosahovaného měrného výkonu na příkonu jednotlivých světelných zdrojů. Aby výsledek byl objektivní, bylo na jeho tvorbu použito přibližně 4500 zdrojů. U jednotlivých zástupců jsou vyneseny trendy, které mají zpravidla vzrůstající charakter, pouze u svítivé diody, jak již bylo zmíněno, je tento trend klesající. Tento graf je již možno použít z hlediska vhodného výběru konkrétního světelného zdroje, protože přímo vyjadřuje účinnost přeměny elektrické energie na světlo, tedy závislost mezi výkonem a příkonem. A lze tedy velmi snadno rozhodnout, který zdroj zvolit, při nám známém příkonu a námi požadovaném měrném výkonu. Graf nicméně není vyneseno pro celý rozsah instalovaných příkonů, ale pouze do 160 W, takže v něm nejsou zohledněny všechny výkonné zdroje, které mohou dosahovat až několika desítek kW.

Ostatní parametry světelných zdrojů

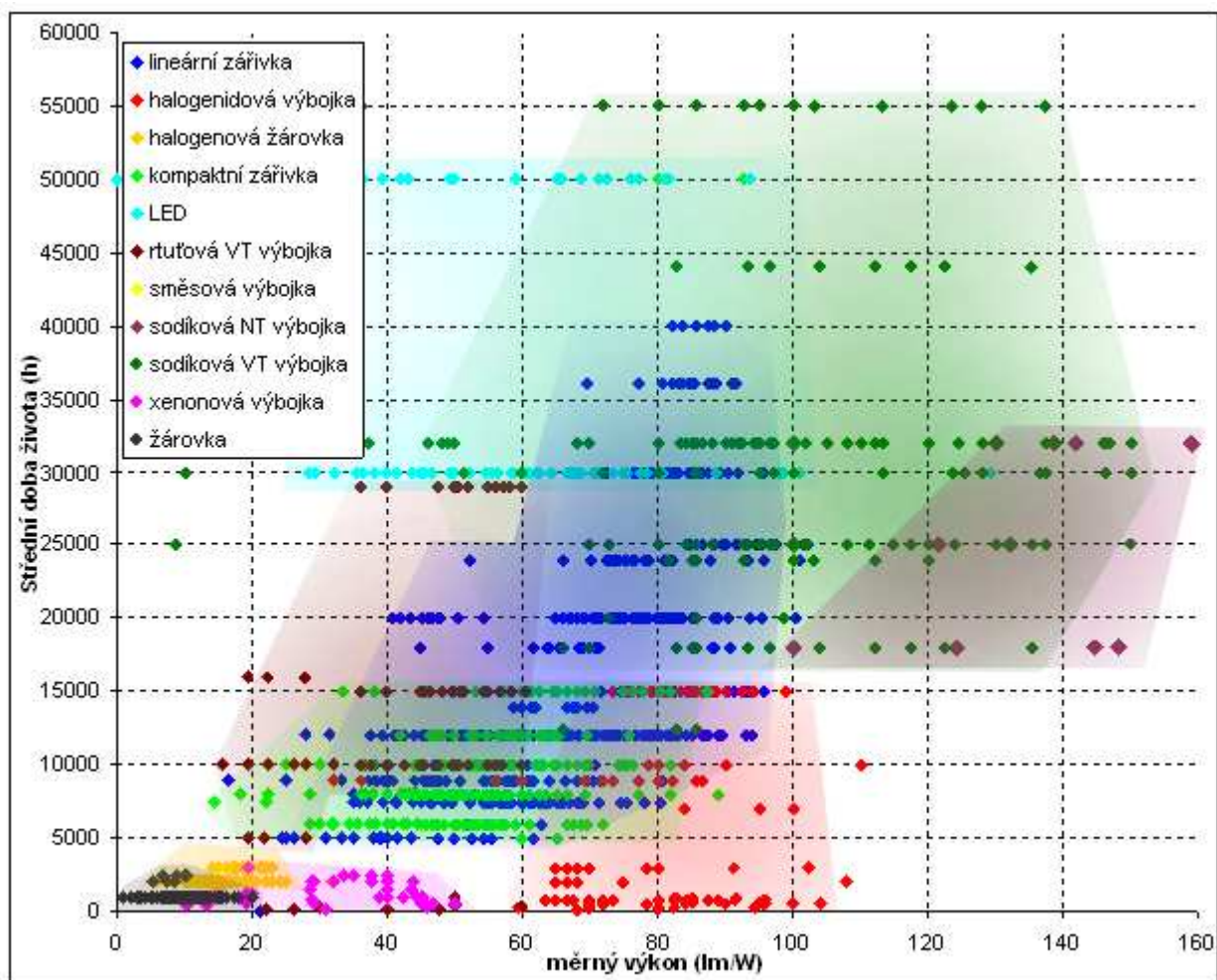
Jedním z nejdůležitějších světelných parametrů je index podání barev, určuje nám věrnost barevného podání osvětlovaných předmětů. Z tohoto pohledu u nejkvalitnějších zdrojů (teplotních zdrojů) je dosahováno hodnoty takřka 100, což je maximum. Naopak u zdrojů s monochromatickým světlem (nízkotlaká sodíková výbojka) je hodnota blízká 0. Ostatní výbojové a luminiscenční zdroje se nacházejí uvnitř této oblasti. Pro osvětlování interiérů je doporučená hodnota vyšší jak 70, kterou splňují nízkotlaké rtuťové výbojky, svítivé diody, teplotní zdroje, ale třeba i halogenidové výbojky.

Obrázek 5 znázorňuje dosahované hodnoty indexu podání barev na měrném výkonu. Hodnoty jednotlivých zdrojů jsou znázorněny bodem. Vyznačené oblasti udávají teoretické místo, kde se u většiny prodávaných zdrojů očekává výskyt dosažených parametrů. Za povšimnutí také stojí, že nejkvalitnější světlo produkují zdroje s nejnižší účinností přeměny elektrické energie na světlo a naopak.



• Obrázek 11 – Grafická závislost indexu barevného podání na měrném výkonu

Jako další důležitý parametr při výběru světelného zdroje je střední doba života, která udává, že minimálně 50 % světelných zdrojů bude po uplynutí této doby plně funkční včetně tolerancí provozních parametrů. Následující Obrázek 6 udává dosahovanou střední dobu života na měrném výkonu. Tento graf je opět umožňuje výběr zdroje podle požadavků na dosahovaný měrný výkon a životnost světelného zdroje.



• Obrázek 12 – Grafická závislost střední doby života na měrném výkonu

Závěr

Tento článek poskytuje náhled na základní parametry dnešních světelných zdrojů a jejich vzájemnou vazbu vyjádřenou v grafické podobě. Právě tato grafická podoba reprezentace výsledků vytváří názorný přehled v dané problematice, která je standardně publikována pouze velkým množstvím čísel a hodnot. Takže tento článek tvoří ucelenou informaci o výskytu a rozsahu dosahovaných parametrů jednotlivých typů zdrojů, která nám může ulehčit situaci při samotném výběru vhodného světelného zdroje pro danou aplikaci.

Poděkování

Tento příspěvek obsahuje výsledky výzkumné činnosti podporované z projektu regionálního výzkumného centra č. CZ.1.05/2.1.00/01.0014 a projektu financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu č. MSM0021630516.

Literatura a odkazy

- [1] Svítidla a osvětlení Deltalight : *LED svítidla - nové trendy ve světelných zdrojích*, aktualizace : 9.06.2009
<http://www.svitidla-deltalight.cz/clanky/led-svitidla-nove-trendy-ve-svetelných-zdrojích>
- [2] Kolektiv autorů, Wikipedia: *LED*, aktualizace : 30.11.2009 v 15:37
<http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [3] Úspory VM : *SVĚTELNÉ ZDROJE*, aktualizace : 09.08.2009
http://usporovm.sweb.cz/verejne_osvetleni/svetelne_zdroje.htm
- [4] Kolektiv autorů, Wikipedia: *Světelný zdroj*, aktualizace : 26.10.2009 v 15:09
http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Bteln%C3%BD_zdroj

Vyhláška pro školy, moderní školy našich sousedů

Ing Jana Lepší ZÚ se sídlem v Plzni, jana.lepsi@zuplzen.cz

V loňském roce vyšla novela 343/2009 Sb. vyhlášky č. 410/2005 Sb. - o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

Nejpodstatnějšími změnami ve vyhlášce z hlediska osvětlení je:

celkové sdružené osvětlení - ve stávajících budovách se souhlasem s orgánu ochrany veřejného zdraví

barevný tón světla dle intenzity osvětlení

osvětlování tabulí - bílá tabule na úroveň osvětlenosti třídy

- definování vzdálenosti první lavice od tabule

umístování svítidel - překlady, klenby

srovnávací rovina pro děti předškolního věku

čištění světelných zdrojů

Pozor ve vyhlášce se změnil požadavky na větrání a parametry mikroklimatických podmínek!

Vyhláška 343/2009 Sb. ve znění 410/2005

§ 2 Výklad pojmů

d) dlouhodobým pobytem pobyt ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne 4 hodiny a déle a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně; za dlouhodobý pobyt se považuje i pravidelné střídání krátkodobého pobytu v různých vnitřních prostorech tak, že celková doba pobytu v nich má trvalý charakter,

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

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

h) zřetelným úkolem zřetelná činnost potřebná k práci, případně místo s vizuálními prvky vykonávané práce,

i) místem zřetelného úkolu místo, kde se nachází předmět zřetelné činnosti (zřetelného úkolu),

j) normovou hodnotou nebo normovým požadavkem konkrétní technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě ČSN, jehož dodržení považuje konkrétní ustanovení za splnění jím stanovených požadavků.

§ 3 (4) Při volbě rostlin a dřevin vysazovaných na pozemky určené pro zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu a vzdělávání musí být zohledněna ochrana zdraví dětí a žáků. Dřeviny nesmí způsobit snížení parametrů denního osvětlení ve výukových a pobytových místnostech pod požadovaný limit (ČSN 73 0580-1,2,3). Vzdálenost sazené dřeviny od obvodové zdi budov musí být stejná, jako je její předpokládaná maximální výška. Vysazené rostliny, travnaté plochy a dřeviny musí být řádně udržovány.

§ 4 (4) Ve výukových místnostech musí být podlahové krytiny matné a světlé.

§ 5 (1) tělocvičny ... svítidla a okenní tabule musí být zabezpečena proti rozbití

§ 11 (1) Pracovní stoly musí mít matný povrch. Při používání tabule musí být dodržena vzdálenost minimálně 2 m od přední hrany prvního stolu žáka před tabulí.

(3) Rozsazení žáků Při jiném než obvyklém uspořádání lavic se dbá na to, aby u žáků nedocházelo k jednostrannému zatížení svalových skupin a aby byly dodrženy požadavky na úroveň osvětlení. Při uspořádání lavic jiným než čelem k tabuli je nutné zajistit pravidelné stranové střídání sezení žáků.

§ 12 Osvětlení

(1) Ve vnitřních prostorech budov zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozoven pro výchovu a vzdělávání, určených k dlouhodobému pobytu žáků, musí být vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům (ČSN 73 0580-1,2,3). U užívaných staveb je po předchozím projednání s orgánem ochrany veřejného zdraví výjimečně možné použít celkové sdružené osvětlení. Toto osvětlení musí být v souladu s normovými požadavky české technické normy upravující sdružené osvětlení (ČSN 360020). Místa žáků v lavicích musí být v učebnách orientována tak, aby žáci nebyli v zorném poli oslňování jasným osvětlovacím otvorů a ani si nestínili místo zřetelného úkolu.

(2) V prostorech určených pouze ke krátkodobému pobytu je možné použít celkového sdruženého osvětlení (ČSN 360020). Dále je možné celkové sdružené osvětlení použít v případech s jiným uspořádáním lavic než čelem k tabuli nebo v dílnách při potřebě osvětlit stíněné povrchy. Pro žáky se zřetelným postižením nebo zřetelnými vadami je nutné zajistit denní i umělé osvětlení odpovídající specifickým potřebám podle stupně jejich postižení (ČSN 73 0580-1,2,3, ČSN EN 12464-1). V soustavě sdruženého osvětlení denní i doplňující umělé osvětlení musí vyhovovat příslušným normovým hodnotám a požadavkům (ČSN 360020).

(3) Parametry umělého osvětlení ve vnitřních prostorech budov zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozoven pro výchovu a vzdělávání musí odpovídat normovým požadavkům (ČSN EN 12464-1) české technické normy upravující požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory.

Barevný tón umělého světla volit pro hodnoty $\bar{E}_m \leq 200$ lx teple bílý; $200 \text{ lx} < \bar{E}_m \leq 1000$ lx neutrálně bílý; $\bar{E}_m > 1000$ lx chladně bílý podle normových požadavků (ČSN EN 12464-1). Rovnoměrnost umělého osvětlení na chodbách a schodištích musí být větší než 0,2.

(4) Osvětlení tabule musí odpovídat normovým požadavkům české technické normy upravující požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory (ČSN EN 12464-1). Osvětlenost bílé tabule musí mít nejméně stejnou úroveň jako osvětlenost učebny. Tabule musí mít matný povrch, nevztahuje na tabule, na které se nepíše křídou. Ze všech pracovních míst ve směru pohledu na tabuli musí být vyloučeno zrcadlení svítidel na tabuli. Ve stěně za tabulí nesmí být osvětlovací otvor (okno nebo střešní okno), v opačném případě musí být zakryt neprůsvitným materiálem, jehož činitel odrazu světla se blíží hodnotě činitele odrazu této stěny.

§ 13

(1) Úroveň denního i umělého osvětlení prostorů se zobrazovacími jednotkami musí být v souladu s normovými hodnotami a požadavky (ČSN 73 0580-1,2,3, ČSN 36 0020, ČSN EN 12464-1).

(2) Pracoviště u zobrazovacích jednotek musí být umístěna tak, aby žáci nebyli oslňováni jasným osvětlovacím otvorem a ani se jim tyto otvory nezrcadlily na zobrazovací jednotce. Svítidla musí být vhodně rozmístěna a mít takové rozložení jasů a úhly clonění, aby se nezrcadlila na zobrazovací jednotce a nedocházelo ke ztížení zrakového úkolu.

(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.

§ 14 V ložnicích ubytovacích zařízení musí denní osvětlení vyhovovat normovým hodnotám pro obytné místnosti (ČSN 73 0580-1,2,3). Celkové umělé osvětlení v ničem necloněné srovnávací rovině v úrovni podlahy musí mít $\bar{E}_m = 100$ lx. Svítidla místního osvětlení musí být polohovatelná tak, aby se osvětlení dalo přizpůsobit zrakovým potřebám uživatelů a zajistila se osvětlenost $\bar{E}_m = 300$ lx.

§ 15

(1) Pro většinu zrakových činností v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání se vyžaduje směr denního osvětlení zleva a shora. Svítidla u soustav umělého osvětlení se umísťují na strop rovnoběžně s okenní stěnou, pokud to umožňuje stavební dispozice místnosti, zejména klenby nebo překlady.

(2) Při zrakově obtížných a náročných činnostech je nejhodnější orientace osvětlovacích otvorů na neslunečnou stranu.

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

a) u denního osvětlení v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku je 0,45 m nad podlahou,

b) u denního osvětlení v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání žáků je 0,85 m nad podlahou,

c) u umělého osvětlení v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku je dána převládající výškou stolů, v ostatních prostorách herny a v ložnici úrovni podlahy,

d) u umělého osvětlení v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání žáků je stejná jako převládající výška lavic.

(4) Za místo zrakového úkolu (ČSN EN 12464-1) je považován prostor s lavicemi nebo stůl učitele a za bezprostřední okolí zrakového úkolu (ČSN EN 12464-1) 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, postupuje se v souladu s ustanovením § 22 písm. e) až g)

§ 16

(1) Regulace denního osvětlení, rozložení světla a zábrana oslnění musí být řešena v souladu s normovými požadavky (ČSN 73 0580-1,2,3).

(2) Osvětlení prostor určených pro sport musí být řešeno v souladu s normovými požadavky (ČSN EN 12464-1, ČSN EN 12193).

§ 21

(1) Při výuce je třeba dbát na prevenci jednostranné statické zátěže vybraných svalových skupin výchovou žáků ke správnému sezení a držení těla.

§ 22 Úklid v prostorách zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání se provádí:

a) denně setřením všech podlah a povrchů na vlhko, u koberců vyčištěním vysavačem,

e) nejméně dvakrát ročně umytím oken včetně rámu, svítidel a světelných zdrojů,

f) nejméně dvakrát ročně celkovým úklidem všech prostor a zařizovacích předmětů,

g) malováním jedenkrát za 3 roky nebo v případě potřeby častěji

Se začátkem školního roku spustilo občanské sdružení Energy Centre České Budějovice projekt zaměřený na školy a jejich osvětlení. Cílem projektu bylo informovat ředitele základní a středních škol o normách a požadavcích vyhlášky na denní a umělé osvětlení ve školách, s možností porovnání stavu v českých a hornorakouských školách. Zároveň měl informovat o konkrétních možnostech modernizace osvětlovacích soustav prostřednictvím soutěže pro žáky a studenty jihočeských škol s názvem „Budíž světlo ve škole“.

Seminář „(Ne)správné osvětlení ve školách“ se konal 7. 10. 2009 v sále Zastupitelstva jihočeského kraje v Českých Budějovicích. Přednášejícími byli čeští a rakouští lektori. Celý seminář byl simultánně tlumočen. Program zahájila Mgr. Ivana Kloboušnicková, ředitelka ECČB představením projektu: Osvětlení pro školy - spolupráce Jihočeský kraj a Horní Rakousko. Za české odborníky se zúčastnili Doc. Ing. Jan Kaňka z ČVUT Praha s přednáškou o denním osvětlení, Ing. Jana Lepší ze ZÚ Plzeň s přednáškou o novele vyhlášky pro školy (343/2009 doplňující vyhlášku 410/2009) s množstvím fotodokumentace o skutečném stavu a chybách při osvětlování škol a Ing. Pavel ze ZÚ Plzeň s přednáškou o nesvětlování tabulí, údržbě a provozu osvětlovacích sousta. Byl představen příklad rekonstrukce osvětlení v české škole (nepříliš zdařilý) Mgr. A. Karlem Dvořákem ze ZŠ Český Krumlov. Z hornorakouské odborníky vystoupil Prof. Mag. Art. Karl Albert Fischer z Institutu pro světlo a barvu s přednáškou o osvětlení v hornorakouských školách a o údajně vlivu škodlivém vlivu modré části spektra kompaktních zářivek na lidský organismus. Hovořil o škodlivosti kompaktních zářivek, nikoli však o zářivkách lineárních. (pozn. Jako by se jednalo o jiný druh světelného zdroje.) Získaná přednáška byla předána našim odborníkům z VŠ k posouzení. Svoji přednášku uvedl i energetický poradce pan Franz Strasser s konkrétními příklady efektivního osvětlení v Horním Rakousku.

Na teoretickou část semináře navazovala 13. 10. 2009 exkurze do dvou lineckých škol se vzorným osvětlením. Pozváni byli již zúčastnění ředitelé základních a středních škol Jihočeského kraje. V obou školách proběhl odborný výklad za účasti tlumočnicka. Nejprve se jelo do středního odborného učiliště. Jedná se o novou moderní budovu. Tato škola má učeby osvětlené zářivkovými svítidly. Množství světla v učebně je regulováno v závislosti na množství denního světla dopadajícího okny do třídy, které bylo snímáno pomocí čidla v učebně. Množství denního světla regulují venkovními žaluziemi. Výměna vzduchu je zajišťována rekuperační jednotkou. Ukázaly špičkově zařízenou elektrolaboratoř, kde si studenti v rámci výuky zapojují navržené el. obvody. Vyučující má možnost prostřednictvím kamery umístěné na demonstračním stolem promítnout na plátno každý detail předváděných předmětů. Střecha školy je pokryta slunečními kolektory.

Druhá škola byla postavena v rámci nízkoenergetického „sídliště“ na okraji Lince. Mezi nízkoenergetické domy byla začleněna i škola. Postupně na sebe navazují budovy mateřské školy, základní školy a víceletého gymnázia. Budovy jsou plně klimatizované s plynulou regulací denního i umělého osvětlení. Hovořilo se o výhodách, ale i problémech nízkoenergetického „sídliště“. Sídliště obydleno mladými rodinami s dětmi. V průběhu let však dochází ke stárnutí populace a s tím i k měnícím se požadavkům. Během let budou čelit nedostatku dětí přicházejících postupně do mateřské, základní školy a gymnázia. Stárnutím dětí dojde k jejich přemísťování do centra. Rodiče časem budou v důchodovém věku, tím se však jejich potřeby opět změní. V současné době obchodní centrum uprostřed sídliště zeje prázdnotou, protože si většina nakoupí cestou z práce.

Nepodstatný problém je i s moderní školou. Ve škole je teplo i světlo řízeno počítačem. V této škole postačí, když nová učitelka ze zvyku otevře okno. Celý systém regulace je tím narušen. Na ovládání regulace řízené počítačem nestačí běžný školník, který umí vyměnit vodovodní kohoutek, posekat trávu kolem školy apod.. Obsluha takového počítače vyžaduje plně kvalifikovaného programátora. Kvalifikovaného „školníka“ je ale nutno také zaplatit. Pokud by byla přerušena dodávka elektrické energie, bude v takto plně řízené škole vůbec vyučovat.

Na podzim Z návštěvy moderních škol našich rakouských sousedů budou na fotografiích ukázány s patřičným komentářem.

Literatura a odkazy

- [1] Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [2] Vyhláška č. 343/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých

Cesty veřejného osvětlení

aneb o indukčních zářivkách

Ing. Tomáš MAIXNER

Siteco Lighting, s.r.o., U Nikolajky 15, Praha 5, t.maixner@siteco.cz

Nejen cesty páně, ale i cesty světelné techniky jsou nevyzpytatelné. Kde jsou časy, kdy bylo vše jasné. Svítidla se dávala na stožár vysoký osm metrů s dvoumetrovým výložníkem a hezky třicet metrů od sebe – kde jezdilo víc aut, tam se daly silné „zlatobílé“ sodíky z Tesly, kde méně, tam stačila stopadesátka. Naštěstí to je pryč – jak návrhová „metoda“, tak doba sama. Zdálo se, že nastala renesance veřejného osvětlení.

Ale asi jen naivky mého typu si myslely, že se začne navrhovat s rozumem, na základě výpočtů, začnou se používat kvalitní svítidla. Touto cestou se vydala část korektních techniků a obchodníků. Žel, na trhu se v minulých letech (spíše měsících) objevil velký počet společností nabízejících svítidla LED a v poslední době i indukční zářivky (pod označením LVD, originál např. Osram Endura) aniž by prodejci jen tušili co nabízejí.

V materiálech „netradičních“ firem (před pár měsíci neměli ponětí o osvětlování... a nemají je dodnes) je uvedena řada nepřesností, ale také až klamavých údajů. Všeobecně je třeba poznamenat, že jejich reklamní materiály se vyznačují neznalostí oboru, ale ani terminologie. Například záměna světelného toku a svítivosti, či používání termínu lampa. Lampa se používá v hovorové češtině ve významu světelný zdroj nebo svítidlo. Takže v důsledku by bylo možné se setkat s prohlášením, že v lampě je lampa.

Indukční zářivka (IZ) je v principu shodná s kompaktní zářivkou společnosti Osram nabízenou pod označením Endura. Nelze tedy očekávat od neznámého výrobce (u prodejců není uváděn, tedy jej považují za neznámého), že by významně překonával parametry výrobku přední světové společnosti. Proto v dalším textu, kde nejsou k dispozici údaje asijského výrobce (v souborech eulumat se objevují znaky písma používaného v Asii), budu vycházet z materiálů společnosti Osram. Uvádí tato data: Život 60 000 hodin (tedy nižší než u zářivek XXT); světelný tok po 5 000 hodinách 0,7÷0,82 počátečního a po 10 000 hodinách 0,6÷0,72 počátečního. Rozsah pracovních teplot – 25÷45°C pro pokles sv. toku do 10%. Z toho plyne, že na konci života (60 000 hodin) bude střední hodnota činitele stárnutí 0,61, tedy pokles světelného toku o 39% (dle ČSN EN 12464-1 Z1). Světelný tok 6200 lm pro 70 W a 12000 lm pro 150W.

Pokusím se ukázat na nejběžnější prohřešky netradičních prodejců reakcí na citace z jejich materiálů.

Oproti sodíkovým nebo halogenovým výbojkám mají IZ lampy o 30% vyšší svítivost

Svítivostí je zřejmě myšlen světelný tok. Nelze však srovnávat jmenovité světelné toky, resp. měrné výkony, aniž by se respektovalo stárnutí světelných zdrojů.

Nejvýkonnější IZ 200W má světelný tok 19,2 klm, s poklesem 0,61 to je 58,6 lm/W. Vysokotlaká sodíková výbojka 150 W (VSV) má světelný tok 17 klm, s poklesem 0,9 to je 102 lm/W (Osram SUPER 4Y). Vysokotlaká halogenidová výbojka (VHV) 150W má světelný tok 12,9 klm, s poklesem 0,7 to je 60,2 lm/W (Osram Powerastar). To znamená, že IZ má spotřebu o 74% vyšší než VSV a o 3% vyšší než VHV. Pro jiné příkony se budou čísla v určitém rozmezí měnit, ale v zásadě platí, že z pohledu vyrobeného množství světla na watt jsou IZ méně výkonné než VSV a srovnatelné s VHV.

Oproti sodíkovým nebo halogenovým výbojkám jsou IZ lampy o 30% úspornější

V podstatě lze učinit stejný závěr jako v předešlém bodě. Rozhodující je kolik vyrobeného světla se opravdu využije. Pro tři třídy osvětlení jsem provedl výpočet soustavy veřejného osvětlení (Výška stožáru 8 m; vyložení 0m/0°, 2 jízdní pruhy, vozovka šířka 6 m; MF=0,6). Rozteče jsou, při splnění požadavků normy) následující:

CE5 – pro IZ 80W – 21 m; pro VSV 70W – 42 m

ME6 – pro IZ 80W – 28 m; pro VSV 50W – 40 m

S6 – pro IZ 40W – 25 m; pro VSV 70W – 49 m (úmyslně použito svítidlo s plochým sklem, s vypouklou mísou by byla rozteč ještě větší!)

Výpočet byl proveden tak, že jsem hledal maximální možnou rozteč při dodržení požadovaných parametrů. Krok změny byl 1 metr. Porovnání je v tabulkách 1÷3 (pro 1 km komunikace, 4100 hodin provozu/rok, zanedbání příkonu předřadníků, ceně el. en. 2,8 Kč/kWh, ceny svítidel a sv. zdrojů z podkladů dodavatelů, výměna sv. zdrojů byla stanovena jako součin jejich počtu a doby svícení podělený délkou života – IZ 60.000 hodin a VSV 24.000).

CE5	IZ 80	VSV 70
Rozteč (m)	21	42
Počet svítidel (ks/km)	48	24
Cena svítidla (Kč/ks)	2167	3000
Cena zdroje (Kč/ks)	2708	173
Investice	234 000	76 152
Příkon (W)	80	70
Spotřeba (kWh/rok/km)	15 744	6 888
Cena el. en. (2,80 Kč/kWh)	44 083	19 286
Počet vyhořelých sv. zdrojů (ks/rok)	3,3	4,1
Výměna zdrojů (200 Kč/ks/práce) (Kč)	9 538	1 529
Údržba 3% investic (Kč/rok)	7 020	2 285
Provoz (Kč/rok)	60 641	23 100

- Tabulka 1 – porovnání indukční zářivky s vysokotlakou sodíkovou výbojkou na komunikaci třídy CE5

ME6	IZ 80	VSV 50
Investice	175 500	80 975
Provoz (Kč/rok)	45 481	18 372

- Tabulka 2 – porovnání indukční zářivky s vysokotlakou sodíkovou výbojkou na komunikaci třídy ME6

S6	IZ 80	VSV 50
Investice	175 500	80 975
Provoz (Kč/rok)	45 481	18 372

- Tabulka 3 – porovnání indukční zářivky s vysokotlakou sodíkovou výbojkou na komunikaci třídy S6

Z tabulek je zřejmé, že zdroj IZ je podstatně dražší investičně i provozně. Samozřejmě je vyšší i spotřeba. Investiční náklady jsou pro IZ vyšší o 100÷200 procent. Provozní náklady jsou pro IZ vyšší o 60÷160 procent. Náklady na energie jsou od relativně nízkého nárůstu 14% u komunikace S6 (ploché sklo!) po 130% u náročnějších komunikací (228,6% pro CE5 a 230,4% pro ME6). Při stanovení nákladů nebylo uvažováno s dalšími prvky osvětlovací soustavy. A to stožáry s případnými výložníky, základy, elektrovýzbroj. To samozřejmě dále znevýhodňuje IZ svítidla o další tisíce na kilometr, u náročnějších soustav o statisíce.

Argument, že lze někde pouze vyměnit světelné zdroje a ponechat stávající svítidla je nemyslitelný. Znamená to výměnu elektrické části svítidla. Tím svítidlo ztrácí prohlášení o shodě a nesmí se provozovat. I kdyby bylo možné IZ připojit přímo na napájecí napětí, stále je nutné odpojit stávající elektrovýzbroj. Nebo bude předřadník pro jiný světelný zdroj pracovat v jiném režimu, než pro který byl navržen. Tedy i zde ztrácí svítidlo prohlášení o shodě. I kdyby popsaná okolnost nenastala, tak změna světelného zdroje znamená i změnu fotometrických vlastností svítidla. V důsledku toho může (a je to vysoce pravděpodobné) dojít ke zhoršení kvality osvětlení. To, nejen na komunikacích, znamená ohrožení bezpečnosti, majetku i zdraví a života uživatelů.

Oproti zářivkám jsou IZ lampy úspornější až o 50%

Jde o podobné tvrzení, jako byla předešlá. Bez dalšího komentáře uvádím, porovnání:

vnitřní prostor	IZ 200W	2x58W
Počet svítidel (ks)	12	18
Cena svítidla (Kč/ks)	2 000	1 500
Cena zdroje (Kč/ks)	5 000	60
Investice	88 800	28 080
Příkon svítidla (W)	200	116
Příkon soustavy (W)	2 400	2 088
Spotřeba 2000 hod/rok (kWh/rok/km)	4 800	4 176
Cena el. en. (2,80 Kč/kWh)	13 440	11 693
Počet vyhořelých sv. zdrojů (ks/rok)	0,4	1,5
Výměna zdrojů (200 Kč/ks/práce) (Kč)	1 192	375
Údržba 3% investic (Kč/rok)	2 664	842
Provoz (Kč/rok)	17 296	12 910

- Tabulka 4 – porovnání indukční zářivky se zářivkou

Z tabulky lze vyvodit závěry, že zářivka je úspornější z pohledu příkonu, investičních i provozních nákladů. V jiném případě nemusí být výhodnost tak vysoká, ale je zřejmé, že výhodná bude prakticky vždy.

Revoluční úsporné a ekologické osvětlení s 5letou zárukou

Zda jde o revoluční osvětlení je otázkou pohledu. Úsporné nejsou (jak již bylo ukázáno) v žádném směru. Nejsou ani ekologické, jak ukáží dále. Jediným pozitivem citovaného tvrzení je ona pětiletá záruka.

Návratnost investice do IZ indukčních lamp je mezi 12 – 24 měsíci“

Z doposud uvedených tabulek plyne, že v běžných realizacích je investice do IZ nenávratná!

Lampy IZ ... Jsou chápána, jako ekologická svítidla

Nejsou ekologická, protože je jich pro zajištění kvalitního osvětlení zapotřebí více než např. VSV nebo zářivek. To znamená více svítidel, elektrovýzbroje a vyšší spotřebu. Ve venkovním osvětlování navíc i více stožárů a betonových základů. To vše je ekologická zátěž, kterou nevyváží údajně malé množství rtuti ve světelném zdroji. „Údajně“ jsem napsal z toho důvodu, že Osram nízký obsah rtuti neuvádí u výhodných vlastností tohoto zdroje. Pokud by tomu tak bylo, jistě by to uvedl pro podporu obchodu.

Nízká produkce CO₂

Není tomu tak. Viz předešlé odstavce. Jak bylo ukázáno, jsou soustavy s IZ rozsáhlejší, mají vyšší spotřebu elektrické energie. Tedy jak při výrobě (více nutně vyrobených výrobků), tak při provozu v důsledku IZ jsou příčinou vyšší produkce CO₂ než jiné soustavy. Osobně nepřikládám produkci CO₂ zásadní význam, ale nepopírám, že exhalace poškozují životní prostředí. Je tedy žádoucí omezovat nadbytečnou produkci (výrobu, nemluvím o CO₂).

Jsou bezporuchové a nevyžadují žádnou údržbu

To není pravda u žádného světelného zdroje či svítidla. Vždy je nutné je alespoň čistit. Podle katalogu Osram je podíl vyhořelých IZ po 20.000 hodinách 4%. Délka života zdroje je definována jako doba, po jejímž uplynutí je provozuschopná ještě (již jen) polovina světelných zdrojů. Tedy po 60.000 hodinách je nutné vyměnit polovinu světelných zdrojů. Zhruba ve 2/3 života začíná prudký nárůst počtu vyhořelých zdrojů. To znamená, že tam, kde se provádí hromadná výměna je nutné provést výměnu (údržbu) soustav. To ostatně koresponduje i se zárukou pět let – to jsou při trvalém svícení přibližně 2/3 života (držím se 60.000 hodin jako doby života). Soustavy s IZ nejsou bezporuchové a vyžadují údržbu!

Životnost IZ lamp je 14 a 22 let (60 000 a 100 000 hodin)

Udávat životnost v rocích je neobvyklé, závisí na době provozu osvětlovacích soustav. V kotelně mám žárovku, kterou provozuju několik minut za rok. Kdyby hodinu měsíčně, tak má životnost více jak 83 let! V katalogu Osram je u IZ uvedena doba života 60.000 hodin. Je přinejmenším nevěrohodné, že by jiný výrobce dosáhl významně delšího života.

Tak bych mohl pokračovat ještě dlouho. Pozastavím se ještě u jednoho prohlášení, kdy prodejci (žel i prodejci LED a co je nejsmutnější – i některé „zavedené“ společnosti) tvrdí, že díky „bílému světlu“ lze snížit úroveň osvětlení. Jde o nekorektní zneužití skutečnosti, že při nízkých jasech (do cca 0,5 cd.m⁻²) oko vnímá bílou barvu jako intenzivnější. Obecné nabádání ke snížení výkonu (i příkonu) osvětlovacích soustav je hazardem. I pro nízké adaptační jasy, kde bílé světlo k vnímání přispívá. Protože čím lépe účastník dopravy uvidí, tím je menší riziko nehody. Korektní by bylo prohlášení, že použití „bílého“ světla přispěje k bezpečnosti dopravy, a to především v oblasti nízkých hladin jasů.

Závěrem lze prohlásit tolik, že:

Indukční zářivky mají nevhodný tvar, který neumožňuje dobré přesměrování vyrobeného světla, takže osvětlovací soustavy mají nízký činitel využití. V průběhu života dochází k vysoké ztrátě světelného toku; což je další důvod nutnosti osazování vyššího počtu svítidel. Konečně je nepříznivá i vysoká cena, která se neuhradí delším životem.

Přesto jsou aplikace, kdy je použití indukčních zářivek vhodné. Je to tam, kde je obtížný přístup ke svítidlům nebo velice nákladná výměna světelného zdroje. To může být například ve vysokých průmyslových halách s nevyřešeným přístupem ke svítidlům. I tam je však třeba porovnat veškeré náklady na zřízení a provozování osvětlovací soustavy.

Posoudit vhodnost či nevhodnost nějakého produktu (ať je to svítidlo na bázi LED, solární systém, indukční zářivka nebo libovolný jiný) lze často posoudit „selským rozumem“ nebo prostým porovnáním základních parametrů. Například tvrzení, že LED svítidlo 100 W nahradí svítidlo s vysokotlakou sodíkovou výbojkou 400W (48 klm) nebude obecně pravdivé nikdy. LED by totiž musela mít v pracovních podmínkách měrný výkon 480 lm/W. To se nepředpokládá ani v daleké budoucnosti (a to ani v laboratorních podmínkách).

Vývoj musí jít vpřed, nikoliv zpět. Ani kdyby couval pod praporem těch nejpokrokovějších technologií.

Literatura:

- [1] Nejrůznější reklamní materiály dosažitelné na internetu či při přímém styku s prodejci
- [2] Katalog Osram – Světelné zdroje a systémy 2008/2009

Zpráva o stavu nebe 2010

Ing. Tomáš MAIXNER

Siteco Lighting, s.r.o., U Nikolajky 15, Praha 5, t.maixner@siteco.cz

Dovolím si podat zprávu o stavu nebe od minulých Dlouhých Strání. Nejzávažnějších je patrně:

Nařízení Komise (ES) č. 245/2009

Kromě zákazů žárovek, předpisů poloměru banánů a délky okurek, vylodily vševědoucí mozky v Bruselu též nařízení dotýkající se okrajově i rušivého světla. Jde o nařízení s neskutečně dlouhým a nezapamatovatelným názvem: „Nařízení Komise (ES) č. 245/2009 ze dne 18. března 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign zářivek bez integrovaného předřadníku, vysoce intenzivních výbojek a předřadníků a svítidel, jež mohou sloužit k provozu těchto zářivek a výbojek, a kterým se zrušuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/55/ES“ [1].

Jde o dokument poněkud kostrbatě přeložený. „Nadchla“ mě další variace na slovo design (když česky, tak česky! ☺ – zatím u mne vede tvrzení z jednoho reklamního materiálu, tvrdící, že „předmět je malého designu“). Náš jazyk je „obohacen“ o nové slovo „ekodesign“... proč ne „ekologické vlastnosti zářivek ...“? Protože je to dlouhé? V nadpisu o počtu znaků větším než dní v roce by to zas nebyla taková katastrofa. A v textu by bylo lze použít tak oblíbených zkratk – EV.

Jde o dokument zabývající se nejen záležitostmi energeticky úsporných světelných zdrojů, svítidel a předřadníků, ale v příloze VIII praví:

„Podíl světla vyzařovaného optimálně nainstalovaným svítidlem a dosahujícího nad horizont by měl být omezen na:“

a následuje tabulka 1 (v originálu ovšem s číslem 25).

Než ji uvedu, tak poznámka k předešlé citaci. Je pozoruhodné i to, že nařízení hovoří o optimálně nainstalovaném svítidle. Což nelze interpretovat, tak, že musí být s vodorovnou pozicí výstupního otvoru svítidla, jak důsledně požadují ekologičtí aktivisté. Velice často lze dosáhnout mnohem úspornějšího a nočního prostředí méně rušivého osvětlení se svítidly vykloněnými o malý úhel.:

Třída osvětlení	Světelný tok zdroje (klm)	ULOR (%)
ME1 až ME6 a MEW1 až MEW6	všechny	3
CE0 až CE5, S1 až S6, ES, EV a A	$12 \leq \phi$	5
	$8,5 \leq \phi < 12$	10
	$3,3 \leq \phi < 8,5$	15
	$< 3,3$	20

- Tabulka 1 (formálně upravená tabulka 25 textu EU) - Orientační hodnoty maximálního podílu světelného toku, který je vyzařován nad vodorovnou rovinu (ULOR), u jednotlivých silničních tříd svítidel určených pro veřejné osvětlení

Jsou to požadavky značně odlišné od požadavků ekologických aktivistů, Nikde ani slůvka o tom, že svítidla musí být „plně cloněná“, jak se lze dočíst v materiálech ekologických aktivistů. Na jednu stranu jsou požadavky zásadně mírnější (a tedy i rozumnější), protože nepožadují, aby byl podíl světelného toku do horního poloprostoru nulový. Na stranu druhou je přísnější, protože uvedené hodnoty platí bez ohledu na environmentální zóny známé z jiných předpisů, např. ČSN EN 12464-2 [2].

Environmentální zóna	E1	E2	E3	E4
ULR (%)	0	5	15	25

• Tabulka 2 – požadavky ČSN EN 12464-2

Domnívám se, že omezení pro svítidla s malými světelnými zdroji není na místě, protože ta naleznou uplatnění při speciálních úlohách světelné techniky. Jsou situace, kdy je třeba osvětlit i prostor nad horizontem, například průčelí významných objektů. Ovšem, je šance jak vyklíčovat. Příloha VII je nadepsána:

Referenční hodnoty výrobků, které mají být instalovány jako veřejné osvětlení (pro informaci)

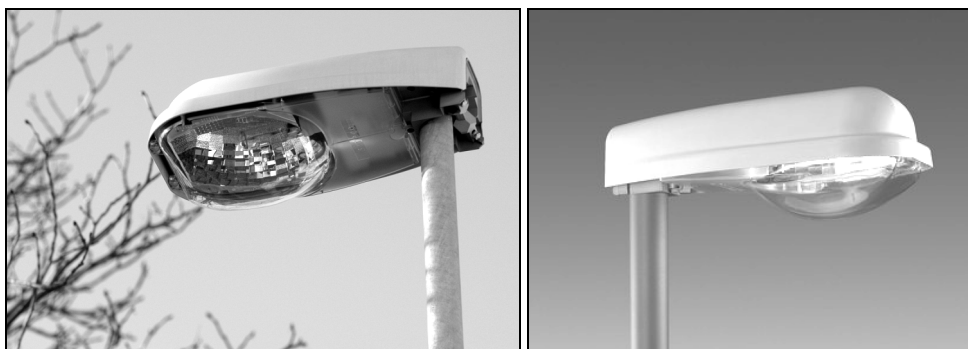
Když se označí svítidlo osvětlující fasádu za součást architektonického nebo dekorativního osvětlení, tak se na něj daný předpis nevztahuje.

Dále se v předpisu praví:

„V oblastech, kde hrozí světelné znečištění, není maximální podíl světla dosahujícího nad horizont u všech silničních tříd a světelných výkonů vyšší než 1 %.“

Z textu je patrné, že překladatel nezvládl svoji práci.

„Světelné znečištění“ hrozí totiž všude, kde se svítí... ale ne všude je nutné je omezit. I další formulace je chybná. Správně by text měl znít (se zásadní výhradou k termínu „světelné znečištění“) takto: V oblastech, kde je žádoucí omezit „světelné znečištění“, by neměl být podíl světla vyzářeného nad vodorovnou rovinu vyšší než 1% u všech tříd osvětlení a pro libovolný světelný tok zdroje. (Předpokládám, že i zde měla být „doporučující“ formulace jako v případech požadavků uvedených v tab. 1).



• Obr. 1 – Svítidlo s podílem světelného toku ULR 0,4% (Siteco řada ST)

I tento požadavek je (po opravě formulace) rozumný, protože kvalitní svítidla pro osvětlování komunikací takové podmínce vyhovují (Obr. 1). Přitom minimální množství světla přímo směrovaného do horního poloprostoru je bohatě vyváženo lepší distribucí světla, což v důsledku znamená snížení celkového příkonu, vyzářeného světla ze svítidel a tedy v důsledku i nižší zátěž životního prostředí.

Velmi důležité je další sdělení nařízení, které se v textu objevuje dokonce i s korektním označením „rušivé světlo“. Zní takto:

„Svítidla jsou konstruována tak, aby bylo v maximální možné míře zabráněno vyzářování rušivého světla. Jakékoli vylepšení svítidla, jehož cílem je vyzářování rušivého světla snížit, však nesmí být na úkor celkové energetické účinnosti zařízení, pro něž je určeno.“

To znamená, že nejsou žádoucí přehnané úpravy, které by sice u jednotlivých svítidel snížili vyzařování nad horizont, avšak v důsledku by ztratili jiné závažné vlastnosti, především účinnost. O tom ale více v několikaleté zmiňované pasáži o ekologii v osvětlování. Tak jen pro připomenutí porovnání dvou svítidel:



- Obr 2 – svítidlo s plochým sklem (Siteco SR 50) má účinnost 65,5% a druhé (téhož výrobce a řady, stejné nastavení optiky – vždy se musí srovnávat srovnatelně) 78,3% a do horního poloprostoru je emitováno přímo 0,5% světelného toku zdroje.

První svítidlo lze rozmístit (pro určité zadání, tím nebudu zatěžovat, jen poznamenám, že korektní) v roztečích 28,5 metrů, druhé 33 metrů. Nic zvláštního – ale na kilometr je to již rozdíl pěti svítidel. Ale k tomu se dostanu v dalším textu.

Světlo k obloze – vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky 539/2007 Sb.

Nebojte se, nebudu opakovat poznatky o vlivu tvaru difuzoru na množství světla vyzařovaného k obloze. Jen připomenou, že kritérium světelného toku do horního poloprostoru – je silně kontroverzní. Ona totiž sama velikost tohoto světelného toku nic neříká a rozhodně není zárukou toho, že budou minimalizovány rušivé účinky světla vzhledem k obloze (viz např. [3] a [4]). Tím jsem se elegantně dostal k dalšímu předpisu, tentokrát zahraničnímu. Leč bylo by milé, kdybychom si vzali příklad z našeho východního souseda. Jedná se o vyhlášku z roku 2007, ale domnívám se, že jsem o ni zde ještě nereféroval (nevíte o někom, kdo by mi vedl archiv? Jsem značně nepořádný člověk). Je to vyhláška s názvem, který si co do délky nezadá s nařízením EU. Tedy: „539/2007 Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky zo 16. augusta 2007 o podrobnostiach o limitných hodnotách optického žiarenia a požiadavkách na objektivizáciu optického žiarenia v životnom prostredí“ [5]. Ve vyhlášce je uvedena tabuľka podobná té z [2].

Ekologická zóna	E_v [lx]		I [kcd]		L_{av} [cd.m ⁻²]	L_{max} [cd.m ⁻²]
	do 22.00 h	po 22.00 h	do 22.00 h	po 22.00 h	do 22.00 h	do 22.00 h
	E1	2	1	2,5	0	0
E2	5	1	7,5	0,5	5	10
E3	10	2	10	1,0	10	60
E4	25	5	25	2,5	25	150

Vysvetlivky:
E1 prirodzene tmavé územia, národné parky, chránené oblasti
E2 územia s nízkym jasom, vidiecke osídlenie, okrajové časti malých miest
E3 centrá malých miest, urbanizované územia v okolí centier veľkých miest
E4 zóny s vysokým jasom, centrá veľkých miest, zóny s vysokou aktivitou v noci
 E_v vertikálna osvetlenosť vonkajšej plochy okna
I svietivosť zdrojov svetla v smere možného rušenia
 L_{av} priemerný jas fasád budov – odporúčané hodnoty
 L_{max} maximálny jas fasád budov – odporúčané hodnoty

- Obr. 2 – Limitné hodnoty rušivého svetla - z vonkajších svetelných zariadení Tabuľka z vyhlášky 539/2007 Sb. Slovenskej republiky – na rozdiel od našich predpisů definuje dobu začiatku nočného klidu, žiaľ nikoliv jeho koniec

Tabulka je samozřejmě doplněna několika stručnými údaji. V paragrafu 5 se píše:

(1) Osvetľovacie zariadenia vo vonkajšom prostredí, ako sú reklamné pútače, osvetľovacie zariadenia nádvorí závodov, stavebných dvorov, parkovísk a podobné zariadenia okrem verejného osvetlenia sa navrhujú, realizujú a používajú tak, aby svetlo z týchto zariadení v čo najmenej miere dopadalo na okná obytných miestností v ich okolí. Ak sa dopadu svetla z týchto zariadení na okná obytných miestností nedá zamedziť, nesmú byť prekročené limitné hodnoty rušivého svetla uvedené v tabulke.

Zajímavý je i popis měření v šestém paragrafu:

(1) Na meranie rušivého svetla sa používajú fotometre určené na meranie v oblasti fotopického videnia s pomernou spektrálnou svetelnou účinnosťou $V(\lambda)$ podľa príslušnej technickej normy. Osvetlenosť okna sa meria na vonkajšej zvislej ploche v strede okna. Rušivý jas zdrojov svetla sa meria zo stredu okna.

Jak málo stačí, aby byly vyřešeny problémy s ekologickými aktivisty.

Ekologie není jen světlo vyzářené na oblohu

Slíbený návrat k plochým a bachratým krytům svítidel. Je třeba poznamenat, že řešení šetrné k životnímu prostředí se nezabývá pouze světelným tokem vyzářeným k obloze. Z environmentálního pohledu je nutné ještě posoudit příkon osvětlovací soustavy, počet jejích prvků. Použití svítidel s plochým sklem znamená použít vyšší počet svítidel než klasických (dle okolností je tento nárůst od 5 do 35%). To znamená navýšení spotřeby elektrické energie a také potřebu výroby většího počtu svítidel, stožárů a dalších komponent soustavy. Nárůst spotřeby i výroby je zase navýšení environmentální zátěže.

A poslední poznámka k environmentálním vlivům. Výroba svítidel s plochým sklem je technologicky a materiálově náročnější. Tato svítidla jsou tedy dražší než svítidla s plastovým krytem. A nejen to, připomínám, že je zapotřebí použít větší počet těchto svítidel. Důsledkem jsou tedy vyšší investiční a provozní náklady.

Je třeba zvážit, zda případná nižší zátěž nočního prostředí (nutno doložit kvalifikovaným výpočtem odborníka vzdělaného v oboru světelné techniky) je úměrná téměř jistě vyšší environmentální zátěži vyvolané vyšší spotřebou a nadvýrobou, a vynaloženým vícenásobným nákladům na realizaci a provoz osvětlení.

Selský rozum

Omezit nepříznivé účinky osvětlovacích soustav je možné. Nejjistějším způsobem je profesionální přístup k problému. Osvětlovací soustavy může navrhovat jedině kvalifikovaný odborník vzdělaný v oboru osvětlování. Kdokoli jiný, byť se za odborníka vydává, nemá potřebné vědomosti a znalosti. Pokud vás začne bolet zub, tak jistě nepůjdete k zámečnickovi. Byť má, stejně jako dentista, vrtačku i kleště. Nechoďte k zámečnickovi ani v případě potřeby řešit kvalitní osvětlení ohleduplně k nočnímu prostředí.

Literatura:

- [1] Nařízení Komise (ES) č. 245/2009 ze dne 18. března 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign zářivek bez integrovaného předřadníku, vysoce intenzivních výbojek a předřadníků a svítidel, jež mohou sloužit k provozu těchto zářivek a výbojek, a kterým se zrušuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/55/ES
- [2] ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory
- [3] Maixner, T.: Rušivé světlo Část 2. – „Ekologická“ svítidla. Světlo, 6/2005
- [4] Maixner T., Svítidla s plochým sklem? – <http://www.dql.cz/texty/skla.htm>
- [5] 539/2007 Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky zo 16. augusta 2007 o podrobnostiach o limitných hodnotách optického žiarenia a požiadavkách na objektivizáciu optického žiarenia v životnom prostredí

Návrh a výroba kulového integrátoru sloužící k měření malých svítidel a světelných zdrojů pro laboratoře VŠB – TU Ostrava

Ing. Jan Maňák, prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Kulový integrátor je dutá koule s vnitřním povrchem o vysoké odraznosti, s otvorem pro měřicí přístroj spolu se stínítkem a otvorem pro instalaci světelného zdroje (myšleno přívod napájení) popř. korekčního světelného zdroje také se stínítkem. Tato konstrukce slouží přednostně k měření světelného toku svítidla nebo světelného zdroje. Pro laboratoř VŠB-TU Ostrava bylo zapotřebí vyrobit tuto konstrukci o velikosti 40 centimetrů (laboratoř už dvěma kulovými integrátory, a to o poloměru 3 metry a cca 40 mm, disponuje) z důvodů rozšiřujících se nabídek výkonových světelných diod na trhu. Avšak nejen kvůli diodám, ale i kvůli malým halogenovým žárovkám, malým standardním žárovkám, malým diodovým svídlům apod.

Polokoule kulového integrátoru

Pro vlastní kulový integrátor byly opatřeny dvě polokoule o poloměru 20 cm, které byly vylisované z hliníkového plátu o tloušťce 2mm. Bylo zapotřebí provést povrchovou úpravu, aby mohly být nanесeny vrstvy barev k vytvoření odrazného povrchu dle normy ČSN 36 0010, která pozbývá platnosti k 8/1996 a je nahrazena normou ČSN 36 0011-3 obdobného znění. Základ povrchu je nanесení tří vrstev:

1. Základní nátěr – byla zvolena syntetická barva matného odstínu 201 bílá, základová, 3 nátěry
2. Bílý podkladový nátěr – zvolena barva Latex bílý, vysoce stěru odolná, podkladová, 7 nátěrů
3. Bílý vrchní nátěr – použitý doporučený roztok síranu barnatého, roztok čistě bílý, barevně neselektivní, vysoce náchylný na dotek, počet nátěrů není přesně definovatelný

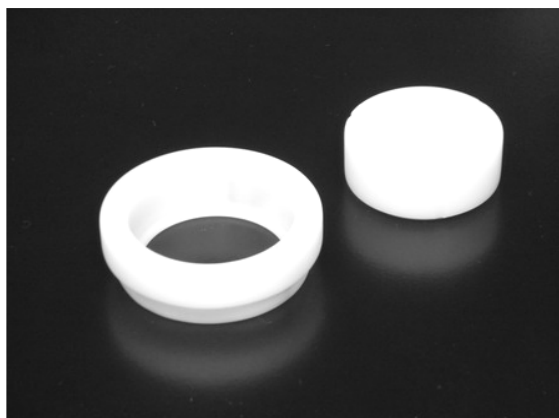
Ad 3. roztok síranu barnatého byl připraven z destilované vody, síranu barnatého, jemně sraženého, chemicky čistého, a ze sodné formy carboxymethylcelulosy. Jako disperzní činidlo byl použit hexametafosforečnan sodný. Přesné poměry, postup i teplota míchání viz norma. Nanášení nátěrů bylo problematické právě pro specifikum této hmoty. Roztok nekryje, bobtná, krabatí se a po několikáté vrstvě se odlepuje. Právě proto není uvedeno počet vrstev, protože mnohé místa povrchu polokoulí bylo zapotřebí přetírat, brousit a znovu přetírat. Vnější nátěr polokoulí byl opatřen černou, matnou barvou čistě z laboratorních důvodů. Lem, neboli místo dotyku polokoulí, byl opatřen těsnicí páskou, aby co nejlépe světelně zatěsnil spojení polokoulí (viz obr. 1).



Obrázek 13: Spodní polokoule integrátoru

Redukční kroužky otvorů kulového integrátoru

V návrhu se počítalo s otvorem pro přivedené napájení a s otvorem pro měřící sondu. Z tohoto důvodu byly v obou polokoulích (polotovarech) vylisovány otvory o průměru 45 mm. Byly vytvořeny dva redukční kroužky pro sondy měřících přístrojů a to pro Luxmetr PU 550 a Spektrofotometr AvaSpec 2048. Jeden průchodný kroužek byl vytvořen pro korekční zdroj a přívod napájení k zdroji měřenému (viz obr. 2).



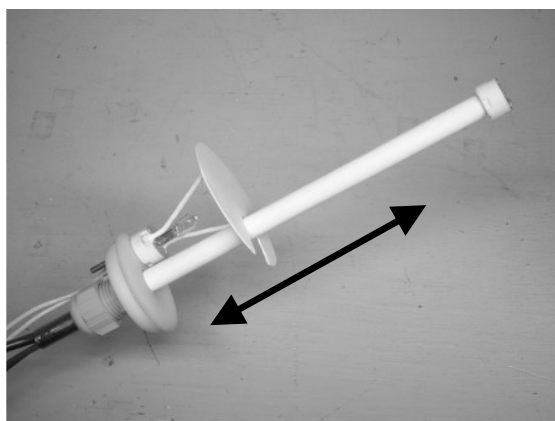
Obrázek 14: Redukční kroužky pro měřící sondy

Clony a distanční trubice

V kulovém integrátoru je zapotřebí použití clon pro odstranění přímé složky. Clony pro měřící přístroj a korekční svítidlo byly vytvořeny v poloměrech 66mm a 33mm, které vycházejí ze vztahu v závislosti na průměru koule. Přichyceny byly pomocí drátěných noh k redukčním kroužkům. Trubice o průměru 10 mm, kterou je přivedenou napájení měřeného zdroje, má výšku až 23 cm (posuvná délka, nastavitelná).

Kompletní sestava

Pro korekční zdroj světla byla zvolena patice GY4, protože korekčním zdrojem je halogenová žárovka pasující právě do patice. K průchodnému kroužku byla, kromě korekčního zdroje a stínítka připevněna průchodka PG 13,5 mm, do které zapadá distanční trubice, a díky které trubici lze nastavovat na požadovanou výšku (viz obr. 3).



Obrázek 15: Soustava k upevnění s korekční žárovkou

Na distanční trubici lze dále upevňovat nejrůznější druhy patic pro instalaci měřeného zdroje. Korekční kroužky zapadají do otvoru horní polokoule, a obě polokoule se přiklopí na sebe a uzavřou třemi šrouby v otvorech, které jsou v nezaměnitelné poloze. U kulového integrátoru je třeba na závěr konstrukce řešit jeho upevnění, protože tvar koule není dostatečně polohově stabilní. Upevnění nebo zasazení lze provést mnoha způsoby. V této konstrukci byl kulový integrátor usazen v rozvodné skříni s aretací a elektrickou lištou. Přívodní napájení bylo protáhnuto trubicí a servisním otvorem a uchyceno na svorkách skříně. Průchodkou bylo tak možno přivádět napájecí napětí, popř. napětí z usměrněného zdroje.



Obrázek 16: Kulový integrátor 40 cm

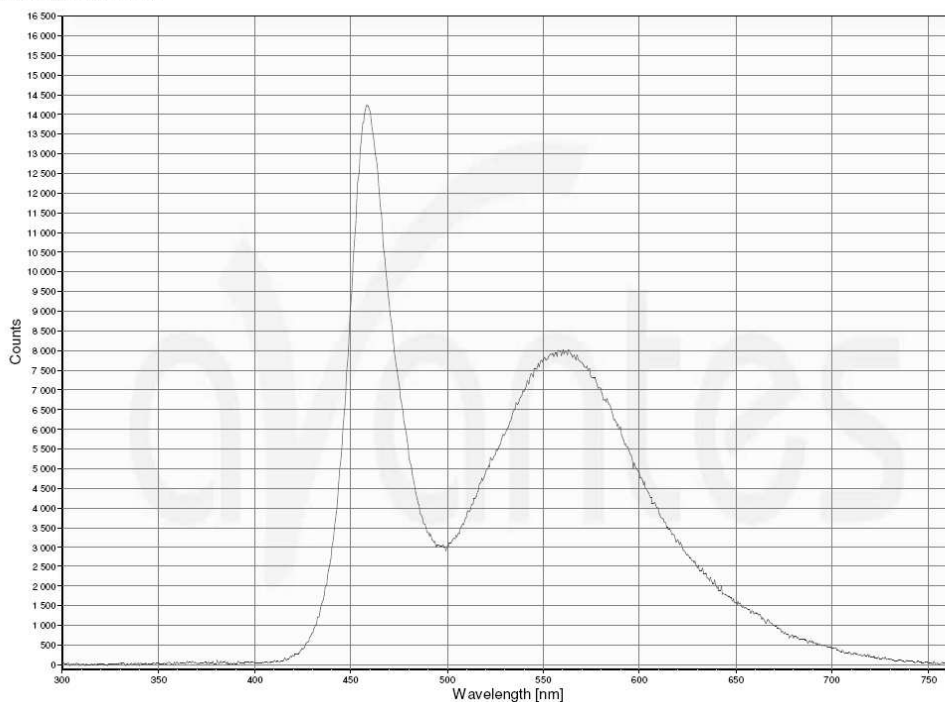
Závěr

Kulový integrátor byl kompletně navrhnout a sestaven pouze z polotovárů. Koule byla opatřena nátěrem dle normy, doplněna o nutné vybavení, možnost uchycení a připojitelnosti měřených zdrojů a měřících přístrojů. Byla taktéž provedena měření světelných a kolorimetrických veličin (světelný tok, teplota chromatičnosti, index podání barev aj.) a to jak zdrojů inkadescenčních, tak zdrojů LED a malých LED svítidel.

Tendence vývoje ve světelné technice roste. Od toho se vyvíjí i zmenšující se rozměry a stoupající měrné výkony. Je tedy zapotřebí vybavit měřící pracoviště. Měření, které proběhly na takto sestrojeném kulovém integrátoru dokazují, že tato měřící konstrukce vyhovuje požadavkům k měření nových světelných zdrojů a svítidel. V laboratoři VŠB-TU Ostrava, ve které měření proběhlo, se nadále konstrukce používá a je zapojena jak do výuky, tak do nabízených kontrolních měření.

AvaSoft 7.4 Avantes S/N: 0608003S1 bílá
Current Wavelength=745,895 nm

23.4.2010



Obrázek 17: Spektrální charakteristika LED 5mm bílá

- [1] Maňák J., *Vybraná spektrofotometrická měření*, Diplomová práce VŠB – TU Ostrava, 2010
- [2] Habel J., *Základy světelné techniky (4)*, Světlo – časopis pro světelnou techniku a osvětlování č. 4, FCC Public s. r. o., Praha, 2009
- [3] Sokanský K., *Elektrické světlo a teplo*, Skripta VŠB – TU Ostrava, 1990
- [4] ČSN 36 0010, *Nátěr fotometrického integrátoru a jeho příprava*

Prosklené kanceláře s PC z hlediska faktorů prostředí

Ing. Zuzana Mathausarová, NRL SZÚ Praha, zmat@szu.cz

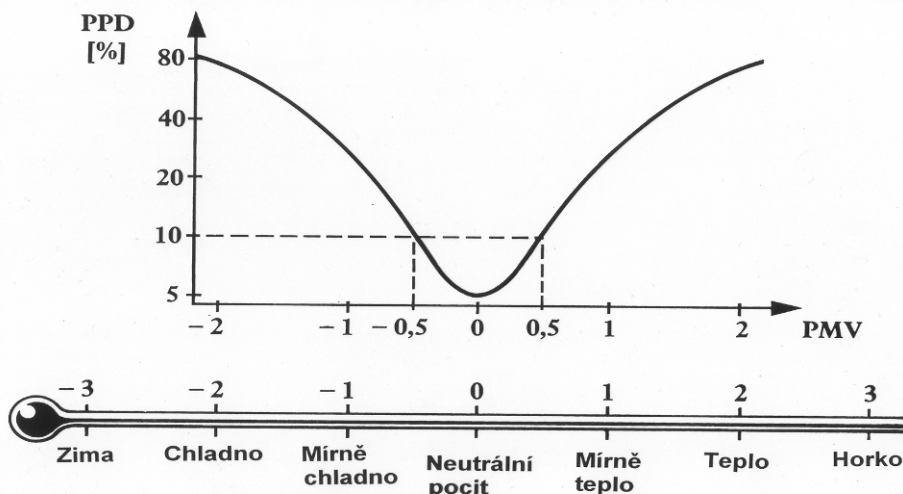
Ing. Jana Lepší, ZÚ se sídlem v Plzni, jana.lepsi@zuplzen.cz

Současně budovaná office centra známe jako nové administrativní budovy, většinou plně klimatizované, s řadou kancelářů typu open space, ale i technickým a technologickým zázemím, školícími a výukovými prostory, recepcí i vlastním stravovacím zařízením.

Nově budované prostory umožňují nejmodernější přístrojové vybavení, ergonomické uspořádání dobře osvětlených pracovních míst. Požadovanou kvalitu přiváděného vzduchu a dodržení všech hygienických limitů pro mikroklimatické podmínky i případné chemické látky v ovzduší zajistí správně nadimenzovaná a provozovaná klimatizace, která umí splnit odlišné požadavky v jednotlivých prostorách podle jejich využití, orientace fasády ke světovým stranám, hluková zátěž prostoru je minimální a podobně. Taková je teorie - a praxe?

Problémy, které se zde vyskytují (tj. problémy s kvalitou vnitřního prostředí budov vyjádřenou jednotlivými fyzikálními a chemickými faktory prostředí) jsou obecnými problémy všech nových plně klimatizovaných budov a velkoprostorových administrativních pracovišť. Máme-li ve velkém prostoru s řadou pracovních míst (jejichž uspořádání omezuje pocit soukromí) strojním a přístrojovým vybavením a řadou různých činností zajistit pro všechny přítomné optimální podmínky, bývá to velmi nesnadný úkol. Každý člověk má trochu jinou představu o optimálních podmínkách na svém pracovišti - jejich subjektivní vnímání nemusí vždy odpovídat požadavkům našich předpisů. Dalším problémem je vlastní konstrukce budov s přemírou skla a tudíž velkých tepelných zisků ze sluneční radiace v létě a ochlazovacím účinkem prosklených ploch v zimě.

Asi největší a nejvíce pocíťovaný vliv má teplota vzduchu. Víme, že tepelné podmínky mají mnohem větší vliv na subjektivní pocit pohody člověka, míru odpočinku i skutečnou výkonnost než nežádoucí škodliviny či obtěžující hluk. Jak ale zajistit většímu počtu osob v jednom prostoru optimální teploty? Vnímání teplot je velmi individuální záležitost, závisí na mnoha ukazatelích - stáří člověka, pohlaví, okamžitém zdravotním stavu, okamžitém psychickém stavu a celé řadě dalších. Vždy bude existovat část osob v daném prostoru, která bude s tepelně vlhkostními podmínkami nespokojena - jak ukazuje i ČSN EN ISO 7730 (obr. 1). Někdy se potom může lišit skutečná tepelná zátěž organismu a subjektivní pocit vnímání tepelného prostředí.



• Obr. 1: Vnímání tepelného stavu prostředí vyjádřené procentem osob nespokojených s daným tepelným stavem - podle ČSN EN ISO 7730 (PPD - podíl nespokojených [%], PMV - střední tepelný pocit)

PPD 10, tj. 10 % osob nespokojených s daným tepelným stavem prostředí odpovídá hodnotám teplot, které se v platných předpisech a ČSN udávají jako optimální, PPD 20, tj. 20 % osob nespokojených s daným tepelným stavem prostředí odpovídá hodnotám ještě přípustným - ty nemají u zdravého jedince vliv na jeho zdraví, ale mohou být pocíťovány již jako tepelný diskomfort.

Nedokážeme ovlivnit zdroje tepla ve vnitřním prostředí, ale umíme účinně zabránit vnější tepelné zátěži. Stínící prvky - předokenní rolety, markýzy, vnější žaluzie, donedávna považované za určitý

nadstandard, musí být pro zachování vhodných vnitřních podmínek samozřejmostí. Ale právě tady může být jeden ze zdrojů stížností na nevhodné parametry vnitřního prostředí. Všichni mají právo na denní osvětlení - i když velkoprostorová pracoviště většinou nejdou řešit bez osvětlení sdruženého. Pracovníci u oken obhajují zatažené žaluzie - z důvodu sluneční radiace, oslnění, ovlivnění kontrastu při práci s počítači apod. Pracovníci na opačném konci pracoviště se naopak dožadují alespoň trošky denního světla.

Na pocitu tepelné pohody se podílí i další mikroklimatické faktory - rychlost proudění vzduchu a vlhkost vzduchu.

Rychlost proudění vzduchu

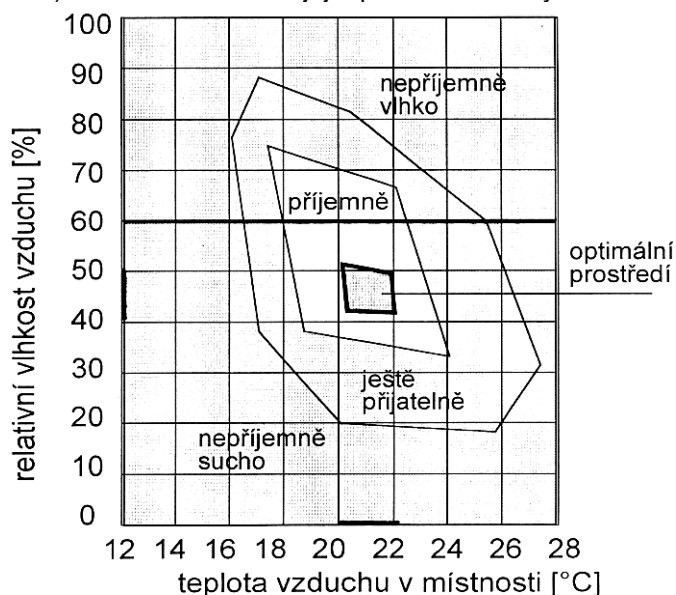
Je-li nízká, tj. pod $0,05 \text{ m.s}^{-1}$, navozuje pocit „stojícího“ vzduchu, má minimální ochlazovací účinek. Důsledkem je, zvláště při vyšší teplotě vzduchu, rychlý nárůst únavy, nesoustředěnosti, chybovosti ... Na pracovních místech, kde je nezbytná trvalá soustředěnost pracovníků, např. u operátorů, pracovníků velinů, apod., je nutné vždy zajistit proudění vzduchu, ale tak, aby proudící vzduch pracovníky neobtěžoval. Rychlosti proudění nad $0,25 \text{ m.s}^{-1}$ mohou již někteří citlivější jedinci vnímat rušivě - stěžují si na „průvan“. Ten může mít i zdravotní důsledky. Proudícím vzduchem dochází k odpařování potu a tím ochlazování člověka. Je-li ochlazovací účinek vysoký, může dojít k prochlazení části těla vystavené proudění - přestože okolní teploty vzduchu jsou vysoké.

Ne vždy je ve fázi projektu známé přesné umístění pracovních míst. A tak se setkáváme i s tím, že pracovníci přímo sedí nad vyústkou přiváděného vzduchu podlahou, nebo v proudu přiváděného vzduchu z vyústky nad hlavou. Takto proudící vzduch přímo na pracovním místě způsobuje i velký rozdíl vertikálního teplotního gradientu - liší se teplota vzduchu v místě hlavy a kotníků pracovníka. Náprava je zdánlivě jednoduchá - změnit umístění pracovního místa.

Na vstupních recepcích je na ochranu pracovníků před proudícím chladným vzduchem a venkovním znečištěním nezbytná instalace dveřních vzduchových clon, nebo vybudování zádveří. Potom nejsou již vnitřní mikroklimatické podmínky závislé na četnosti a době otevření vstupních dveří.

Vlhkost vzduchu

Bývá problémem při ohřevu vzduchu bez jeho dovlhčení. Relativní vlhkost vzduchu v zimním období by neměla klesnout pod 20 %. To je již problematické prostředí, ve kterém dochází k vysychání sliznic, tedy ztrátě jejich obranyschopnosti organismu a následným zdravotním obtížím (nárůstu respiračních onemocnění). Vnímání vlhkosti a její optimální hodnoty ve vnitřním prostředí budov jsou na obr. 2.



• Obr. 2: Vnímání vlhkosti vzduchu v závislosti na teplotě v místnosti

Jednoznačné požadavky na mikroklimatické požadavky na pracovištích - jako celoročně přípustné hodnoty jsou uvedeny v nařízení vlády č. 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci -viz tab. 1.

Tab. 1: Celoročně přípustné mikroklimatické podmínky na administrativních pracovištích (odpovídá vykonávané činnosti, resp. energetickému výdeji M, pro třídu práce I)

Třída práce	energetický výdej M (W.m ⁻²)	Operativní teplota t _o (°C) Výsledná teplota kulového teploměru t _g (°C)		rychlost proudění vzduchu v _a (m.s ⁻¹)	relativní vlhkost vzduchu rh (%)
		t _o min nebo t _g min	t _o max nebo t _g max		
I	≤ 80	20	28	0,1 až 0,2	30 až 70

Problémy s teplotami na administrativních pracovištích jsou v letních měsících častým důvodem ke stížnostem.

Pokud se při našich měřeních pohybovaly venkovní teploty vzduchu nad 28 °C, setkali jsme se uvnitř budov na jednotlivých pracovištích (vícepodlažní administrativní budovy s jednoduchou i zdvojenou prosklenou fasádou) s následujícími extrémy:

- **Pracoviště s přirozeným větráním - teploty přesahující 30 °C (teplota před fasádou 50 °C)**
- **Nuceně větraná pracoviště - teploty kolem 30 °C**
- **Klimatizovaná pracoviště - teploty kolem 28 °C**

Opravdu vysoké teploty jsou problém, který je technicky řešitelný (otázkou je ale ekonomika provozu technického řešení). My se ale v uvedených typech budov setkáváme při řešení kvality prostředí na pracovišti i s problémem, který spíše souvisí s lidskou psychikou. Zaměstnanci tvrdí, že při zastíněných neotevratelných oknech nemohou na pracovišti dýchat, mají nedostatek vzduchu o nevyhovující teplotě - přestože klimatizační jednotka zajišťuje cca pěti až osmi násobnou výměnu vzduchu a mikroklimatické podmínky odpovídající limitům v předpisech. Jediným řešením je pak umožnit lidem aby si „mohli otočit knoflíkem termoregulátoru“, vysvětlit jim dobu setrvačnosti systému a zajistit jim pocit, že si prostředí mohou přizpůsobit svým požadavkům.

Přibývá administrativních budov, jejichž obvodový plášť z velké části tvoří sklo. Často jsou oceňovány jako architektonické skvosty. Podívejme se však na prostory v těchto budovách z pohledu pracovníka, který sedí u počítače. Z hlediska osvětlení se jedná o místa s dlouhodobým pobytem s náročnou zrakovou činností. Jaké jsou požadavky na osvětlení, stanovuje Nařízení vlády 361/2007 Sb., které se odvolává na technické normy. Jsou zde stanoveny i podmínky ochrany zdraví při práci se zobrazovacími jednotkami. Normy také určují, co vše musí uvádět projektant.

Denní osvětlení v budovách s proskleným obvodovým pláštěm, příp. ještě střechou je vždy nutné řešit jako kompromis mezi potřebou denního světla a energetickými nároky na úpravu tepelného stavu prostředí - chlazení v létě jako eliminaci nadměrných tepelných zisků ze sluneční radiace a vytápění v zimě s ohledem na velké chladné prosklené plochy.

Požadavky na osvětlení kanceláře podle platné legislativy

Základní požadavky na osvětlení kanceláře obsahuje Nařízení vlády 68/2010 Sb., kterým se mění NV 361/2007 Sb.

Hlava II Bližší hygienické požadavky na osvětlení pracoviště § 45 Osvětlení pracoviště

1...Osvětlení pracoviště a spojovacích cest mezi jednotlivými pracovišti denním, umělým nebo sdruženým osvětlením musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví v souladu s normovými hodnotami a požadavky. Normovou hodnotou se rozumí konkrétní hodnota denního, umělého nebo sdruženého osvětlení obsažená v příslušné české technické normě upravující hodnoty denního, sdruženého a umělého osvětlení. Normovým požadavkem se rozumí technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě (ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení a ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - osvětlení pracovních prostorů-Část 1: Vnitřní pracovní prostory). Osvětlení nesmí být příčinou oslňování.

2. Pracoviště, které je osvětlováno denním osvětlením, pokud na něm může docházet ke zvýšené tepelné zátěži nebo oslňování, musí mít osvětlovací otvory vybaveny clonicími zařízeními umožňujícími regulaci

přímého slunečního záření. U bočního osvětlovacího otvoru na pracovišti umožňujícího pohled ven nesmí jejich výplně tomu bránit.

Hlava IV Podmínky ochrany zdraví při práci se zobrazovacími jednotkami § 50 - Bližší hygienické požadavky na zobrazovací jednotky

1. ... obrazovka: Jas a kontrast mezi znaky a pozadím na obrazovce musí být snadno regulovatelný i vzhledem k okolním podmínkám. Obrazovka musí svou konstrukcí umožňovat posunutí, natáčení a naklání podle potřeby zaměstnance. Musí být umístěna tak, aby na ní nevznikaly reflexy svítidel či z jiných zdrojů jako jsou okenní otvory, světlé stěny, nábytek a podobně. Vzdálenost obrazovky od očí pro obvyklou kancelářskou práci nesmí být menší než 400 mm, jas obrazovky nesmí být menší než 35 cd/m².

2... Povrch klávesnice musí být matný, aby na něm nevznikaly reflexy. Písmena, číslice, a symboly na tlačítkách musí být dobře čitelné a kontrastní proti pozadí.

3...Deska pracovního stolu a dalšího zařízení musí být matná, aby na ní nevznikaly reflexy.

Další požadavky obsahuje norma pro umělé osvětlení **ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů** - Část 1: Vnitřní pracovní prostory

Hlavní parametry

1. Rozložení jasu L (kap. 4.2)

Rozložení jasů v zorném poli určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu.

Velmi dobře vyvážený adaptační jas je potřebný ke zvětšení:

- *zrakové ostrosti (ostrosti vidění)*
- *kontrastní citlivosti (rozlišení malých poměrných rozdílů jasu)*
- *účinnosti zrakových funkcí*

Rozložení jasu v zorném poli ovlivňuje také zrakovou pohodu. Z tohoto důvodu je nutné vyloučit:

- *příliš velké jasy, jež mohou zvětšit oslnění,*
- *příliš velké kontrasty jasů, jež mohou způsobit únavu v důsledku trvalé readaptace zraku,*
- *příliš malé jasy a kontrasty jasů, jež vedou k monotónnímu nestimulujícímu pracovnímu prostředí*

Účelný rozsah činitelů odrazu hlavních povrchů místnosti:

povrch	odraznost
strop	0,6 až 0,9
stěny	0,3 až 0,8
pracovní roviny	0,2 až 0,6
podlaha	0,1 až 0,5

Národní příloha NA (Změna Z1) - informativní

Doporučený optimální poměr jasu místa zrakového úkolu k jasů bezprostředního okolí úkolu a k jasů pozadí (prostoru) je poměr 10 : 4 : 3.

2. a) Osvětlenost - \bar{E}_m (kap. 4.3, 4.3.1)

Udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (kap. 3.4) je hodnota průměrné osvětlenosti na daném povrchu, pod kterou nesmí osvětlenost poklesnout (kdy již má být provedena údržba).

Hodnoty uvedené (v kap. 5) jsou udržované osvětlenosti v místech zrakového úkolu na srovnávací rovině, jež může být vodorovná (horizontální), svislá (vertikální) nebo nakloněná.

Dle tabulek **ČSN EN 12464-1** je v místě zrakového úkolu doporučená průměrná osvětlenost:

tab. 5.3 Administrativní prostory (**Kanceláře**)

- **psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat - 500 lx** (referenční číslo 3.2)

Průměrná osvětlenost v každém místě zrakového úkolu (na pracovním místě) se nesmí zmenšit pod tuto hodnotu bez ohledu na stáří a stav osvětlovací soustavy. Udržované osvětlenosti zajišťují potřebnou zrakovou pohodu a zrakový výkon. Tyto hodnoty platí pro normální zrak. Hodnota osvětlenosti může být upřesněna (zvýšena) nejméně o jeden stupeň řady osvětleností, liší-li se zrakové podmínky od normálních předpokladů (vyhovujícího denního osvětlení).

Národní příloha NA (Změna 1) - informativní

pozn.: Vyhovující denní osvětlení v prostorech s trvalým pobytem osob je doporučeno požadovat za nutný předpoklad dobrých zrakových podmínek.

V prostorách s trvalým pobytem osob (dle NV 68/2010 Sb. kterým se mění NV 361/2007 Sb. **trvalá práce** - práce vykonávaná po dobu delší než 4 hod. za směnu) **nesmí být udržovaná osvětlenost menší než 200 lx** (za normálních zrakových podmínek).

Udržované osvětlenosti zajišťují potřebnou zrakovou pohodu a zrakový výkon.

b) Osvětlenost bezprostředního okolí zrakového úkolu - \bar{E}_m (ČSN EN 12464-1 kap. 4.3.2)

Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu musí souviset s osvětlením místa zrakového úkolu a má poskytovat vyvážené rozložení jasů v zorném poli.

Velké prostorové změny osvětleností v okolí úkolu mohou způsobit namáhání zraku a zrakovou nepohodu.

Osvětlenost bezprostředního okolí zrakového úkolu může být menší než osvětlenost úkolu, avšak nesmí být menší než hodnoty uvedené v **tabulce 1.**

Osvětlenost úkolu [lx]	Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu [lx]
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{\text{úkolu}}$
rovnoměrnost osvětlení: $\geq 0,7$	rovnoměrnost osvětlení: $\geq 0,5$

c) Rovnoměrnost osvětlení - r (kap. 4.3.3)

Rovnoměrnost osvětlení r je poměr minimální a průměrné osvětlenosti na daném povrchu.

Osvětlení místa zrakového úkolu musí být co nejrovnoměrnější. Rovnoměrnost osvětlení místa úkolu a bezprostředního okolí úkolu nesmí být menší než hodnoty uvedené v tabulce 1.

Národní příloha NA (Změna 1) - informativní

Doporučuje se však dodržet minimální hodnota rovnoměrnosti osvětlení prostoru 0,3. Splnění tohoto požadavku pomůže zamezit vytvoření velkých kontrastů jasů v prostoru.

Doporučuje se, aby poměr průměrných osvětleností při celkovém nebo odstupňovaném osvětlení mezi sousedními propojenými prostory (např. dveřmi) nebyl menší než 1:5 (0,2).

3. Oslnění (kap. 4.4)

Oslnění je způsobeno povrchy s velkým jasnem v zorném poli a může být pocítováno buď jako rušivé nebo jako omezující oslnění. Oslnění způsobené odrazy v zrcadlových površích je běžně chápáno jako závojové oslnění nebo jako oslnění odrazem. Omezení oslnění je důležité pro vyvarování se chyb, únavy a úrazů.

Ve vnitřních pracovních prostorech může být oslnění způsobeno přímo svítidly a okny s velkým jasnem.

Tomu lze zabránit například vhodným cloněním světelných zdrojů nebo zastíněním oken žaluziemi.

Dle ČSN EN 12464-1 je pro činnosti stanovena mezní hodnota omezení oslnění UGR_L

- psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat (referenční číslo 3.2) $UGR_L = 19$

4. Podání tvaru (kap. 4.5.1)

Osvětlení nesmí být příliš směrové, nesmí vytvářet ostré stíny ani se nesmí podání tvaru zcela ztratit.

5. Hlediska barev

a) Barevný tón světla (kap. 4.6.1)

tabulka 3

Barevný tón světla	Náhradní teplota chromatičnosti T_{cp} [K]
teple bílý	do 3 300
neutrálně bílý	3 300 až 5 300
chladně bílý	nad 5 300

b) Podání barev (kap. 4.6.2)

Je důležité, aby barvy předmětů a lidské pokožky v prostředí byly podány přirozeně.

Index barevného podání R_a

Minimální hodnoty všeobecného indexu podání barev jsou uvedeny v tab. ČSN EN 12464-1:

tab. 5.3 Administrativní prostory (Kanceláře)

- psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat (referenční číslo 3.2) $R_a \geq 80$

Světelné zdroje s indexem podání barev menším než 80 nesmí být použity ve vnitřních prostorech, v nichž osoby pracují nebo pobývají dlouhodobě.

6. Míhání a stroboskopické jevy (kap. 4.7)

Míhání působí rušivě a může vyvolat fyziologické projevy jako bolest hlavy.

Osvětlovací soustavy musí být navrženy tak, aby nevznikala míhání ani stroboskopické jevy.

7. Udržovací činitel (kap. 4.8)

Doporučená osvětlenost pro každý zrakový úkol se uvádí jako udržovaná osvětlenost. Udržovací činitel závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníků, svítidel, prostředí a na plánu údržby.

Projektant musí:

- uvést udržovací činitel a přehled předpokladů přijatých při odvození jeho hodnoty,
- specifikovat osvětlovací zařízení vhodné pro užití v daném prostředí,
- připravit kompletní plán údržby, včetně intervalů výměny světelných zdrojů, čištění svítidel a místností a způsobů jeho provádění.

8. Energetická hlediska (kap. 4.9)

Osvětlovací soustava musí vyhovovat požadavkům na osvětlení daného prostoru bez plýtvání energií. Přesto je důležité nedělat kompromisy z hlediska vizuálního a jednoduše nezmenšovat spotřebu energie. To vyžaduje zvolit vhodnou osvětlovací soustavu, zařízení, řízení a využití dostupného denního světla.

9. Denní světlo (kap. 4.10)

Denní světlo může poskytovat úplné nebo částečné osvětlení pro zrakový úkol. Okna mohou poskytovat vizuální kontakt s okolním světem. Tomuto většina lidí dává přednost. V místnostech s bočními okny se poskytované světlo prudce zmenšuje se vzdáleností od oken. K zajištění požadovaného osvětlení na pracovních místech a k vyrovnání rozložení jasů v místnosti je nutné doplňkové osvětlení.

K omezení oslnění okny musí být použito stínění tam, kde je to možné.

10. Osvětlení pracovních míst - zobrazovací jednotky

Osvětlení pracovních míst musí vyhovovat všem úkolům na nich vykonávaných, např. čtení na displeji, tištěného textu, rukopisu a práce na klávesnici.

Zobrazovací jednotky a v některých případech i klávesnice vykazují odlesky, jež způsobují omezující a rušivé oslnění. Je proto nutné vybrat, rozmístit a uspořádat svítidla tak, aby se odstranily odlesky o velkém jasů.

Požadavky dle normy **ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení**

4.1.1 Sdružené osvětlení při dlouhodobém působení není z hlediska vlivu na člověka rovnocenné v plném rozsahu dennímu osvětlení, ale je podstatně příznivější, než osvětlení pouze umělé.

4.2.1 Celkové sdružené osvětlení ve vnitřních prostorech nově navrhovaných staveb nebo v jejich funkčně vymezených částech se může použít pouze v odůvodněných případech...

Přitom se nenadřazují hlediska technická a ekonomická nad hlediska hygienická.

4.4.1 ... Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti 1% musí být splněna ve všech případech...

4.5.2 ...U udržovaných osvětleností 200 lx až 500 lx včetně se však navýší o jeden stupeň řady osvětleností podle 4.1 ČSN EN 12665:2003 (tj. u kancelářů z 500 lx na 750 lx).

4.7.2 Jasy svítidel se posuzují podle 4.4.1 ČSN EN 12464-1:2004.

4.7.3 Jasy osvětlovacích otvorů mají vyhovovat ČSN 73 0580-1.

Poznámka: Orientačně je možné považovat jasové poměry za vyhovující, pokud poměr jasu pozorovaného předmětu a průměrného jasu osvětlovacího otvoru při stavu oblohy (20 000 lx) nepřekročí pro třídu IV (běžné kanceláře) poměr jasů 1:80.

4.8.1 Sdružené osvětlení se má navrhovat tak, aby se co nejhospodárněji využilo denního světla a aby se co nejméně muselo nahrazovat umělým světlem.

4.9 Zdroje doplňujícího umělého osvětlení

poznámka: Při hodnotách 200 lx až 750 lx doplňující umělé osvětlení se osvědčily světelné zdroje s T_{cp} v rozmezí 4 000 až 5 000 Kelvín a R_a nejméně 80.

Požadavky dle normy **ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov - část 1: Základní požadavky**

kap. 4.5.2

Denní osvětlení musí být navrženo tak, aby uživatelé vnitřních prostorů byli chráněni proti oslnění, a to jak při zatažené obloze, tak při jasné nebo polojasné obloze.

kap. 4.5.3

Vnitřní prostory budov se mají chránit před vnikáním přímého slunečního světla v těch případech, kde by mohlo zhoršovat zrakovou pohodu a oslňovat, zejména u činností třídy I až IV (běžná kancelář) podle tabulky. Kde se nevyžaduje proslunění...; u ostatních prostorů se může použít pevných nebo pohyblivých zařízení pro regulaci přímého slunečního světla.

kap. 4.5.4

Jas osvětlovacích otvorů při průhledu na oblohu nebo při ozáření sluncem nesmí být při běžném směru pohledu tak velký, aby způsoboval oslnění; přitom je vždy nutné brát ohled na úhel umístění osvětlovacích otvorů od obvyklého směru pohledu pozorovatele.

Při úhlu menším než 60° od obvyklého směru pohledu nemá poměr jasu pozorovaného předmětu a oblohy viděné oknem překročit hodnotu 1:200.

Pozn.: Při hodnocení přípustného jasu osvětlovacích otvorů je nutné vzít v úvahu, zda je směr pohledu omezen trvale jen na určitou část vnitřního prostoru, zda se často mění nebo zda je prakticky neomezený.

kap. 4.5.5

Pro vytvoření podmínek zrakové pohody mají být dodrženy tyto hranice poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele mezi pozorovaným předmětem a

- a) plochami bezprostředně obklopujícími pozorovaný předmět (blízké okolí) 1:1 až 3:1
- b) vzdálenými tmavými plochami 1:1 až 10:1
- c) vzdálenými světlými plochami 1:1 až 1:10

Přitom se předpokládá rozsah pozorovaného předmětu v kuželu se středovým úhlem do 10° od směru pohledu, pozadí od 10° do 60° a vzdálených ploch více než 60°.

kap 4.6.1

Pro povrchy vnitřních prostorů budov a jejich zařízení se používají nelesklé materiály a povrchové úpravy, aby nedocházelo k oslňování odrazem světla. Lesklých povrchů lze používat jen v odůvodněných případech a na takovém místě, kde nemohou způsobit oslnění. Zvláště se musí zabránit oslnění odrazem světla od lesklých povrchů v dolní části zorného pole, na které je lidský zrak zvláště citlivý (např. lesklá pracovní plocha, lesklá podlaha apod.).

kap. 4.6.3

Hodnoty činitele odrazu světla hlavních povrchů vnitřních prostorů se navrhují v těchto mezích (v novém stavu)

- a) strop s činitelem odrazu světla 0,7
- b) stěny s činitelem odrazu světla 0,5
- c) plochy bezprostředně sousedící s osvětlovacími otvory (okenní příčle, rámy, parapety, pilíře, okenní stěny při bočním osvětlení...) s činitelem odrazu světla nejméně 0,7
- d) podlahy nebo podlahové krytiny s činitelem odrazu světla 0,3

Od těchto hodnot se lze odchýlit:

- a) jde-li o menší plochy nebo jejich části, které nemají vliv na osvětlení a zrakovou pohodu
- b) vyplývá-li návrh z funkčního nebo výtvarného záměru, nezhoršuje-li zrakovou pohodu a hospodárnost osvětlení a nezvyšuje-li energetickou náročnost budovy.

kap. 4.6.4

Kolorita povrchů se musí navrhovat také s ohledem na odražené světlo a podání barev. Ve vnitřním prostoru, kde záleží na barevném podání a na rozlišování barev, se nemá použít na větší plochy barevných odstínů, které mohou barevné podání nepříznivě ovlivnit (výrazné, syté barevné odstíny).

kap. 4.7.1

...posuzovat komplexně ... s cílem dosáhnout vyhovujících podmínek zrakové pohody prostředí co nejúsporněji a s co nejmenší celkovou spotřebou energií při realizaci i užívání budov.

kap. 4.7.5

...snadný přístup k ovládání, údržbě a čištění konstrukcí osvětlovacích otvorů.

kap. 4.9.1

4.9.1 Zařízení a prostředky pro regulaci denního osvětlení vnitřních prostorů budov se navrhují tak, aby co nejméně omezovaly denní osvětlení v době, kdy je ho nedostatek (při zatažené obloze v zimním období).

kap. 4.9.2 Vnitřní povrchy clon, žaluzií, rolet a závěsů mají mít činitel odrazu světla přibližně tak velký, jako okolní stěny.

Požadavky dle normy **ČSN 730580-4 Denní osvětlení budov** - část 4 Denní osvětlení průmyslových budov **kap. 3.3**

Osvětlovací otvory v průmyslových budovách se navrhují tak, aby byly vnitřní prostory osvětleny v souladu s charakterem jejich využití. Zároveň musí být dostatečně chráněny proti nepříznivým účinkům přímého slunečního světla (oslňování, nadměrné kontrasty jasů) a současně přímého slunečního záření (nadměrná tepelná zátěž). Toho se docílí vhodnou volbou umístění, tvaru, sklonu a orientace osvětlovacích otvorů, popř. dalších opatření k regulaci podle 4.9 ČSN 73 0580-1. Možnosti řešení osvětlovacích otvorů a vhodného stupně ochrany pro různé druhy vnitřních prostorů a činností jsou uvedeny v tabulce 2.
tab. 2 - Ochrana vnitřních prostorů před přímým slunečním světlem a zářením

stupeň ochrany	druh činnosti	vyhovující řešení osvětlovacích otvorů
3	středně přesná práce (práce s počítači - třída zrakové činnosti IV)	okna orientovaná k SV a SZ

Venkovními žaluziemi se zvýší ochrana o 3 až 4 stupně (vnitřní žaluzie pouze o 1 až 2 stupně).

Posuzované pracoviště



Počítačové pracoviště během dne (2006) osvětlení



Počítačové pracoviště bez denní složky



Počítačové pracoviště s matnou dolní částí (2010)



Další nová pracoviště

Toto pracoviště s obrazovkou dle předpisů:

Dle NV 68/2010 Sb. kterým se mění NV 361/2007 Sb.: Jas obrazovky nesmí být menší než 35 cd/m^2 - splněno.

Světlopropouštějící stěny nesmí způsobovat přímé oslnění a odrazy na obrazovkách. Okna musí být vybavená regulovatelnými žaluziemi k tlumení denního vnějšího světla - **nesplněno**.

Dle ČSN EN 12464-1: Doporučený optimální poměr jasů 10 : 4 : 3 - **nesplněno**.

Osvětlenost pracovních míst stolů - nízká.

Dle normy ČSN 730580-1

Při úhlu pohledu menším než 60° od obvyklého směru pohledu nemá poměr jasu pozorovaného předmětu a oblohy hodnotu 1 : 200.

- **splněno, avšak v našem případě osvětlovací otvor (= celá stěna) spadá do zorného pole pracovníka** poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele mezi pozorovaným předmětem a

a) plochami bezprostředně jej obklopujícími (jeho pozadím) 1:1 až 3:1

ve skutečnosti (obrazovka : stěně - 1:22) - nesplněno

b) vzdálenými tmavými plochami 1:1 až 10:1 (ve dne nejsou)

c) vzdálenými světlými plochami 1:1 až 1:10

skutečně (obrazovka : obloze 1:35) - nesplněno

Z porovnání vyplývá, že toto pracoviště nespĺňuje požadavky platných předpisů. Budova byla, stejně jako mnoho podobných, zkolaudována a navíc získala ocenění stavba roku. Platí předpisy též pro architektky? Přestože došlo již ke druhé výměně majitelů této budovy, problémy na pracovištích přetrvávají. Nedodržení předpisů již v projektu se nese s každou stavbou dále.

Použitá literatura:

ČSN EN ISO 7730 - Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria tepelného komfortu

místního

Nařízení vlády 68/2010 Sb. kterým se mění NV 361/2007 Sb.

ČSN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - část 1: Vnitřní pracovní prostory (3/2004) + změna Z1 (národní příloha 5/2005)

ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení (2/2007)

ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov - část základní požadavky (6/2007)

ČSN 73 0580-4 Denní osvětlení budov - ČÁST 4: Denní osvětlení průmyslových budov

(9/1994)

Analýza účinnosti fotovoltaické a větrné elektrárny napájející svítidlo veřejného osvětlení

Doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D., Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.

VŠB- TU Ostrava, FEI, stanislav.misak@vsb.cz

V rámci příspěvku je představena účinnost hybridního systému tvořeného větrnou a fotovoltaickou elektrárnou, která napájí svítidlo veřejného osvětlení v areálu VŠB-TU Ostrava.

ÚVOD

Díky značnému rozmachu výstavby větrných a zejména fotovoltaických elektráren dochází k tomu, že další výstavba těchto obnovitelných zdrojů začíná narážet na problémy spojené s volnými kapacitami elektrických distribučních sítí, problémy se zajištěním podpůrných služeb a problémy se zpětnými vlivy na distribuční soustavu. Výstavba ostrovních systémů se proto jeví jako vhodný doplněk k naplnění kvót pro podíly obnovitelných zdrojů na výrobě elektrické energie dané nařízením EU č. bez výše zmíněných negativních důsledků na elektrizační soustavu.

Velikost instalovaného výkonu ostrovních systémů se po-hybuje od stovek wattů a až po jednotky megawattů. Tyto ostrovní systémy se využívají k napájení spotřebičů v přípa-dech, kdy je z nějakého důvodu problematické připojení k distribuční soustavě. Jedná se o napájení odlehlých obytných stavení, meteorologických stanic, atd.

Problémem ovšem zůstává volba vhodného obnovitelného zdroje pro ostrovní systém s ohledem na geomorfologické a meteorologické podmínky lokality. Jako optimální řešení se jeví kombinace malé větrné elektrárny a fotovoltaického zdroje, tedy tzv. hybridního systému. Výhoda této kombinace spočívá v tom, že v zimním období, kdy je intenzita slunečního záření nižší a tedy fotovoltaický panel dodává nižší množství elektrické energie, dosahuje rychlost větru vyšších hodnot, tedy v tomto období je potřebná elektrická energie hrazena z malé větrné elektrárny. Naopak v letním období je situace ve většině případů opačná. Intenzita slunečního záření je vysoká a větší část elektrické energie je vyrobena z foto-voltaického panelu a větrná elektrárna má pouze doplňkovou roli. Díky takto zvolené kombinaci zdrojů nemusí být kombi-novaný systém naddimenzován, jak by tomu muselo být v případě využití pouze jediného zdroje.

V areálu VŠB-TU Ostrava byly v roce 2009 vybudovány dva hybridní ostrovní systémy, jejichž detailním popisem se zabývá kapitola 2. Tyto hybridní ostrovní systémy slouží k napájení veřejného osvětlení.

POPIS KOMPONENT HYBRIDNÍHO OSTROVNÍHO SYSTÉMU

První hybridní ostrovní systém, Obr. 1, realizovaný v areálu VŠB – TUO, využívá jako zdroje elektrické energie klasickou malou větrnou elektrárnu s horizontální osou otá-čení a fotovoltaický panel. Druhý hybridní systém, Obr. 4, je koncipován obdobně, na rozdíl od prvního hybridního systé-mu je kromě fotovoltaického panelu použita malá větrná elektrárna s vertikální osou otáčení. Popis jednotlivých kom-ponent obou hybridních systémů je v podkapitolách 2.1 a 2.2.

Mezi oběma hybridními systémy je vybudován společný rozváděč, ve kterém jsou umístěny akumulátorové baterie SAFT typ unica.plus o celkové kapacitě 340 A·h, které slouží k akumulaci elektrické energie z obou hybridních ostrovních systémů. V rozváděči jsou dále umístěny regulátory pro regu-laci dobíjení akumulátorových baterií a střídače, z nichž jsou následně napájeny světelné zdroje. Dále jsou v rozváděči umístěny veškeré jističí prvky a další potřebná elektrická výzbroj.

Stejně tak jsou v rozváděči instalována zařízení na měření meteorologických podmínek v lokalitě hybridních ostrovních systémů. Jedná se o měření rychlosti a směru větru a měření intenzity slunečního záření. Tato data budou sloužit k vyhodnocení energetické bilance celého hybridního ostrov-ního systému a ke stanovení podílu jednotlivých zdrojů na nabíjení akumulátorových baterií. Jelikož jsou oba hybridní ostrovní systémy v

současné době ve zkušebním režimu, není prozatím k dispozici dostatečné množství dat pro detailní vyhodnocení energetické bilance kompletních ostrovních systémů.

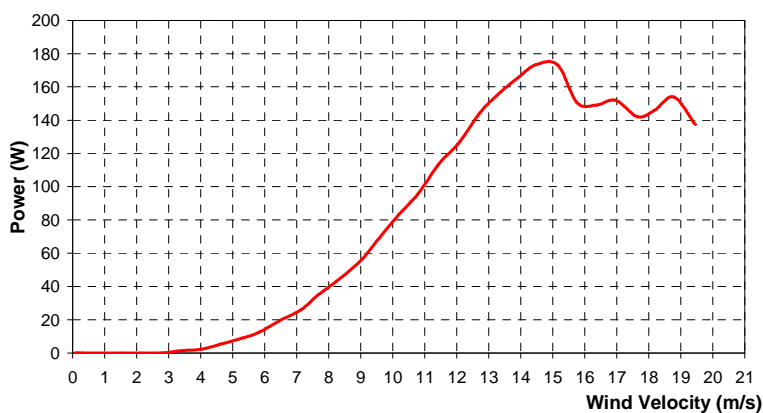
Hybridní systém, Obr. 1, je napájen z malé větrné elektrárny AIR Breeze LAND o jmenovitém výkonu synchronního generátoru s permanentními magnety 200 W. Jako druhý zdroj je instalován fotovoltaický panel KYOCERA typ KC 130GH – 2P. Základní technické parametry větrné elektrárny jsou uvedeny v Tab. 1. Výkonová křivka větrné elektrárny AIR BREEZE LAND je zobrazena na Obr. 2 stejně tak, jako základní parametry fotovoltaického panelu jsou uvedeny v Tab. 2. a zatěžovací charakteristika panelu je zobrazena na Obr. 3.



• obrázek 18 Hybridní systém s horizontální větrnou elektrárnou

• Tab. 1 Parametry horizontální větrné elektrárny

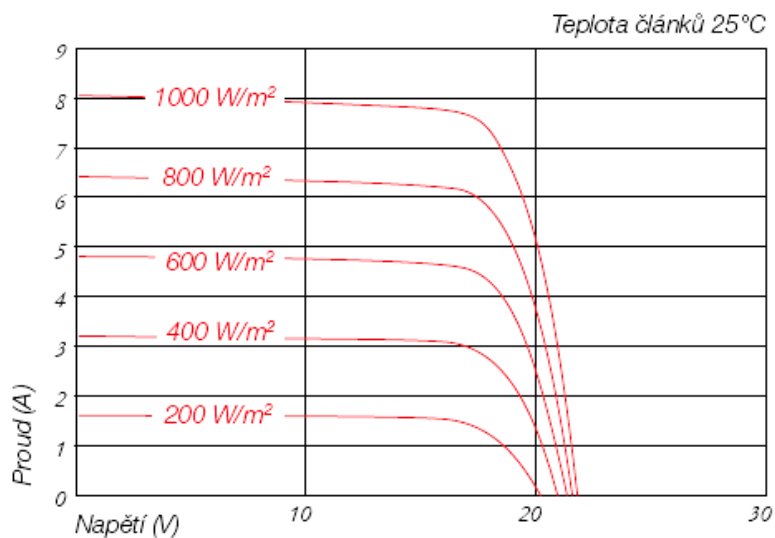
	Parametry
Jmenovitý výkon	200 W
Průměr rotoru	1,17 m
Startovací rychlost větru	2,68 m/s
Napětí	12V DC
Tělo	Litý hliník
Lopatky	Kompozit vstříkovaný do formy
Maximální rychlost větru	49,2 m/s
Řízení VTE	Mikroprocesorový inteligentní regulátor
Nadrychlostní ochrana	Elektronická kontrola



• obrázek 19 Výkonová křivka AIR BREEZE LAND

Tab. 2 Parametry fotovoltaického panelu KYOCERA

	Parametry - 1000W/m ²
Pmax	130 W
Max. system Voltage	1000 V
Vpmax	17,6 V
Ipmax	7,39 A
Voc	21,9 V
Isc	8,02 A
technologie modulu	Multi - krystalický



• obrázek 20 Zatěžovací charakteristika fotovoltaického panelu KYOCERA

• Tab. 3 Parametry vertikální větrné elektrárny

	Parametry
Jmenovitý výkon	200 W
Průměr rotoru	0,8 m
Startovací rychlost větru	4 m/s
Napětí	12V DC
Délka lopatek	1,5 m
Lopatky	Formovaný hliník
Bezpečná rychlost větru	40 m/s

• Tab. 4 Parametry fotovoltaického panelu 110Wp

	Parameters - 1000W/m ²
Pmax	110 W _p
Max. system Voltage	1000 V
Vpmax	17,6 V
Ipmax	7,39 A
Voc	21,9 V
Isc	8,02 A
Modul technology	Multi – crystalline

EKONOMICKÁ ANALÝZA

Cílem této části příspěvku je ekonomická rozvaha a výpočet ekonomické návratnosti výstavby dvou hybridních ostrovních systémů v porovnání s vybudováním klasické síťové přípojky pro napájení veřejného osvětlení.

Pro výpočet návratnosti je potřeba přijmout některé předpoklady a zjednodušení tak, aby byl výpočet vůbec proveditelný. Zcela zásadním předpokladem je, že hybridní systém sestávající se z větrné elektrárny a fotovoltaického panelu bude schopen vyrobit dostatek elektrické energie pro napájení svítidla, potažmo svítidel po celou dobu životnosti hybridního systému i za předpokladu, že účinnost fotovoltaického panelu v průběhu jeho životnosti klesá o cca 0,8 % za rok.

Další předpoklady a zjednodušení jsou uvedeny v jednotlivých podkapitolách.

Celkové náklady na hybridní systémy byly vypočítány jako součty dílčích relevantních nákladů. Jednalo se zejména o náklady na materiál, náklady na práci a náklady na provoz. První dvě položky nákladů jsou fixní a po realizaci hybridního systému se již nenavýšovaly. Náklady na provoz jsou variabilní a rostou lineárně s délkou provozu zařízení.

Matematické vyjádření celkových nákladů na HYBRID I je potom

$$N_{HYBRID-I} = N_{MAT-I} + N_{PRA-I} + N_{PRO-I} \quad (1)$$

kde $N_{HYBRID-I}$ jsou celkové náklady na HYBRID I
 N_{MAT-I} jsou náklady na materiál pro HYBRID I
 N_{PRA-I} jsou náklady na práci pro HYBRID I
 N_{PRO-I} jsou náklady na provoz pro HYBRID I

Pro celkové náklady hybridního systému HYBRID II je rovnice celkových nákladů stejná kromě indexování jednotlivých položek nákladů.

$$N_{HYBRID-II} = N_{MAT-II} + N_{PRA-II} + N_{PRO-II} \quad (2)$$

Náklady na práci

Náklady na práci při výstavbě hybridních systémů jsou vypočteny jako součin ceny za práci kvalifikovaného dělníka stanovené na 400 Kč za hodinu práce a počtu odpracovaných hodin. Počet odpracovaných hodin byl pro HYBRID I 100 hodin, náklady na práci potom byly 40 000 Kč a pro HYBRID II 120 hodin, náklady potom jsou 48 000 Kč.

Náklady na materiál

Investiční náklady na vybudování hybridního systému (HYBRID I) byly 112 907 Kč. Popis jednotlivých položek je zobrazen v Tab. 5. V této tabulce jsou uvedeny pouze náklady na materiál.

• Tab. 5 Náklady na výstavbu HYBRID I

Položka	Cena
VTE AIR BREEZE LAND	30 047,00 Kč
Fotovoltaický panel KC 130	16 107,00 Kč
Solární regulátor CXN-20	1 622,00 Kč
Rozváděč	3 000,00 Kč
Stožár	6 950,00 Kč
Elektroinstalační materiál	2 000,00 Kč
Baterie	32 500,00 Kč
Betonový rozvaděč	6 000,00 Kč
Svítilno PHILIPS Mini-Iridium LED 31W	12 000,00 Kč
Střídač	600,00 Kč
Výložník	2 080,00 Kč
Celkem	112 907,00 Kč

Investiční náklady na výstavbu druhého hybridního systému (HYBRID II) byly 100 728 Kč. Jednotlivé položky jsou zobrazeny v Tab. 6.

• Tab. 6 Náklady na výstavbu HYBRID II

Položka	Cena
Vertikální větrná turbína	30 107,00 Kč
Fotovoltaický panel 110 Wp	7 663,00 Kč
Rozváděč	3 000,00 Kč
Solární regulátor CXN-20	1 622,00 Kč
Stožár	6 950,00 Kč
Elektroinstalační materiál	2 000,00 Kč
Baterie	32 500,00 Kč
Střídač	600,00 Kč
Betonový rozvaděč	6 000,00 Kč
Svítilno PHILIPS Mini-Iridium CPO 45W	5 000,00 Kč
DC/DC měnič	3 206,00 Kč
Výložník	2 080,00 Kč
Celkem	100 728,00 Kč

Náklady na provoz

Do nákladů na provoz hybridních systémů jsou zahrnuty náklady na údržbu a kontrolu fotovoltaického panelu, baterií a svítidel. Cena je odhadnuta na cca 5000 Kč za rok pro oba systémy to znamená 2 500Kč na jeden hybridní ostrovní systém. Tato cena se skládá z nákladů vysokozdviznou plošinu, práci dělníka, doplnění kapaliny do baterií, atd. Údržba se předpokládá jednou za rok.

Baterie pro tento hybridní systém byly voleny kromě elektrických parametrů také s ohledem na nízký stupeň údržby. Zvolené baterie mají prodloužený interval doplňování vody a jedinou náplň elektrolytu na celou dobu životnosti baterie. Životnost baterie udávaná výrobcem přesahuje 20 let.

Celková cena hybridních systémů

Dle rovnic (1) a (2) byly vyjádřeny celkové fixní i variabilní náklady na výstavbu a provoz obou hybridních systémů. Pro hybridní systém jsme dospěli k výsledné rovnici, kde celkové náklady jsou funkcí doby provozu hybridního ostrovního systému:

$$N_{HYBRID-I} = 112907 + 40000 + 2500 \cdot n \quad (3)$$

kde n je doba provozu zařízení.

Pro hybridní ostrovní systém potom platí rovnice:

$$N_{HYBRID-II} = 100728 + 48000 + 2500 \cdot n \quad (4)$$

Náklady na připojení s distribuční soustavě

Náklady na připojení k síti jsou tvořeny zejména náklady na vybudování síťové přípojky, sloupu veřejného osvětlení, svítidla a dále náklady spotřeby elektrické energie. Ceny za materiál a práce jsou použity z programu KROS plus firmy ÚRS Praha, a.s.

Cena za výkopové práce a přívodní kabel byla stanovena na cca 340 Kč za metr trasy. Cena zahrnuje strojové hloubení rýhy, začištění, uložení kabelu, zásyp pískem, uložení bezpečnostní folie, zásyp rýhy, hutnění a kabel CYKY 3x2,5. Tato cena byla stanovena pro nejjednodušší nezastavěný terén, bez nutnosti provádět protlaky přes komunikace za situace, kdy je po celé trase hornina typu I nebo II. Všechny ostatní typy hornin by cenu zvyšovaly a tím by došlo ke zkrácení doby návratnosti hybridního systému oproti kabelové přípojce. Dále je potřeba do celkového rozpočtu zahrnout cenu za vybudování elektroměrového rozváděče, což můžeme předpokládat cenu cca 20 000 Kč.

Spotřeba elektrické energie ze sítě je dána dobou provozu tj. 8 hodin denně. Při výkonu světelného zdroje 45W je celková roční spotřeba 131,4 kWh. Pro další výpočty používáme sazbu Standard D01d. Změna cen elektrické energie není v dalších výpočtech uvažována a veškeré výpočty jsou prováděny v cenách platných pro rok 2010.

Celkové náklady na vybudování a provoz veřejného osvětlení napájeného z distribuční soustavy potom vyjádříme:

$$N_{NET} = N_{PRI} + N_{ROZ} + N_{EL} + N_{UDR} \quad (5)$$

kde N_{NET} jsou celkové náklady na připojení k síti
 N_{PRI} jsou náklady na vybudování přípojky
 N_{ROZ} jsou náklady na rozváděč
 N_{EL} jsou náklady na spotřebu elektrické energie
 N_{UDR} jsou náklady na údržbu veřejného osvětlení

Po dosažení za jednotlivé položky rovnice (5) dostáváme výsledný vztah pro náklady na systém napájený z distribuční soustavy ve tvaru:

$$N_{NET} = 340 \cdot d + 20000 + 1330,4376 \cdot n + 2500 \cdot n \quad (6)$$

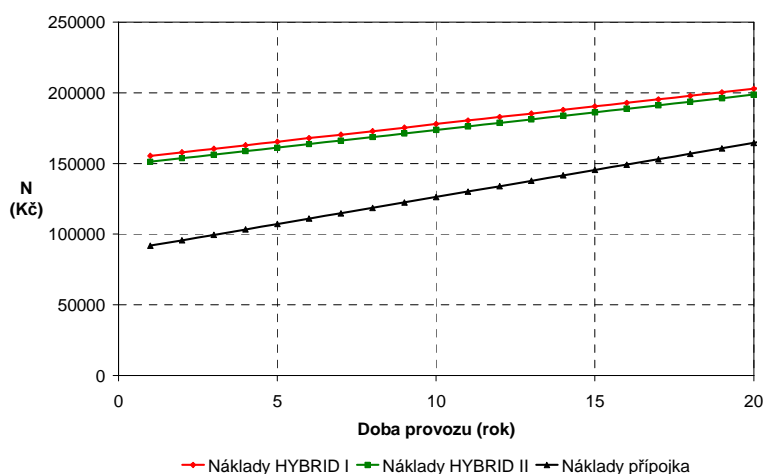
kde d je délka přípojky

Srovnání napájecích systémů

Vztah (6) však obsahuje dva parametry, které mají vliv na celkové náklady systému připojeného k distribuční síti, jednak dobu provozu systému, ale také délku kabelové přípojky k distribuční síti.

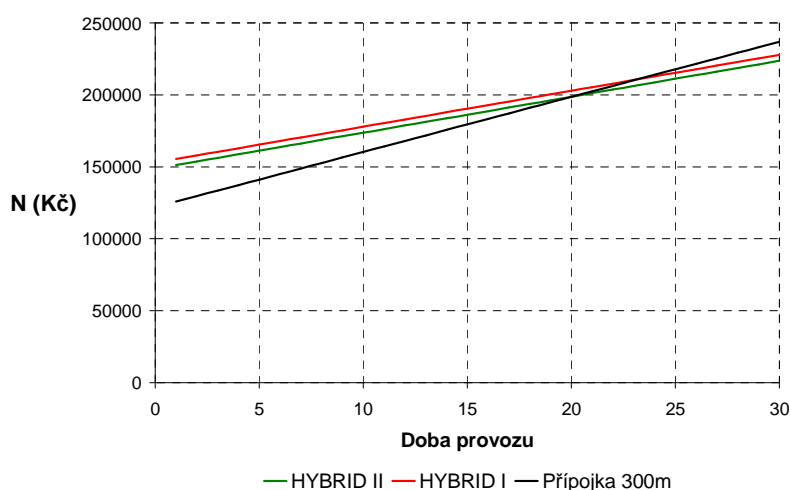
Pro ekonomické posouzení nyní existují dvě možnosti a to stanovit pevnou délku přípojky a variabilní by byla doba provozu zařízení a nebo druhý případ, kdy určíme dobu životnosti systému a změnou délky přípojky měníme výsledné náklady na tento způsob napájení tak, aby bylo možné srovnání s výše popsány hybridními ostrovními systémy.

Pro první způsob ekonomického hodnocení byla délka přípojky stanovena na 200 metrů a výpočet byl proveden pro 1 rok až 20 let provozu všech tří sledovaných systémů. Výsledné náklady jsou zobrazeny na Obr. 5.



• obrázek 21 Srovnání nákladů napájecích systému, pevná délka přípojky

Pro posouzení druhé varianty je stanovena doba životnosti všech systémů také na 20 let. Pro tuto dobu životnosti jsou vypočteny náklady pro hybridní systémy a pro systém napájený z distribuční soustavy jsou náklady. Modifikovány jsou celkové náklady na systém připojený k distribuční soustavě změnou délky přípojky. V grafu na Obr. 6 je zobrazena pro větší přehlednost pouze varianta s délkou přípojky 300m. Z důvodu větší přehlednosti je doba provozu propočtena na 30, aby byla zobrazena i situace, kdy křivka nákladů pro variantu se síťovou přípojkou je nevýhodná oproti ostrovním hybridním systémům.



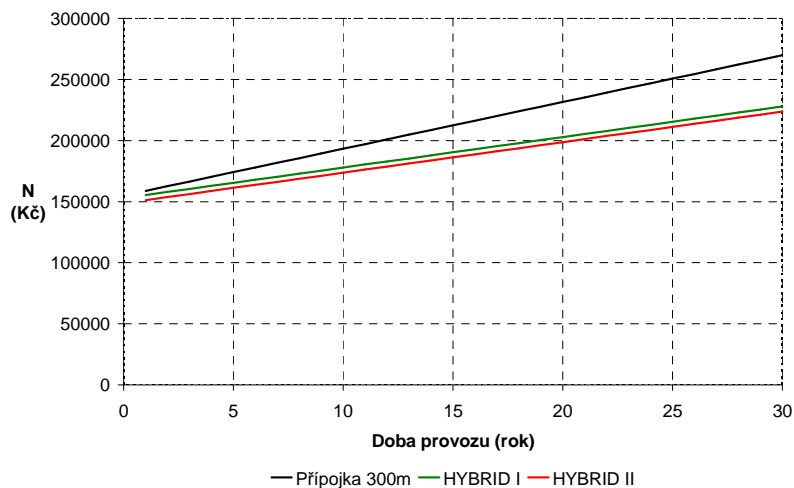
• obrázek 22 Srovnání nákladů napájecích systému, doba provozu 20 let, různé délky přípojky.

Z grafů zobrazených na obr. 5 a obr. 6 jasně plyne, že z námi analyzovaných variant je v obou případech výhodnější využití systému, který je napájen z distribuční sítě. Je nutné připomenout, že propočteno je na dobu 20 let, po 20 letech je pravděpodobná nutnost výměny baterií s čímž není ve výpočtu počítáno.

Na tento výsledek mají však zásadní vliv zjednodušení a předpoklady přijaté na začátku této analýzy. Například případnou změnou předpokládaného typu zeminy by došlo k navýšení ceny za 1 metr elektrické přípojky a tím i ke změně strmosti nárůstu celkových nákladů na systém připojený k distribuční síti. Pokud uvažujeme typ zeminy, ve které je prováděn výkop přípojky za typ IV, cena za 1 metr přípojky se zvýší na 450 Kč. Rovnice (6) potom dostane tvar:

$$N_{NET} = 450 \cdot d + 20000 + 1330,4376 \cdot n + 2500 \cdot n \quad (7)$$

Pokud stejným způsobem jako rovnicí (6) modifikujeme i graf na obr. 6, získáme tím graf obdobný, ale křivka nákladů již začíná nad křivkami nákladů pro hybridní systémy.



• obrázek 23 Srovnání nákladů napájecích systému, doba provozu 20 let, různé délky přípojky, typ zeminy IV.

Znamená to, že v tomto případě je již od minimální délky přípojky výhodnější vybudovat ostrovní systému oproti využití systému s připojením k distribuční síti.

Z výsledků této ekonomické analýzy plyne, že existují situace, kdy je vybudování ostrovních systémů ekonomicky výhodnější, než jsou systémy s připojením k distribuční síti. Stejně tak z této analýzy vyplývá, že každý korektní rozhodovací proces musí respektovat podmínky dané konkrétní lokalitou.

ZÁVĚR

Je známým faktem, že problematika provozu obnovitelných zdrojů elektrické energie je velmi aktuální, ať již s pozitivním či negativním ohlasem odborné i laické veřejnosti. Aby však bylo možné posoudit výhody i nevýhody jednotlivých systémů s obnovitelnými zdroji, je nutné provést komplexní analýzu provozu s uvedenými zdroji s ohledem na ekonomické, technické, energetické a ekologické aspekty. Právě pro tyto účely byly na VŠB-TU Ostrava vybudovány dva hybridní zdroje elektrické energie, jejichž samotná optimalizace může být určitým návrhem, či námětem, jak skloubit dva energeticky nezávislé obnovitelné zdroje elektrické energie, tedy větrnou a fotovoltaickou elektrárnu, pro využití napájení v tzv. ostrovním režimu. V rámci příspěvku je nejprve uvedena ekonomická rozvaha využití vybudovaných hybridních zdrojů elektrické energie pro napájení veřejného osvětlení ve srovnání napájení veřejného osvětlení z distribuční sítě. V době zpracování příspěvku probíhá dále analýza energetické účinnosti zmíněných hybridních systémů pro různé provozní stavy v předpokládaném dlouhodobém časovém horizontu.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek byl zpracován v rámci výzkumu na projektu MSM 6198910007 a projektu „Zelená energie“.

LITERATURA

- [1] MISAK, Stanislav, KREJCI, Petr; PROKOP, Lukas: Analysis of Long Time WPP PowerFlows Measurement. In RUSEK, Stanislav, GONO, Radomir (ed.). 10th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2009. 2009, ISBN 978-80-248-1947-1, p. 373-378
- [2] MISAK, Stanislav; PROKOP, Lukas; SIKORA, Tadeusz; DAŚAL, Kazimerz; POPŁAWSKI, Tomasz; RUSEK, Beata: Wind Power Plant Production Prediction Using Various Models. In RUSEK, Stanislav, GONO, Radomir (ed.). 10th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2009. 2009, ISBN 978-80-248-1947-1, p. 152-157
- [3] MISAK, S., PROKOP, L.; SIKORA, T.; DAŚAL, K.; POPŁAWSKI, T.; RUSEK, B.: Optimizing Electric Network Runnig with Wind Power Plant by using Production Prediction Mathematical Models. Rynek Energii. 2009, vol. II, no.3, p.313-318
- [4] Bright Green Energy[online]. 2010-[cit.2010-01-06]. Available from: <http://www.wirefreedirect.com/off_grid_solar_wind_power_system.asp>.

Posuzování osvětlovacích soustav vhodných pro instalaci v průmyslových halách

Ing. Tomáš Novák, Ph.D., Ing. Jaroslav Šnobl, prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.
VŠB-TU OSTRAVA, FEI - Katedra Elektroenergetiky, 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava

Úvod

Na problematiku posuzování osvětlovacích soustav v průmyslových halách jsme na VŠB-TU Ostrava narazili v souvislosti s možností získání peněz z Evropských fondů. Obrátila se na nás firma AL INVEST Břidličná, a.s., která požadovala dotaci na rekonstrukci osvětlení, přičemž hlavní požadavek ze strany EU byl v prokázání energetických úspor. Ze strany zadavatele však bylo nutné tento požadavek rozšířit tak, aby vybraná osvětlovací soustava splňovala i mnoho dalších kritérií nutných k provozu osvětlovacích soustav v těžkém průmyslovém provozu. Protože zadání pro posouzení technických parametrů osvětlovací soustavy bylo velmi vágní, bylo před samotným posuzováním nutno nejdříve uskutečnit zjištění původního stavu staré osvětlovací soustavy a se zadavatelem konzultovat parametry (kritéria), podle kterých by se osvětlovací soustava dala objektivně posoudit. Přiřazení vah jednotlivých vybraných a posuzovaných kritérií pak už bylo přeneseno zpět na zadavatele z toho důvodu, aby mohl v rámci vlastního stanovení vlivu jednotlivých kritérií posoudit konkrétní specifika a požadavky na osvětlovací soustavu z hlediska provozu celé výrobní technologie.

Světelně-technické požadavky na jednotlivé prostory

Osvětlení průmyslových hal spadá do působnosti normy ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Konkrétní požadavky na osvětlenosti, index podání barev a UGR vyplývají z příloh této normy, kde jsou specifikovány jednotlivé profese s dominantními zrakovými činnostmi. Nicméně pro posuzování průmyslových osvětlovacích soustav je nutné brát v potaz ještě další velmi důležitá hlediska a specifika vysokých hal:

- Světelné zdroje s indexem podání barev menším než 80 nesmějí být použity ve vnitřních prostorech, v nichž osoby pracují nebo pobývají dlouhodobě. Výjimky lze připustit v některých místech nebo činnostech (**např. při osvětlení vysokých hal**), musí se však udělat vhodná opatření k zajištění lepšího podání barev v určených pracovních místech se stálou přítomností osob, kde musí být rozlišitelné bezpečnostní barvy.
- Bezpečnostní barvy musejí být vždy rozlišitelné jako takové (viz také ISO 3864).
- Pro prostory s trvalým pobytem osob nesmí být udržovaná osvětlenost menší než 200 lx (tzv. „hygienické minimum“).
- Za odchylku zrakových podmínek od normálních předpokladů je třeba považovat vykonávání zrakového úkolu v prostorech s nedostatečným denním osvětlením po dobu delší než 4 hodiny denně. V těchto případech je nutné zvýšit požadovanou osvětlenost \bar{E}_m . Toto ustanovení platí i pro „hygienické minimum“ (tedy zvýšení z 200 lx na 300 lx).
- Rovnoměrnost osvětlení
 - o Aplikovat rovnoměrnost osvětlení v místě zrakového úkolu 0,7, by bylo při posuzování celé haly s mnoha místy zrakového úkolu příliš tvrdé.
 - o Rovnoměrnost osvětlení doporučujeme hodnotit dle hodnoty 0,5 a požadavků na hodnocení rovnoměrnosti v bezprostředním okolí zrakového úkolu.
 - o V národní příloze normy je ještě definován termín rovnoměrnost osvětlení prostoru minimálně 0,3. Tato minimální hodnota byla zavedena pouze z důvodů dodržení minimálních úrovní rovnoměrností zejména na chodbách a jiných komunikačních prostorech.

Posouzení světelně-technických výpočtů jednotlivých osvětlovacích soustav

- Udržovaná osvětlenost – vypočtené hodnoty musí být vyšší nebo rovné normativní hodnotě dle odpovídajícího zatřídění zrakové činnosti.
- Rovnoměrnost osvětlení – vypočtené hodnoty by se měly blížit co nejvíce k hodnotě 1. Odpovídající (akceptovatelné) hodnoty rovnoměrností by se měli pohybovat v rozmezí hodnot 0,5 a vyšší.
- UGR – činitel omezení oslnění určuje míru oslnění, která je maximálně přípustná pro danou zrakovou činnost. Určuje se ve výšce očí ve vodorovném a obvyklém směru pohledu pracovníků.
- Celkový udržovací činitel – volba udržovacího činitele má přímou souvislost zejména s popisem čištění svítidel a výměnou (funkčností) světelných zdrojů. Pokud se hodnota udržovacího činitele blíží hodnotě 1, snižuje se celkový příkon osvětlovací soustavy, nicméně do nereálných intervalů se dostávají požadavky na čištění svítidel a výměnu světelných zdrojů. Při hodnotě celkového udržovacího činitele 0,5 je počáteční světelný tok nové osvětlovací soustavy o 100% vyšší než na konci doby života. V souvislosti s tím, že většinu průmyslových hal lze zařadit do prostředí velmi špinavého (velmi rychlý úbytek světelného toku), je akceptovatelný v souladu s plánem údržby osvětlovací soustavy celkový udržovací činitel mezi hodnotami 0,5 – 0,7.
- Index podání barev – index podání barev by měl odpovídat normativním požadavkům. Čím víc se hodnota indexu podání barev blíží hodnotě 100, tím je vnímání barev v prosvětleném prostoru lepší.
- Příkon osvětlovací soustavy – základní parametr, který má přímý vliv na náklady elektrické energie potřebné k provozu osvětlovací soustavy.

Posouzení použitých svítidel

- Výrobce - doporučuje se brát v potaz výrobce s kreditem a historií. Tento požadavek přímo souvisí s případným servisem a náhradními díly.
- Krytí – pro velmi špinavé prostředí je nejvhodnější co nejvyšší krytí svítidel (maximální dosažitelné krytí - IP 68). Čím vyšší krytí svítidlo má, tím se zvyšuje jeho doba života a samozřejmě také interval jeho čištění. **Minimální akceptovatelné krytí pro osvětlované prostory je IP 54.**
- Účinnost svítidla – tento parametr má u svítidel zejména obchodní charakter, protože nevypovídá nic o kvalitě navržené osvětlovací soustavy. Také z tohoto parametru nelze usuzovat do jakých směrů svítidlo svítí (jakou má křivku svítivosti) a zda je světelný tok směřován do míst zrakových úkolů. Parametr účinnosti svítidla lze s výhodou použít pro porovnávání svítidel (v kombinaci s vhodnými světelnými zdroji) s podobným konstrukčním uspořádáním a podobnými křivkami svítivosti. **Čím je účinnost svítidla vyšší, tím kvalitnější můžeme očekávat konstrukční provedení a výběr optických materiálů.**
- Příkon svítidla - z tohoto údaje lze zjistit jaké ztráty způsobují předřadné přístroje (zejména tlumivky) ve svítidlech osazené. Čím menší je rozdíl mezi jmenovitým příkonem použitého světelného zdroje a jmenovitým příkonem svítidla, tím menší jsou ztráty předřadníku (kvalitnější tlumivka). Svítidlo generuje kromě nižší spotřeby i menší oteplení. Velké oteplení svítidel osazených předřadníky s vyššími ztrátami může mít výrazný vliv na zkrácení doby života svítidla, zejména v teplých provozech, kde se dá pod střešou očekávat teplota až 60°C.
- Materiál svítidla - tento údaj vypovídá zejména o recyklovatelnosti komponent svítidla.
- Fyzické posouzení svítidel - velmi důležitý parametr, který by měla stanovit skupina nezávislých odborníků na problematiku údržby osvětlovacích soustav. Hodnocení pak vypovídá o kvalitě zpracování dodaných vzorků svítidel a zejména o jednoduchosti jejich instalace a údržby v pracovní poloze (závěsné výšky se pohybují okolo 10 m nad podlahou).

Posouzení použitých světelných zdrojů

Světelné zdroje se hodnotí z důvodu náročnosti na jejich výměnu. Při výměně světelného zdroje je důležité dodržovat jejich elektrickou, konstrukční i světelně-technickou shodnost mezi původním a novým zdrojem.

- o Elektrická shodnost
 - příkon
 - proud
 - zapalovací napětí
- o Konstrukční shodnost
 - princip funkce výbojky (např. halogenidová výbojka)

- patice (např. E40)
- tvar skleněného obalu (např. tubus nebo elipsa)
- průsvitnost obalu (např. čirý nebo matný)
- možnost provozu daného světelného zdroje v požadované poloze (např. svisle dolů)
- Světelně-technická shodnost
 - světelný tok (např. 42 000lm)
 - náhradní teplota chromatičnosti (např. 4000 K)
 - index podání barev (např. Ra = 80)
 - doba života (např. 8000 h)
- Výrobce – lze eliminovat výrobce bez kreditu a bez historie.
- Index podání barev – tento parametr byl již popsán výše a musí být vyšší, než jak je uvedeno v normativních požadavcích.
- Náhradní teplota chromatičnosti – tento parametr udávaný v kelvinech (K) dává informaci o barvě světla světelného zdroje. Barva světla by se ve standardních halách měla pohybovat v bílé oblasti (tzn. zhruba v oblasti mezi 3300 K – 5300 K). Nižší teplota chromatičnosti (teplejší barva světla) v pracovních prostorech působí příliš uklidňujícím dojmem. Vyšší teploty chromatičnosti (denní barva světla) sice působí stimulačně, nicméně se doporučuje tuto barvu světla používat až od vyšších hodnot osvětleností (cca od 750 lx).
- Střední doba života světelného zdroje – doba, za kterou dojde k výpadku 50 % světelných zdrojů.
- Doba za kterou poklesne světelný tok světelného zdroje na 80% jmenovité hodnoty – velmi důležitý údaj, který by měl přibližně odpovídat intervalu výměny světelných zdrojů. Pokles světelného toku světelného zdroje na 80 % jmenovité (počáteční hodnoty) udává tzv. dobu užitečného života světelného zdroje.

Požadavek na informace od jednotlivých potencionálních dodavatelů

Pro získání výše uvedených informací nutných pro posouzení jednotlivých osvětlovacích soustav byla vytvořena tabulka (Tab. 1), která byla rozeslána jednotlivým dodavatelům, aby ji vyplnili na základě jejich vlastních světelně-technických výpočtů, doplněných o informace o svítidlech a světelných zdrojích. Tabulka obsahuje i požadavky na zařazení prostorů jako takových, protože zadavatel do požadavků neuvedl ani toto zařazení a jednotliví projektanti museli na základě místního šetření tuto úroveň stanovit.

Tab. 1a – Tabulka pro hodnocení návrhu osvětlovací soustavy

prostory		parametry stávající osvětlovací soustavy					normativní požadavky dle kterých byly provedeny výpočty				výsledky světelně-technických výpočtů									
číslo prostoru (dle technické dokumentace)	typ prostoru (zraková činnost)	typ světelného zdroje	příkon svítidla [W]	krytí IP	výška svítidel [m]	udržovaná osvětlenost	rovnoměrnost osvětlení	UGR	celkový udržovací činitel	index podání barev	udržovaná osvětlenost	rovnoměrnost osvětlení	UGR max při vodorovném směru pohledu stojících pracovníků	celkový udržovací činitel	index podání barev	počet svítidel	závěsná výška svítidel	příkon osvětlovací soustavy	interval výměny světelných zdrojů	interval čištění svítidel
::																				
::																				
::																				

Tab. 1b - Tabulka pro hodnocení návrhu osvětlovací soustavy

prostory		popis použitých svítidel								popis doporučených světelných zdrojů							
číslo prostoru (dle technické dokumentace)	typ prostoru (činnost)	typ svítidla	výrobce	Dodavatel	popis svítidla (závěsný hmec, reflektorové svítidlo, asm reflektorové svítidlo,...)	příkon svítidla	krytí (IPXX)	účinnost svítidla	materiál svítidla	fyzické posouzení svítidla (posoudí komise - 1 až 10 bodů)	typ světelného zdroje	výrobce	příkon světelného zdroje	index podání barev	náhradní teplota chromatičnosti (barva světla)	střední doba života světelného zdroje	doba za kterou poklesne světelný tok světelného zdroje na 80% jmenovité hodnoty
...																	
...																	
...																	

Závěr

Pro vysoké haly je většinou požadována intenzita osvětlení mezi 200lx až 300lx. Překročení této hranice a instalace osvětlovací soustavy, která má udržovanou osvětlenost významně vyšší je z ekonomického hlediska značně nevhodné. Pracovní místa s náročnější zrakovou činností a vyššími požadavky na osvětlenost se potom řeší lokálním přisvětlením konkrétního pracovního místa.

Jako optimální světelný zdroj do prostor vysokých hal je doporučena halogenidová výbojka, která splňuje všechny normativní požadavky, tj. index podání barev vyšší než 65 a teplotu chromatičnosti kolem 4000K. Halogenidové výbojky mají v současné době stále nejlepší poměr cena / výkon. Ve vysokých halách se nejvíce používají příkony od 250W do 400W.

Vyhodnocení

Na základě získání výše uvedených informací a posouzení jednotlivých kritérií, byly připraveny podklady pro aplikaci tzv. multikriteriální analýzy. Multikriteriální analýza umožňuje na základě posouzení jednotlivých vstupů vyhodnocení neoptimálnější osvětlovací soustavy pro konkrétní situaci v průmyslovém provozu, která je schopná akceptovat i priority provozovatele osvětlovací soustavy. Popis možností multikriteriální analýzy není součástí tohoto příspěvku.

Poděkování

Tento článek vznikl v rámci programu Efekt (evidenční číslo 1221420502) za podpory Ministerstva průmyslu a obchodu.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12464 – 1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- [2] Sokanský, K., Novák, T., Šnobl, J., Kvantitativní a kvalitativní posouzení osvětlovacích soustav, závěrečná zpráva, Ostrava 2010
- [3] Sokanský, K., a kol. Úspory energie v osvětlování při hodnocení energetické náročnosti budov, materiál MPO v rámci programu EFEKT, Ostrava 2009

FVE z pohledu investičních nákladů a návratnosti

Ing. Tomáš Novák, Ph.D., Ing. Jaroslav Šnobl, prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.
VŠB-TU OSTRAVA, FEI - Katedra Elektroenergetiky, 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava

Úvod

V rámci spolupráce VŠB-TU Ostrava a MPO jsme měli příležitost řešit problémy spojené s fotovoltaickými elektrárnami (dále jen FVE). Zabývali jsme se zejména návratnostmi těchto FVE v souvislosti s různými vlivy. V první části se příspěvek věnuje dostupným technologiím fotovoltaických článků a jejich cenám. V další kapitole rozebírá strukturu investičních nákladů nutných k postavení FVE a zejména vlivu cen fotovoltaických článků na celkovou investici. Velmi zajímavá je ukázka vlivu účinnosti fotovoltaických panelů na návratnost investic do FVE. V článku jsou také využity materiály našich kolegů ze Slovenské akademie věd v Bratislavě (SAV) z měření dopadajícího záření a jeho rozdělení na přímou a difúzní složku, která může mít výrazný vliv na volbu typu fotovoltaických článků.

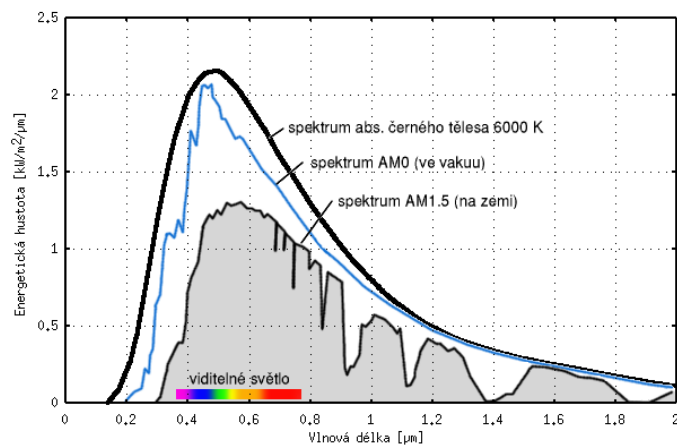
Dopadající sluneční záření v našich zeměpisných šířkách

Důvodem proč je nutné se zabývat dopadajícím zářením je cena FVE, která se odvíjí od cen komponentů a nákladů na projekt a montáž. Ceny jsou udávány v korunách na watt špičkového výkonu za normovaných podmínek. Špičkový výkon je normou chápán jako přímé (kolmo) dopadající záření o výkonu 1000 W/m^2 s definovaným spektrem AM 1.5 global (viz obr.1) při teplotě panelu 25°C . Definice špičkového výkonu vychází z laboratorních podmínek. V praxi je nutné si uvědomit několik základních faktů:

- V našich zeměpisných šířkách se maximální hodnota dopadajícího záření na zemský povrch pouze blíží k hodnotě 1000 W/m^2 a to ještě pouze v případě ideálního bezoblačného počasí.
- Pokud už ideální bezoblačné počasí nastane, tak v našich zeměpisných podmínkách není téměř možné zajistit teplotu panelu 25°C .
- Další velmi důležitý aspekt, který je nutné brát v potaz, je vliv oblačnosti a to jak z pohledu snížení dopadajícího záření, tak z pohledu směru dopadajícího záření (přímé sluneční záření se mění na záření difúzní).

Definice normovaného dopadajícího záření je na obr. 1 porovnána s vyzařováním absolutně černého tělesa a spektrem slunečního záření v kosmickém prostoru ve vzdálenosti 150 miliónů kilometru od slunce bez ovlivnění atmosférou AM0. Celková energetická hustota záření AM0 je $1367 \pm 7 \text{ W/m}^2$. Tato hodnota je ve světelně-technické praxi známa jako solární konstanta. Modelové spektrum slunečního záření AM1.5 již bere v úvahu průchod záření bezoblačnou atmosférou. Energetická hustota spektra AM1.5 je stanovena na 1000 W/m^2 . V reálné situaci ale tato úroveň silně závisí na stavu atmosféry (vlhkost, prašnost). Využitelný výkon slunečního záření pro FVE pak odpovídá šedé ploše pod křivkou AM1.5 na obr.1. Norma však respektuje definování účinnosti fotovoltaického článku (panelu) pouze pro přímé sluneční záření.

Pro fotovoltaiku se používá spektrum AM1.5, protože odpovídá výšce slunce přibližně 45° nad obzorem. Sluneční záření v tomto případě prochází jeden a půl násobně mohutnější vrstvou vzduchu, než když je slunce přímo v zenitu, ve výšce devadesáti stupňů. Za této situace prochází sluneční záření nejmenší možnou vrstvou vzduchu a označuje se jako AM1.



obr. 1 – Spektrum slunečního záření

Pro bližší respektování reálných podmínek provozu by tedy měla být účinnost fotovoltaického článku (panelu) definována i pro záření difúzní. Některé typy fotovoltaických článků jsou schopny využívat pro přeměnu sluneční energie na energii elektrickou velmi výrazným způsobem i toto dopadající difúzní záření.

Difúzní záření v našich zeměpisných šířkách

Jak již bylo výše uvedeno, je nutné pro FVE uvažovat nejen s přímým zářením, ale také se zářením difúzním. Pro kvantifikaci difúzního záření bylo využito dlouhodobé měření slunečního záření z Bratislavy za roky 2001 až 2005, jak uvádí [1]. Hodnoty byly měřeny pro záření dopadající na vodorovnou podložku. Toto měření prováděli (a stále provádějí) naši kolegové z SAV. V Tab. 1 jsou uvedeny průměrné roční hodnoty dopadající energie. Trvale je měřeno globální (celkové) a difúzní záření. Přímé sluneční záření bylo dopočteno jako rozdíl globálního a difúzního záření dle [1]. Hodnoty jsou uvedeny ve Wh/m^2 z toho důvodu, aby si každý uvědomil, energetickou bilanci přímého a difúzního záření, nikoliv pouze bilanci špičkových příkonů.

Tab. 1 – Výsledky dlouhodobého měření slunečního záření dopadající na vodorovnou podložku v Bratislavě

	2001	2002	2003	2004	2005
Průměrné denní globální horizontální záření [Wh/m ²]	3 122	3 149	3 415	3 089	3 242
Průměrné denní difúzní horizontální záření [Wh/m ²]	1 501	1 495	1 402	1 480	1 434
Průměrné denní přímé horizontální záření [Wh/m ²]	1 621	1 654	2 012	1 609	1 809

Ze souhrnné tabulky Tab. 1, která byla vytvořena z podrobných hodnot dodaných z SAV jednoznačně vyplývá, že energetický podíl difúzního záření dopadajícího na zemský povrch v našich zeměpisných šířkách je nezanedbatelný a pohybuje se těsně pod hranicí 50% z celkového dopadajícího záření. Pokud bychom porovnávali pouze hodnoty špičkových výkonů dopadajícího záření, pak bychom zjistili, že v ideálním případě jsme schopni dosáhnout již zmiňovanou hodnotu do 1000 W/m^2 , při bezoblačné obloze a ideálních rozptylových podmínkách. Tudíž lze s mírou nadsázky konstatovat, že se jedná dominantně o přímé sluneční záření. Pokud bychom brali v potaz rovnoměrně zataženou oblohu, která je schopna zcela eliminovat přímé sluneční záření, pak se lze s hodnotami dopadajícího záření na zemský povrch dostat na úroveň okolo 100 W/m^2 , což je pouze desetina dopadajícího záření při ideálních bezoblačných podmínkách. Srovnání špičkových příkonů a energetických bilancí ukazuje na nutnost posuzování fotovoltaických článků (panelů) i z pohledu jejich schopnosti zpracování difúzního záření.

Stejně tak jako v případě přímého slunečního záření by mělo být definováno modelové spektrum o stanovené energetické hustotě pro záření difúzní. Takový záměr by však měl být podpořen dlouhodobým

experimentálním měřením, v rámci kterého by bylo v dané oblasti analyzováno také spektrum globálního (celkového) záření s výsledným určením poměru difúzního a přímého záření. V budoucnu by pak mohla být energetická účinnost fotovoltaických článků (panelů) posuzována pomocí modelových spekter jak přímého tak difúzního záření, následkem čehož by analyticky určená předpokládaná výroba elektrické energie pro daný fotovoltaický panel více odpovídala reálným podmínkám.

Vztah účinnosti fotovoltaických panelů a jejich ceny

V roce 2010 došlo k výraznému snížení cen fotovoltaických panelů za Wp, jak uvádí [2]. V červenci 2010 již bylo zaznamenáno 518 solárních modulů s cenou pod 3,2 €/Wp (81 Kč/Wp). Nejnižší maloobchodní cena pro polykrystalické křemíkové solární moduly byla 1,39 €/Wp (35 Kč/Wp) od prodejce v USA. Nejnižší maloobchodní cena pro monokrystalický křemíkový modul byla 1,55 €/Wp (40 Kč/Wp) od německého prodejce. Je však důležité brát v potaz i to, že ne všechny srovnatelné panely jsou na stejné cenové úrovni. Záleží především na značce, technických parametrech a certifikaci. Nejlevnější tenkovrstvé moduly se pohybovaly okolo ceny 0,86 €/Wp (22 Kč/Wp) od prodejce v USA. Cena fotovoltaických panelů představuje asi 50-60% z celkových investičních nákladů na FVE. Solární modul je proto klíčovým prvkem v celkové ceně systému.

Investiční náklady FVE se v roce 2009 v ČR pohybovaly okolo 130 000 Kč/kWp pro malé FVE s instalovaným výkonem cca 1 kWp, asi 120 000 Kč/kWp pro FVE s instalovaným výkonem okolo 5 kWp a v rozmezí 100 až 110 tis. Kč/kWp pro velké FVE. Ve srovnání s rokem 2008, kdy se ceny velkých systémů na začátku roku pohybovaly kolem 130 000 Kč/kWp se jedná o výrazný pokles, který je však z velké části způsoben změnami kurzu koruny, protože ceny panelů na evropském trhu v loňském roce stagnovaly.

Na poklesu cen fotovoltaických panelů se podílí jednak výzkum a vývoj nových technologií a výrobních postupů a jednak růst objemu produkce, který obecně vede ke snížení ceny. Odlišit podíl jednotlivých vlivů je obtížné, je však velmi pravděpodobné, že pokud by nerostla produkce, bylo by zavádění nových postupů pomalejší. Rovněž investice do výzkumu by byly pravděpodobně nižší.

FVE jsou sestaveny z relativně malých modulů (panelů), jejichž velikost je řádově v několika stovkách wattů. Všechny komponenty, například panely a měniče, jsou vyráběny sériově. Ze zkušeností s jinými hromadně vyráběnými produkty (počítače, automobily, spotřební zboží) se ukazuje, že s růstem produkce klesají ceny těchto produktů. Závislost ceny na objemu produkce se nazývá křivka osvojení. Rychlost poklesu cen je pro každý druh zboží jiná. V případě fotovoltaických panelů byl v minulosti sledován pokles cen o 20 % při každém zdvojnásobení produkce [3], což nastává v současnosti zhruba každé dva roky. S výjimkou krátkodobých výkyvů způsobených výraznými změnami na trhu (nedostatek solárního křemíku) se předpokládaný trend poklesu cen potvrzuje.

Investiční náklady na statické FVE

Tato pasáž se věnuje rozboru investičních nákladů na statické FVE, protože mezi veřejností je rozšířený mylný názor, že při určitém procentuálním poklesu ceny fotovoltaických panelů, dojde i ke stejnému procentuálnímu poklesu celé investice do FVE. Celkové investiční náklady na FVE se skládají z několika dílčích komponent (viz Tab. 2), které jsou nezbytné pro funkci elektrárny. Kromě vlastní výroby elektrické energie zajišťují bezpečný chod, zabezpečují FVE před krádežemi a patří sem také zázemí pro obsluhu či pojištění elektrárny. Z Tab. 1 je zřejmé, že fotovoltaické panely zaujímají největší část z celkových investičních nákladů. Tyto náklady však nejsou zcela dominantní. Například pro nejvíce používané polykrystalické a monokrystalické fotovoltaické panely se podíl jejich nákladů pohybuje okolo 60 %. Zbýlých 40% nákladů je více méně fixní. Fluktuace těchto nákladů závisí zejména na místních podmínkách, které se mohou projevit změnou ceny pozemku, eventuálně změnou ceny upevňovacích konstrukcí. Z uvedených dat vyplývá, že vliv poklesu ceny fotovoltaických panelů není příliš zásadní. Například při poklesu ceny polykrystalických panelů o 25% (velmi optimistická prognóza) dojde k poklesu ceny u celé investice pouze o necelých 15 %.

Tab. 2 – Tabulka investičních nákladů na statické FVE při použití čtyř nejpoužívanějších typů fotovoltaických panelů (všechny ceny jsou vztaheny na 1Wp a jsou uvedeny bez DPH pro rok 2010)

typ fotovoltaického panelu	tenkovrstvé (8%)	polykrystalické (14%)	monokrystalické (19%)	vícevrstvé (40%)
pozemek *	18,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	5,00 Kč
transformátor	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč
zázemí pro obsluhu	2,70 Kč	2,70 Kč	2,70 Kč	2,70 Kč
mechanické konstrukce	9,00 Kč	6,00 Kč	6,00 Kč	6,00 Kč
kabeláž a elektrické rozvody	5,00 Kč	5,00 Kč	5,00 Kč	5,00 Kč
FV panely **	50,00 Kč	66,00 Kč	70,00 Kč	200,00 Kč
měníče	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč	10,00 Kč
stavební práce	14,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč	9,00 Kč
zabezpečovací zařízení	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč	2,00 Kč
základní pojištění	0,30 Kč	0,30 Kč	0,30 Kč	0,30 Kč
cena celkové investice	113,00 Kč	112,00 Kč	116,00 Kč	242,00 Kč

* při uvažované průměrné ceně pozemku 300Kč/m² (tj. přibližně 6-12 Kč/Wp), bez majetkových daní

** ceny FV panelů jsou platné pro červen 2010 bez DPH [14]

Návratnost FVE

Tato část příspěvku se opět snaží vyvrátit další mýty o návratnostech FVE. Standardní postup pro stanovování doby návratnosti FVE se provádí jako prostý podíl předpokládaných tržeb za dobu životnosti FVE vůči investičním nákladům. Tento postup, ale nekoresponduje se skutečností, u které je doba návratnosti delší. Důvodem je „relativně nízká“ počáteční výkupní cena vyrobené elektrické energie, která narůstá teprve s prodlužující se dobou provozu FVE. Budeme-li návratnosti FVE počítat tímto korektnějším způsobem, tak se doba návratnosti FVE při výkupních cenách pro rok 2010 a jejím uvažovaném 2% ročním růstu dostane do oblasti cca 8-9 let u instalací s monokrystalickými a polykrystalickými panely. Tato návratnost je však pro státem dotované investice se zajištěným odběrem stále příliš výhodná. Pro podobné investice je akceptovatelná návratnost v horizontu 15-ti let.

Tab. 3 – Tabulka návratnosti statických FVE při současných výkupních cenách pro různé typy fotovoltaických panelů

účinnost panelu [%]	průměrné investiční náklady FVE [Kč/kWp]	počáteční výkupní cena za kWh v roce 2010 [Kč]	zisk z vyrobené energie za 20 let [Kč/kWp]	návratnost [roky]
8	96 000	12,25 výkupní cena pro FVE do 30 kWp pro rok 2010	201 643	7-8
14	112 000		185 643	8-9
19	116 000		181 643	8-9
40	246 000		51 643	17-18

Do návratností a zisků nebyly zahrnuty majetkové daně, daň z přidané hodnoty a odvody zdravotního a sociálního pojištění, protože tyto položky jsou v čase proměnlivé a nelze stanovit jejich reálný odhad.

Počáteční výkupní cena stanovená pro akceptovatelnou dobu návratnosti 15-ti let, by se při zachování současných investičních nákladů pohybovala u statických FVE s monokrystalickými a polykrystalickými panely okolo 6,5 Kč/kWh a to opět bez uvažování daňové zátěže.

Závěr

Výkupní ceny FVE a FVE vůbec jsou v ČR stále aktuální a doufáme, že jsme krátkými sondami do jednotlivých částí této problematiky umožnili zpřehlednění firemních letáků a politických prohlášení.

Z našeho pohledu by bylo vhodné dále pokračovat v řešení problematiky měření účinnosti fotovoltaických článků, které může být při vyhodnocování pouze přímého záření leckdy zavádějící.

Budeme-li srovnávat současné výkupní ceny ostatních obnovitelných zdrojů elektrické energie (malé vodní elektrárny, větrné elektrárny, biomasa) tak dotace do FVE jsou v současné době výrazně vyšší. Pokud bychom akceptovali návratnost FVE 15 let, tak by se mohla výkupní cena energie radikálně snížit do oblasti ceny okolo 6,5 Kč/kWh. I tato výkupní cena by však byla stále vyšší než jsou výkupní ceny elektrické energie z ostatních obnovitelných zdrojů, které se se svými výkupními cenami pohybují do hodnoty 4,5 Kč/kWh.

Poděkování

Zvláštní poděkování patří Ministerstvu průmyslu a obchodu v rámci jehož zadání se koncept „Studie využitelnosti fotovoltaických článků – rozbor parametrů fotovoltaických článků (elektráren) z hlediska účinnosti výroby elektrické energie“ na VŠB-TU Ostrava řešil jako HS410007.

Literatura a odkazy

- [1] Darula, S., Kittler, R., Research of the year-round changes of solar and daylight availability for the computer evaluation of sustainable buildings, Research Report, Bratislava, 2006
- [2] Solar Module Price Highlights, July 2010, dostupné na {<http://www.solarbuzz.com/ModulePrices.htm>}
- [3] McLeod, R., The Glittering Future of Solar Power: Prognostication of Photovoltaic Capacity Extrapolated from Historical Trends, dostupné na {<http://entropyproduction.blogspot.com/2007/05/glittering-future-of-solar-power.html>}
- [4] Energetický regulační úřad, dostupné na {<http://www.eru.cz/>}
- [5] čeps, a.s., dostupné na {<http://www.ceps.cz/>}
- [6] Sokanský, K., Mišák, S., Šnobl, J., Novák, T. Studie využitelnosti fotovoltaických článků – rozbor parametrů fotovoltaických článků (elektráren) z hlediska účinnosti výroby elektrické energie, materiál MPO, Ostrava 2010

OSVETLENIE KOSTOLOV A SAKRÁLNYCH OBJEKTOV

ING. JÁN NOVOMESKÝ

COMLUX sro – Osvetľovacia technika, SK–82104 Bratislava, Kopanice 5, Slovakia
Tel 00421-2-43424832, Fax 00421-2-43422641 COMLUX@COMLUX.SK

Osvetľovať umenie, osvetľovať dejiny. Ale ako sa dá jednoducho konfrontovať len niečo viac ako sto rokov existujúce elektrické svetlo so stáročiami existujúcim umením a architektúrou? Ako môže svetelný technik zviditeľniť monumentálne priestory tak bohaté na ducha, genialitu a kreativitu, ak nie snahou postaviť sa do ústrania a nechať ich hovoriť samé za seba? S veľkou pokorou rešpektovať osvetľovaný objekt. Ukázať ho bez zviditeľňovania sa. Zladiť sa s farbami, textúrou povrchov a historickými vrstvami. Skryť nielen svietidlá ale aj nimi vyžarované svetlo, ktoré musí síce priamo osvetľovať ale nemá byť priamo viditeľné. Splynúť v jednote s okolitým priestorom. To je presne to, čo sa musí snažiť dosiahnuť dobrým svetelne technickým projektom. Ponorený v tichu vízií. Použiť kolekciu svietidiel určenú pre hodnotné historické priestory a miesta pre bohoslužby, rozšírenú o súbor nápadov schopných poskytnúť nekonečné bohatstvo variácií. Tam kde nevystačuje katalógový sortiment, intervenovať špecifickými individuálne navrhnutými riešeniami. Osvetlením zvýrazniť brilantnosť a zvýšiť farebnú hodnotu, ale tiež neatakovať delikátnu estetickú a mikroklimatickú rovnováhu nevyhnutne potrebnú pre prežitie diela – – toho historického ale aj svojho. Pretože veľkosť umenia je nekonečná. Pri jeho práci mu prirodzene asistujú dejiny, veľkoleposť a harmónia objektov samotných. Umenie a technológia. Vedomosti, cit, múdrosť a skúsenosti.

ZÁKLADNÉ ÚLOHY OSVETĽOVACEJ SÚSTAVY

- Zabezpečenie požiadaviek na osvetlenie bežných a sviatočných bohoslužieb
- Zabezpečenie základných jasových podmienok v priestore obetného stola, kazateľnice a veriacich
- Vytvorenie osvetlenia pre konanie sviatostí
- Vytvorenie možností pre zvýraznenie oltára, iných cenných detailov výzdoby, dosiahnutie atmosféry pre rozjímanie a pod.
- Bezpečnosť návštevníkov

KLÚČOVÉ OSOBY A ČINNOSTI

Vstupné dáta - požiadavky

- INVESTOR - investičný zámer a limitné náklady
- TEOLÓG - požiadavky liturgie
- LEGISLATÍVA - normy a hygienické predpisy
- PAMIATKOVÁ STAROSTLIVOSŤ - ochrana pamiatok
- ARCHITEKT - impulzy, dizajn

Vyhotovenie svetelne technického návrhu

- SVETELNÝ TECHNIK - vytvorenie optimálneho kompromisu všetkých požiadaviek so stávajúcimi možnosťami svetelnej techniky

Realizácia a ostatné činnosti

- PROJEKTANT ELEKTRO
- DODÁVATEĽ ELEKTROINŠTALAČNÝCH PRÁC
- SVETELNÝ TECHNIK - smerovanie a doladenie, meranie osvetlenia
- INVESTOR - kontrola splnenia požiadaviek investičného zámeru

POŽIADAVKY NA OSVETLENIE

STN EN 12464-1 - Osvetlenie pracovných priestorov

- krátkodobý (dlhodobý) pobyt osôb
- obetný stôl, ambona Ehp_k 500/300/200 lx
- priestor pre veriacich Ehp_k 300/200/100 lx
- rovnomernosť E_{hmin} : E_{hp} = 0,5
- zamedzenie priameho aj nepriameho oslnenia

Iné doporučenia a prax

- obetný stôl 200 až 1000 lx
(približne dvoj- až trojnásobok nasledujúceho)
- priestor pre veriacich 50 až 200 lx
- pre čítanie minimálne 100 lx

KRITÉRIÁ VÝBERU SVETELNÝCH ZDROJOV

- Farba svetla (2000-6000 K)
- Činiteľ farebného podania (0-100)
- Merný výkon (10-150 lm/W)
- Život (1000-50000 hod)

DRUHY SVETELNÝCH ZDROJOV

- Teplotné : **žiarovky**
- Výbojové : nízkotlakové : ortuťové - **žiarivky** a svietiace trubice, sodíkové
vysokotlakové : ortuťové, **halogenidové**, sodíkové
- **LED : elektroluminiscenčné diódy**

KRITÉRIÁ VÝBERU SVIETIDIEL

- Svetelnotechnické vlastnosti – účinnosť, rozloženie svietivosti
- Bezpečnostné požiadavky
 - Ochrana proti nebezpečnému dotyku (trieda I, II, III)
 - Ochrana proti vniknutiu predmetov a vlhkosti (IP20-65)
 - Odolnosť voči mechanickému poškodeniu
- Estetické požiadavky - Dizajn, rozmery, farba, Použité materiály a dielenské spracovanie

ZNAKY DOBREJ OSVETĽOVACEJ SÚSTAVY

- Kvalitné osvetlenie pre všetky svetelné situácie
- Čo najmenej viditeľná osvetľovacia sústava, t.zn. nová štýlová vrstva s citlivým dizajnom hlavne v historických objektoch
- Maximálna ochrana interiérových prvkov objektu pred účinkami svetla
- Veľmi citlivá elektroinštalácia
- Možnosť jednoduchej údržby
- Rozumné investičné a prevádzkové náklady

NE Z A B Ú D A J M E !!!

OSVETĽOVACIA SÚSTAVA NIE JE TVORENÁ LEN SVIETIDLAMI . PATRIA K NEJ AJ ELEKTROINŠTALÁCIA, ROZVÁDZAČE A OVLÁDACIE PRVKY .

LIGHT EMITTING DIODES IN THE SHOW CAVE ILLUMINATION

ING. JÁN NOVOMESKÝ

COMLUX sro – lighting studio, SK–82104 Bratislava, Kopanice 5, Slovakia
Tel 00421-2-43424832, Fax 00421-2-43422641 COMLUX@COMLUX.SK

The fast evolution of LEDs in the last 5 years suggests they will be the light source of the next future. LED are energy efficient, resistant to damage, safe, easy to control, maintenance free, and have a longer life than previous types of lamps. But even if it is a good light, it is not the “miracle” light that many people hope for and its application should be very sensitive. Effective design, possible simple installation, control, and operation of LED cave lighting equipment (CLE) require a lot of technical knowledge and feeling for the nature.

The newest generation of LED became suitable for use in CLE about 3 years ago. To avoid some of the mistakes that can happen from improper use of this new light source, this study brings some results of our own experiments how to get enough light in the cave without cause quite strange unnatural colors and the feeling of space deformation.

Experimentation of possible LED white light colors and comparison with previous used lamps found that there is necessary to suit the color temperature of used LED (we can now choice between three basic white) with the main color of cave walls, to use only LED of the best quality with efficiency above 50 lm/W and color rendering index better than 80, to avoid any violent experiments with the light effects and to install the properly quantity light into the cave. Only on this way is it possible to guarantee both, the best visual impression for the visitors and the high protection of caves ecosystem.

POUŽITIE ELEKTROLUMINISCENČNÝCH DIÓD PRI OSVETLENÍ JASKÝŇ

ING. JÁN NOVOMESKÝ

COMLUX sro – lighting studio, SK–82104 Bratislava, Kopanice 5, Slovakia
Tel 00421-2-43424832, Fax 00421-2-43422641 COMLUX@COMLUX.SK

Rýchly vývoj LED v ostatných 5 rokoch naznačuje, že sa stanú svetelným zdrojom blízkej budúcnosti. Majú vysoký merný výkon, sú odolné voči poškodeniu, bezpečné, jednoducho ovládateľné, nevyžadujú údržbu a majú dlhší život než doteraz používané svetelné zdroje. Aj napriek tomu že dávajú dobré svetlo, nie je to ako mnohí ľudia dúfajú svetlo zázračné a ich použitie musí byť veľmi citlivé. Efektívny návrh, jednoduchá elektroinštalácia, ovládanie a prevádzka LED osvetľovacej sústavy jaskyne vyžadujú mnoho technických poznatkov a cit pre prírodu.

Najnovšia generácia LED je vhodná pre osvetlenie jaskýň približne 3 roky. Aby sa zamedzilo vzniku chýb ktoré môžu vzniknúť nesprávnym použitím tohoto nového zdroja svetla, prináša tento príspevok niektoré poznatky z našich vlastných experimentov zameraných na problematiku vytvorenia dostatočného množstva svetla v jaskyni bez spôsobenia divných neprirodzených farieb a pocitov deformácie priestoru.

Pokusy s LED s rôznymi teplotami chromatickosti bieleho svetla a ich porovnanie s predchádzajúcimi typmi svetelných zdrojov ukazujú, že je treba zladiť teplotu chromatickosti

použitých LED (môžeme si vybrať medzi tromi základnými bielymi) s prevládajúcim farebným tónom povrchov jaskyne, použiť len LED čo najvyššej kvality s merným výkonom nad 50 lm/W a činiteľom farebného podania nad 80, zamedziť všetkým násilným experimentom so svetelnými efektami a inštalovať do jaskyne správne množstvo svetla. Len týmto spôsobom môžeme súčasne zaručiť návštevníkom najlepší vizuálny vnem a jaskynnému ekosystému maximálnu ochranu.

LED BENEFITS and LACKS

EFFECTIVITY >>> than incandescent and halogen lamps

COLOURRENDERING Ra good > 80

COLOURTEMPERATURE Tc wide choice between 3000 till 6000 K

LIFE 35000 hours – T70 70% lighth output (100000 hours – T20 20 % l.o.)

SAFETY voltage 2 till 3,5 V DC (LED),
the floodlight 12, 24 or till 48 V DC or 230 V AC!!!
no mercury, no IR or UV radiation

MAINTENANCE / RELAMPING minimal

RESISTANT against shock and vibrations,
often switch on and off, low temperature

POINT SOURCE dimmable, suitable for compact fittings

NO RESISTANT - HEATH (more than 70 °C !!!)

LAMPSFLORA grows like by other light sources !!!
(perhaps a small bit less because the temperature is lower)

What can we do to avoid the grow of LF ?

1. Minimalize illumination (luminous flux)

it means, less illuminance (but there is a treshold value for acceptable sight),
dynamic of light, more lamps of less power, bigger distance from the objects,
suitable positions and aiming of floodlights.

2. Minimalize time

it means, short controlled parts, no standstill light of paths,
(RESTRICT VISITORS QUANTITY !!!???)

3. Minimalize heat

it means to use the lamps with less heatproduction, what means high efficiency (lm/W),
FL and HPH instead LI/LH today (if possible), LEDs as main light source in the future.

4. To **eliminate the “bad” wavelengths from lamps spectrum.**

It's quite speculative matter, because if we take some wavelengths from visible spectrum, we get practically the coloured light !

ARE THE LEDs REALLY THE MIRACLE LIGHT SOURCE ???

NO, but they are GOOD LIGHT SOURCE WITH THE FUTURE !

LED cave lighting systems today (autumn 2010) :

We stay on the beginning – perhaps 20 LED installations worldwide

What did we see ?

Australia (Tasmania) – about 5 – technical good, less light

Austria – 1 – only partially LED, interesting but too much colours

Czech Republic – 1 - only 1 part, about 10% of cave length

Germany – 1 (2) – technical well done but complicated, lighting good

South Korea – 3 – technical good, less light, light sufficient

USA – 2 – technical not good (1st LED generation in new installations),
light good, can be a little more

What did COMLUX do ?

Slovakia - 1st experiments in spring and summer 2008

*Germany - 1 – experiment by COMLUX in Jun 2009, owners
reaction was positive, but money are the problem*

*Slovakia - 2 – planned by COMLUX in spring 2009, will be installed
in winter 2010*

Slovakia - 3 – experiment by COMLUX in autumn 2009

Austria – 1 – presentation in Jun 2010

Croatia – 1 – presentation in Jun 2010

EFFECT	MISTAKE	CAUSED BY
"DARKNESS"	Not enough illuminance (light)	Not enough LED floodlights - the costs !
STRANGE COLORS	Bad Tc (color temperature) of used LEDs	Can be quite subjective matter, but often insufficient knowledge and sometimes the costs (DL color is cheaper and easier to produce as the NW or WW color)
STRANGE TILL NO COLORS	Bad Ra (color rendering index) of used LEDs	Insufficient knowledge and the costs (see above), the LEDs with less Ra are cheaper and easier to produce as the good ones
SPACE DEFORMATION (STRANGE COLOURS) Something like the light show. It can be often quite nice and impressive but we cannot see the cave so like it is really	Very high luminance contrast, some very intensively lighted objects surrounded with poorly lighted objects and background	The costs, missed space (background) light, some (a lot) of alone placed FS floodlights, the effort to make only the show in cave.
COMBINATION of all above mentioned mistakes		

Náklady na omezení emisí CO₂ v osvětlovacích soustavách ve srovnání s OZE

Petr Novotný, Ing.

Ing. Petr Novotný – Light servis, www.lightservis.cz

Úvod

Před lety začala v médiích celosvětová propaganda související s globálními změnami klimatu. Celá devadesátá léta 20. století se rychle oteplovalo, což se někteří vědci pokusili postavit do příčinné souvislosti s množstvím CO₂ vypouštěným do atmosféry v důsledku lidské činnosti. Přitom ponechali stranou skutečnosti, že klima se měnilo v celé geologické historii Země i bez civilizačních vlivů, že právě ve zmiňovaném období dosáhla dlouhodobého maxima sluneční aktivity, že na globální bilanci koloběhu oxidu uhličitého se lidstvo podílí jen z malé části, že hlavním skleníkovým plynem není oxid uhličitý ale vodní pára a další. Faktem je, že na mediální kauzu boje proti globálnímu oteplování se úspěšně nalepily velmi výnosné ekonomické aktivity počínaje obchodem s emisními povolenkami a konče státem legislativně zaručeným a odběrateli nedobrovolně dotovaným výkupem tzv. zelené energie z tzv. obnovitelných zdrojů.

Cílem příspěvku je ukázat (odhlédnuvše od sporu jestli globální klima je nebo není ovlivňováno lidskou činností), že dotace neekonomické výroby energie je nejdražším způsobem boje proti změnám klimatu.

V odhadu nákladů na úsporu 1 kg CO₂ výrobou energie v OZE není zohledněno, že výroba z nestabilních a z hlediska provozovatele přenosové soustavy neregulovatelných zdrojů, způsobuje významně zvýšené náklady na straně distribuce a rovněž většinové konvenční výroby elektrické energie (nezbytná prakticky 100% záloha z rychle regulovatelných tradičních zdrojů).

Předpoklady

Konvenční výroba: 0,67kg CO₂ / kWh

2/3 produkce spalováním fosilních paliv - emise cca 1,0kg CO₂ / kWh

1/3 jaderná energetika - emise cca 0,02kg CO₂ / kWh (energetická náročnost výstavby a likvidace)

Fotovoltaická výroba: 0,1kg CO₂ / kWh (energetická náročnost výroby komponent a instalace)

Větrné (VTE) a malé vodní elektrárny (MVE): 0,03kg CO₂/kWh (energetická náročnost výstavby)

V tabulce jsou uvedeny odhadnuté úspory energie a emisí CO₂ za dobu střední doby života příslušného zařízení a přepočet počáteční investice na náklady za úsporu 1kg emisí CO₂ při prosté návratnosti. Jako vstupy jsou pokud možno použity ceny a parametry konkrétních, běžně používaných produktů. U svítidel je předpokládán provoz po dobu 15 let 2000 provozních hodin ročně. Po této době je možno předpokládat, že svítidla morálně zastarají, ačkoliv technicky by byla ještě schopná provozu. Pokud jde o parametry solárního ohřevu jsou převzaty hodnoty dostupné na internetu. Výkupní ceny energií jsou na úrovni roku 2010.

Tabulka: Porovnání různých variant investic do úsporných technologií v osvětlovacích soustavách a komunální výstavbě z hlediska nákladů na snížení emisí CO₂.

Typ investice	investiční náklady na kus (Kč)	průměrná životnost zařízení	snížení přík. (nároků na konv. zdroje) (W)	úspora energie za dobu života (kWh)	snížení emisí CO ₂ (kg)	Náklady na snížení emisí CO ₂ (Kč/kg)
Náhrada žárovky 100W komp. zářivkou 23W	250	10.000 h	77	770	516	0,48
Použití svítidel 2x36W místo 4x18W v nové instalaci ⁽¹⁾	200 ⁽²⁾	30.000 h	14	420	281	0,71
Použití svítidel 4x14W místo 4x18W s mag. předřadníkem v nové instalaci ⁽³⁾	400	30.000 h	33	990	663	0,60
DTTO náhrada ve stávající instalaci (kus za kus)	1.500	30.000 h	19	570	382	3,93
Regulace soustavy 2x58 v						

Typ investice	investiční náklady na kus (Kč)	průměrná životnost zařízení	snížení přík. (nároků na konv. zdroje) (W)	úspora energie za dobu života (kWh)	snížení emisí CO ₂ (kg)	Náklady na snížení emisí CO ₂ (Kč/kg)
závislosti na denním světle (úspora 40%)	2.000	30.000 h	43	1290	864	2,31
náhrada svítidla 2x32W LED svítidlem 37W	3.000	30.000 h	31	930	623	4,82
Výměna stávajících oken K=2,9W/m ² .K za nová K=1,4W/m ² .K (1m ²)	6.000	20 let	132 kWh/rok	2650 ⁽⁴⁾	1775	3,38
Solární ohřev TUV (1m ²)	20.000	20 let	500kWh/rok	10.000	6700	2,99
Fotovoltaická výroba (výkup 1 kWh)	12,25	-	-	-	0,57	21,49
Větrné elektrárny (výkup 1 kWh)	2,23	-	-	-	0,64	3,48
Malé vodní elektrárny (výkup 1 kWh)	3,0	-	-	-	0,64	4,69

Poznámky:

(1) - při stejné provozní účinnosti

(2) - včetně nákladů na úpravu podhledu

(3) - provozní účinnost 4/14W - 78%, 4x18W - 59%

(4) - topná sezóna 230dní/rok, průměrná venkovní teplota 4°C, vnitřní teplota 20°C

Závěr

O jednotlivých vstupních hodnotách použitých v tabulce je možno určitě diskutovat. Přesto závěr je naprosto jednoznačný. I pokud přistoupíme na argumentaci o nezbytnosti snižovat emise oxidu uhličitého, bude současný model podpory fotovoltaické výroby energie ekologický, teprve až budou vyčerpány všechny relevantní možnosti investic do úspor (k čemuž s ohledem na technický pokrok zřejmě nikdy nedojde). Do té doby se jedná jednoznačně o plýtvání, které by se mělo co nejdříve zastavit. Naproti tomu náklady na snižování emisí při stávající podpoře MVE a VTE jsou přibližně na horní hranici ceny aplikací jiných posuzovaných technologií a opatření vedoucích k úsporám energie. Otázkou je, kam by se hodnoty posunuly, po seriózním započtení vynucených nákladů v elektrizační soustavě.

Srovnání světelných regulátorů z hlediska úspory elektrické energie a provozních parametrů

Ing. Tomáš Pavelka, doc. Ing. Petr Baxant Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
xpavel18@stud.feec.vutbr.cz, baxant@feec.vutbr.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá srovnáním energetické účinnosti a provozních parametrů konkrétních světelných regulátorů. To je důležitou úlohou v návrhu osvětlovacích soustav, protože správný výběr regulátoru může provozovateli soustavy přinést nejen možnost sofistikované metody řízení soustavy, ale i významné úspory. Je zde prezentován regulátor pro veřejné osvětlení Intelux NG, řídicí předřadníky DALI a také regulátor pro svítidlo s LED. Pro různé světelné zdroje a různé regulátory bylo provedeno měření, která ukazují, jak pracují konkrétní svítidla v konkrétních aplikacích, při plném a sníženém výkonu a jaké jsou průběhy jejich vstupních veličin a vyzářeného světelného toku.

Úvod

Použití světelných regulátorů se stává stále populárnějším řešením ve veřejném osvětlování, ale také v různých druzích inteligentních systémů osvětlení pro běžné použití v budovách, kancelářích a domech. Pro použití světelných regulátorů hovoří několik důvodů. Mohou přinést zvýšení komfortu při provozování světelné soustavy, ale také významné provozní úspory, které jsou důležité například z hlediska energetické náročnosti budov.

V tomto příspěvku se zaměříme na některé druhy regulátorů, které jsou použity pro různé světelné zdroje a různé světelné aplikace.

Použitý měřicí systém

Pro toto měření byl použit měřicí systém, který měří vstupní parametry, jako je napětí, proud, vstupní výkon atd., a dále výstup světelného zdroje v podobě světelného toku, resp. poměru skutečného světelného toku k toku nominálnímu. Pro měření byl použit kulový integrátor pro kompaktní zdroje, jako je klasická žárovka, vysokotlaká sodíková výbojka a LED svítidlo. Pro měření lineární zářivky byl použit luxmetr a poměrné metody výpočtu světelného toku.

Pro měření napěťových a proudových závislostí byl použit digitální osciloskop Tectra s odpovídajícími proudovými a napěťovými sondami.

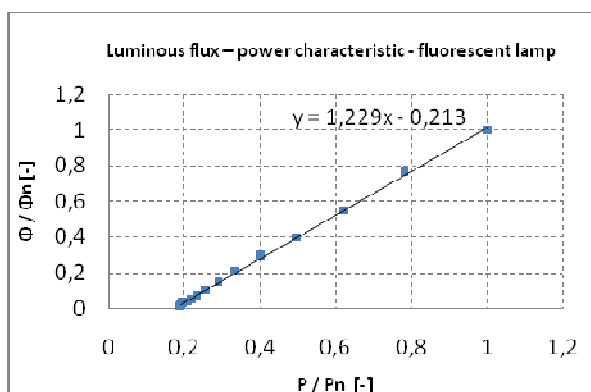
Elektronický předřadník s regulátorem DALI

Prvním druhem regulátoru je regulátor použitý pro lineární zářivku OSRAM FH 28E/840 HE. Je to elektronický předřadník TRIDONIC ATCO PCA 1/28 T5 EXCELL řízený pomocí DALI systému a ovládaný přes zařízení DALI USB počítačovým programem configTOOL v1.5 od firmy TRIDONIC ATCO.

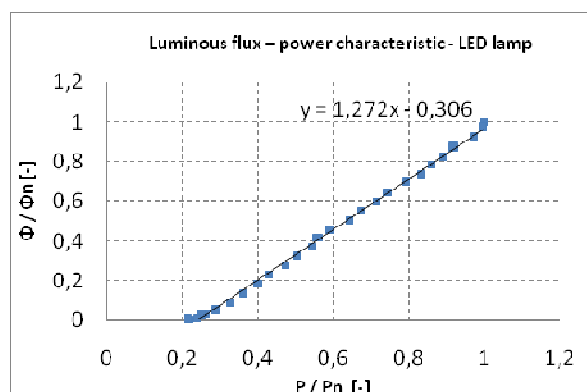
Tato soustava používá systém DALI Master – slave pro řízení osvětlovací soustavy s maximálně 64 komponenty. V tomto systému jsou dva moduly komunikující na vlastní sběrnici, jeden pro regulaci a druhý pro komunikaci s počítačem.

Naměřené údaje ukazují, že závislost poměrného světelného toku ku poměrnému výkonu je lineární (viz. obr. 1), což jsme očekávali. Spotřeba energie předřadníku byla mezi 3 – 5 W, což záviselo na stupni regulace zářivky. Je to způsobeno zahrnutím celkových energetických ztrát při regulovaném provozu do celkové spotřeby předřadníku. Proud na jmenovité hodnotě napětí je 0,14 A a kompenzace je provedena na $\cos\phi = 0,99$.

Výsledky tedy dokazují, že tato metoda stmívání je nejen možná, ale dokonce vcelku doporučená pro provozovatele soustavy.



Obr. 1: Závislost světelného toku na výkonu pro lineární zářivku s předřadníkem s regulací DALI



Obr. 2: Závislost světelného toku na výkonu pro svítidlo LED s regulátorem ANOLIS

Regulátor pro LED svítidlo ANOLIS ARC POWER

Tento regulátor je použit pro řízení LED svítidla a řídí jednotlivé kanály s bílými LED. Primárně je určen pro použití v dekorativním a architektonickém osvětlování. Může být také stmíván přes široké spektrum světelného toku, což je předmětem tohoto měření.

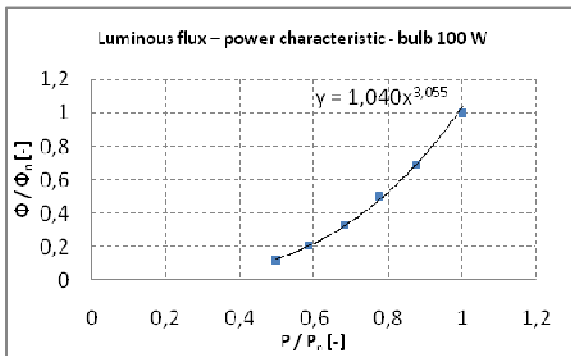
Tento systém pracuje s napětím 100 – 240 V AC, 50 / 60 Hz a maximální spotřebou 120 VA. Maximální zatížení modulu je 36 diod. Pro toto měření je použito svítidlo s 3 individuálními kanály, každý se 2 LED. Pro připojení modulu ke svítidlu je použit řídicí protokol DMX s konektorem RJ45.

Měření prokázalo, že i tento systém poskytuje lineární závislost světelného toku na příkonu (obr. 2). To podporuje myšlenku, že LED svítidla mohou být snadno stmívána a že stmívání nemá negativní vliv na účinnost systému – používá se pulsně šířková modulace, které je prakticky bezztrátová. Trvalá spotřeba řídicího systému byla 2 – 3 W.

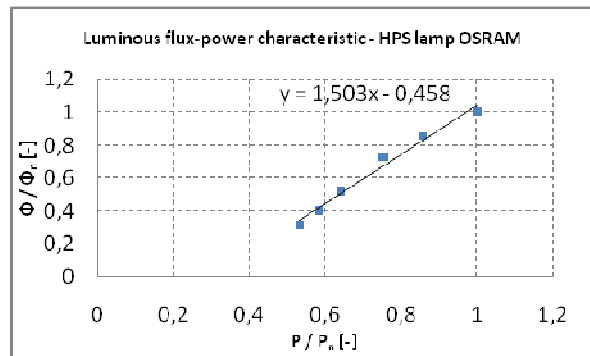
Řídicí systém osvětlení INTELUX NG

Světelný řídicí systém Intelux NG je vyroben pro vnitřní i venkovní osvětlení. Díky dodávanému softwaru může být ovládán přes počítač. Primárně je určen pro použití s výbojovými zdroji světla. V tomto měření byla použita klasická žárovka OSRAM 100 W a také svítidlo s vysokotlakou sodíkovou výbojkou OSRAM 50 W. Tento systém pracuje se vstupním napětím 240 V AC. Systém je řízen regulací výstupního napětí AWI, což znamená, že sekvence zapnutí – vypnutí IGBT spínače závisí na fázovém posunu proudu při zátěži, na druhu světelného zdroje a na účinnosti řídicí jednotky. Systém může pracovat s účinnkem od 0,3 induktivního do 0,1 kapacitního. Pro korekci účinnku je systém osazen kompenzačními kapacitami. Dokáže regulovat světelný tok do 80 % u vysokotlakých sodíkových výbojek, do 50 % u halogenidových výbojek a do 50 % u zářivek. Osvětlení může být řízeno přes jeden analogový (0 – 10 V), nebo dva digitální (0 – 24 V DC) výstupy. Maximální výkon je 11 kVA. [1]

U klasické žárovky byla závislost světelného toku na napětí exponenciální, jak se očekávalo (obr. 3). Je dobře známo, že klasická žárovka by měla pracovat s nominální hodnotou napětí. Jediným důvodem pro provozování žárovky na sníženém napětí by bylo zvýšení její životnosti. Regulace pomocí systému Intelux NG je provedena zkrácením napěťové křivky v každé periodě, viz. obr. 5. V tomto obrázku horní snímek představuje průběh při jmenovité hodnotě napětí a dolní snímek představuje provoz se sníženým světelným výkonem. Obr. 5 je pro klasickou žárovku, proud je ve fázi s napětím a také celá závislost je podobná.

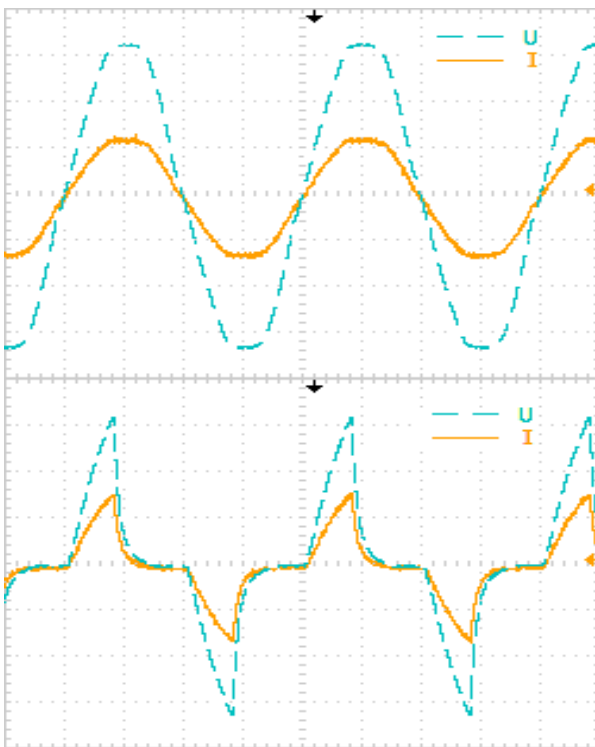


Obr. 3: Závislost světelného toku na příkonu pro klasickou žárovku OSRAM 100 W s regulátorem INTELUX NG

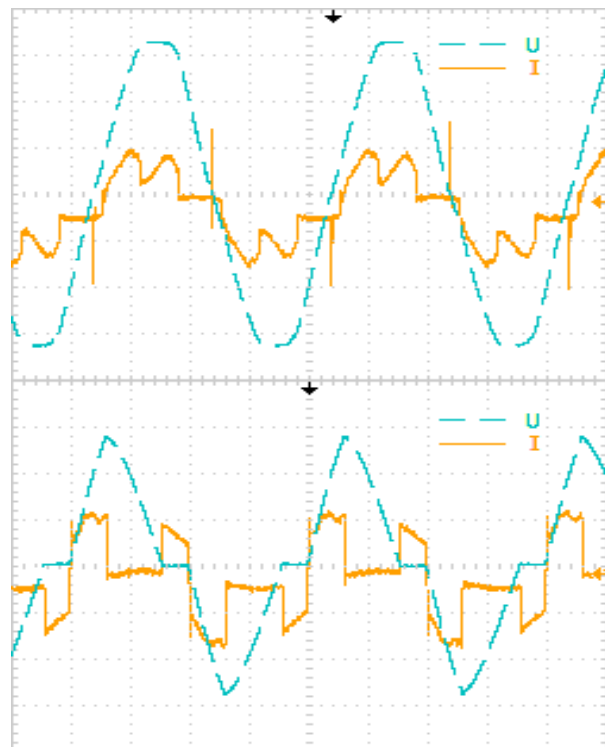


Obr. 4: Závislost světelného toku na příkonu pro vysokotlakou sodíkovou výbojku OSRAM 100 W s regulátorem INTELUX NG

Měření na vysokotlaké sodíkové výbojce je prezentováno s výbojku OSRAM 50 W. Závislost světelného toku na příkonu je téměř lineární (obr. 4). Můžeme tedy říci, že stmívání je u tohoto druhu světelných zdrojů opět ekonomické. Stmívání je však možno provádět až u plně zahřáté výbojky. Proto systém dovolí stmívání až po 300 sekundách od startu. Průběh regulace výstupního napětí a proudu je uveden v obr. 6.



Obr. 5: Regulace výstupního napětí a proudu pro klasickou žárovku OSRAM 100 W s regulátorem INTELUX NG



Obr. 6: Regulace výstupního napětí a proudu pro vysokotlakou sodíkovou výbojku OSRAM 50 W s regulátorem INTELUX NG

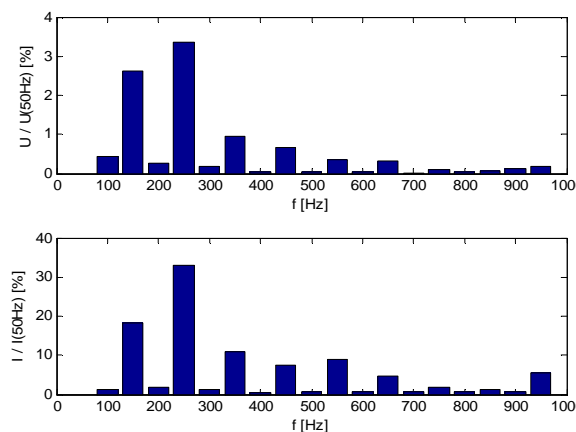
Napěťové a proudové závislosti vysokotlakých sodíkových výbojek jsou mnohem komplikovanější, než u klasické žárovky. Ve spodním snímku obr. 6 je prezentován průběh proudu a napětí výbojky při sníženém světelném výkonu na asi 30 % toku jmenovitého. Této úrovni je dosaženo při napájecím napětí 150 V na výbojce. Lze zde vidět i změnu průběhu proudu, která vede ke zvýšení hodnot vyšších harmonických složek, jak u napětí, tak u proudu ve srovnání s provozem na jmenovitých hodnotách. To může představovat problémový faktor při použití tohoto druhu regulace v rozsáhlejších osvětlovacích soustavách z důvodu nutnosti zakomponování dodatečného filtračního systému.

Obr. 7. a 8. jsou zobrazením frekvenční analýzy napětí a proudu vysokotlaké sodíkové výbojky při plném a sníženém světelném výkonu. Analýza byla provedena programem MATLABu (rychlá Fourierova transformace FFT) a výsledky jsou vztaženy k první harmonické složce (50 Hz) a vyneseny v procentech. Grafy ukazují, že je

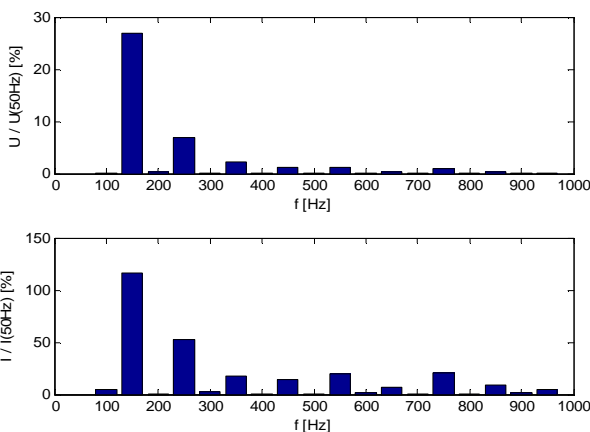
nutné věnovat pozornost jevům, které vedou ke vzniku rušivých vyšších harmonických složek a to hlavně u provozu se sníženým světelným výkonem – regulace s větším stmíváním.

Spotřeba regulátoru je mezi 12 – 16 W. Důležitým prvkem při provozu tohoto regulačního systému je účinnost. Jeho hodnota se pohybovala mezi 0,923 při provozu žárovky na jmenovité napětí až po 0,441 u vysokotlaké sodíkové výbojky při napětí sníženém na 150 V. V tomto případě nesmí být připojen kompenzační kondenzátor ve svítidle z důvodu prudkých napěťových změn, které by mohly vést až k jeho zničení nebo poškození regulátoru vlivem vyšších kapacitních proudů od vyšších harmonických složek.

Významnou výhodou tohoto regulátoru je možnost ovládání rozlehlějších sítí se svítidly a možností jejich spojování s více regulátory, ale s jedním centrálním řídicím systémem, ovládaným pře sériovou linku pomocí počítače.



Obr. 7: Frekvenční analýza vyšších harmonických složek napětí a proudu – plný příkon vysokotlaké sodíkové výbojky OSRAM 50 W



Obr. 8: Frekvenční analýza vyšších harmonických složek napětí a proudu – snížený příkon vysokotlaké sodíkové výbojky OSRAM 50 W

Úspora y energie

Pro vyjádření úspor energie musíme vytvořit provozní plán na rok. V našem případě jsou to dva základní provozní plány:

- Provoz s plným světelným výkonem během celého roku (4000 h.r^{-1}) – Provozní stav 1 (PS1)
- Provoz s plným světelným výkonem po polovinu provozní doby (2000 h.r^{-1}) a polovičním světelným výkonem během druhé poloviny provozní doby (2000 h.r^{-1}) – Provozní stav 2 (PS2)

Provozní stav (PS)	Druh zdroje			
	Sodíková výbojka	Žárovka	LED	Zářivka
Spotřeba při PS 1 [kWh]	349,44	465,60	42,56	123,60
Spotřeba při PS2 [kWh]	286,09	415,97	34,76	97,65
Úspora energie [kWh]	63,35	49,63	7,80	25,95
Úspora energie [%]	18,13	10,66	18,32	21,00

• Tab. 1: Úspory energie při úsporném provozním stavu

Jak lze vidět, regulace osvětlovací soustavy s klasickou žárovkou není příliš použitelná, jelikož úspora dosahuje pouze 10 %, pokud je světelný tok snížen na polovinu své jmenovité hodnoty po polovinu provozní doby.

Ale jiné zdroje se zdají být mnohem vhodnější pro úsporný režim. Nejvyšší úspory bylo dosaženo s klasickou lineární zářivkou s předradníkem s řízením DALI, kde úspora energie dosahovala 21 %. Úspora energie závisí na typu světelného zdroje, ale je evidentní, že některé zdroje se pro regulaci zdají být mnohem vhodnější než jiné.

Závěr

Použití systémů pro řízení osvětlení se stává stále více běžnou aplikací. Tento příspěvek ukazuje některé základní způsoby řízení osvětlovací soustavy. Použití regulace předpokládá využití moderních světelných zdrojů, jako jsou LED, nebo výbojové zdroje světla. Klasické žárovky se zdají být do stmívatelných aplikací nevhodné kvůli jejich exponenciální závislosti světelného toku na příkonu.

Použití rozsáhlejších osvětlovacích soustav s několika regulačními jednotkami a mnoha svítidly se zdá být schůdnou cestou návrhu moderních osvětlovacích soustav. Řízení takové soustavy může být prováděno počítačovým softwarem, který může poskytnout mnohem komplexnější a také úsporný způsob ovládní soustavy a to zejména ve spojitosti s využíváním denního světla. Je zřejmé, že tyto systémy musí být osazeny moderními světelnými zdroji, protože klasické žárovky jsou pro takové použití nevhodné. Do budoucna lze očekávat právě využití LED technologií, které díky prakticky lineární závislosti výkonu a spotřeby jsou z hlediska regulace neoptimálnější a také u nich lze dosáhnout prakticky 100% rozsah stmívání bez omezení životnosti nebo změny účinnosti. Účinnost se naopak může mírně zvýšit díky menšímu zahřívání LED při sníženém příkonu. Z hlediska snižování energetické náročnosti budov je regulace a použití moderních světelných zdrojů a svítidel prakticky nejracionálnější cestou, kterou je třeba se vydat nejen u nových soustav, ale i při rekonstrukci starších systémů.

Poděkování

Tento příspěvek obsahuje výsledky výzkumné činnosti podporované z projektu regionálního výzkumného centra č. CZ.1.05/2.1.00/01.0014 a projektu financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu č. MSM0021630516.

Literatura a odkazy

- [1] Reverberi Enetec, Installation, use and maintenance manual, Intelux NG – Source controller and voltage stabilizer
- [2] Reverberi Enetec, ConnectiNG [software]
- [3] Tridonic Atco, configTOOL v1.5 [software]

Vliv osvětlení na pracovníka

Ivo, Penn, Ing., Adéla, Kadulová, Mgr.

INDUSTRIAL MACHINERY s.r.o., ivo.penn@industrial-machinery.cz

Osvětlení má nezanedbatelný vliv na výkon a zdraví pracovníků v průmyslové sféře i službách. Má zásadní vliv na produktivitu pracovníků. Volbou kvalitního osvětlení je možno vytvořit zásadní změnu k lepšímu. Výsledkem je pak nižší chybovost, vyšší pracovní výkon, zvýšená bezpečnost a snížení absencí. Vyšší incidence zrakových potíží je patrná především u administrativních pracovníků. Až tři čtvrtiny osob pracujících celodenně s počítačem si stěžují na problémy se zrakem. Jejich příčinou je zraková únava, která se u většiny lidí začne projevovat už po 2 hodinách sledování monitoru.

Nepříjemné pocity v očích mohou vést až k bolestem hlavy a zpravidla jsou doprovázeny ještě vizuálními vadami, jako rozostřeným nebo zdvojeným viděním. Mohou se projevovat i druhotné potíže – např. po delším soustředění se na příliš malá písmena vede ke zvýšení krevního tlaku a podrážděnosti.

Sledovaný soubor

- Skupina 57 pracovníků firmy.
- Šetření provedeno anonymně, sledován pouze věk a stav zraku.

Metodika šetření

1. Standardního dotazníku ke zjištění zrakové únavy při práci. Úkolem sledované osoby je vyznačit u 13 příznaků (označených a –m) zrakové únavy jejich intenzitu v průběhu směny a délku jejich přetrvání po práci. Sledují se potíže okulární, související s drážděním oka a vizuální, související se zvýšenou zrakovou zátěží. Dále se sleduje oblast nespecifických příznaků, pocit nepohody z práce při umělém osvětlení, potřeba přerušit práci a nechat oči odpočinout.

2. Dotazníku subjektivní spokojenosti s osvětlením na pracovišti.

Sleduje se spokojenost v těchto oblastech:

- Denní světlo a umělé osvětlení
- Oslnění
- Barevné řešení
- Celkové hodnocení

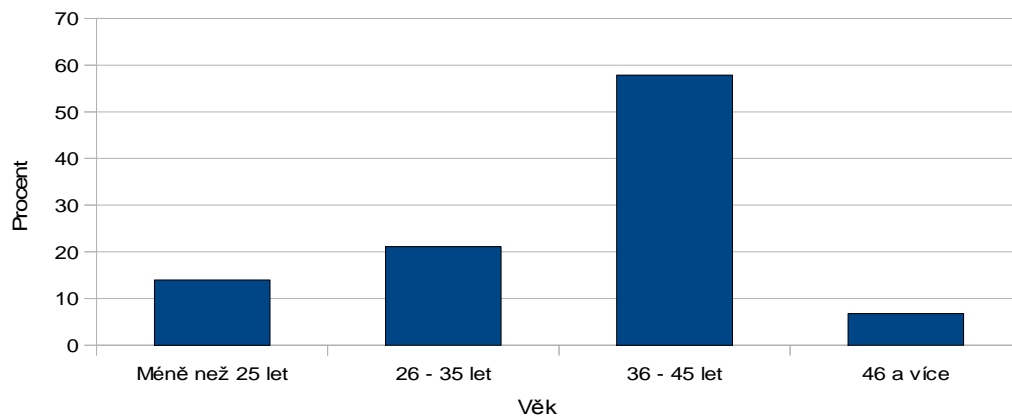
3. Srovnání souborů – byl použit neparametrický dvouvýběrový Wilcoxonův (Mannův – Whitneyův) test.

Věk	N	%
Méně než 25 let	8	14
26 - 35 let	12	21
36 - 45 let	33	58
46 a více	4	7
Celkem	57	100
Praxe	N	%
Méně než rok	2	4
1 - 5 let	23	40
více než 5 let	32	56
Celkem	57	100

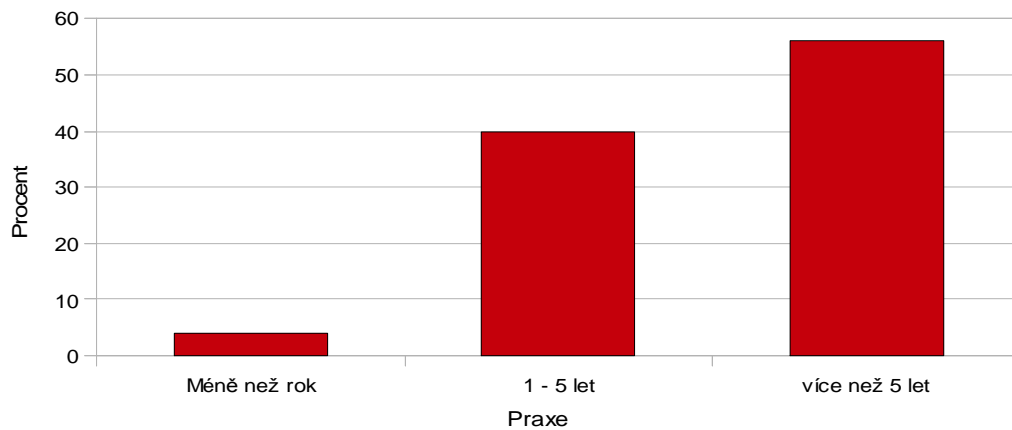
Zrak	N	%
Dobrý	48	84
Špatný	9	16
Celkem	57	100
Práce s PC	57	100

• Tabulka 1: Sledovaná skupina

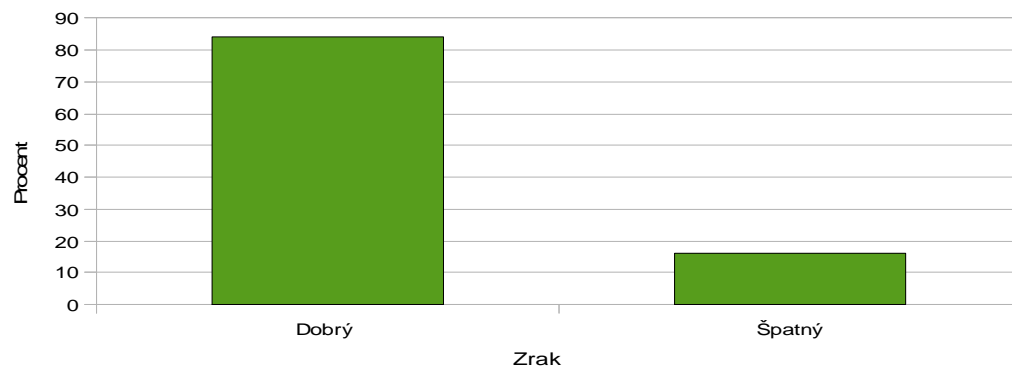
Grafické vyjádření



• Graf 1: Věk



• Graf 2: Praxe

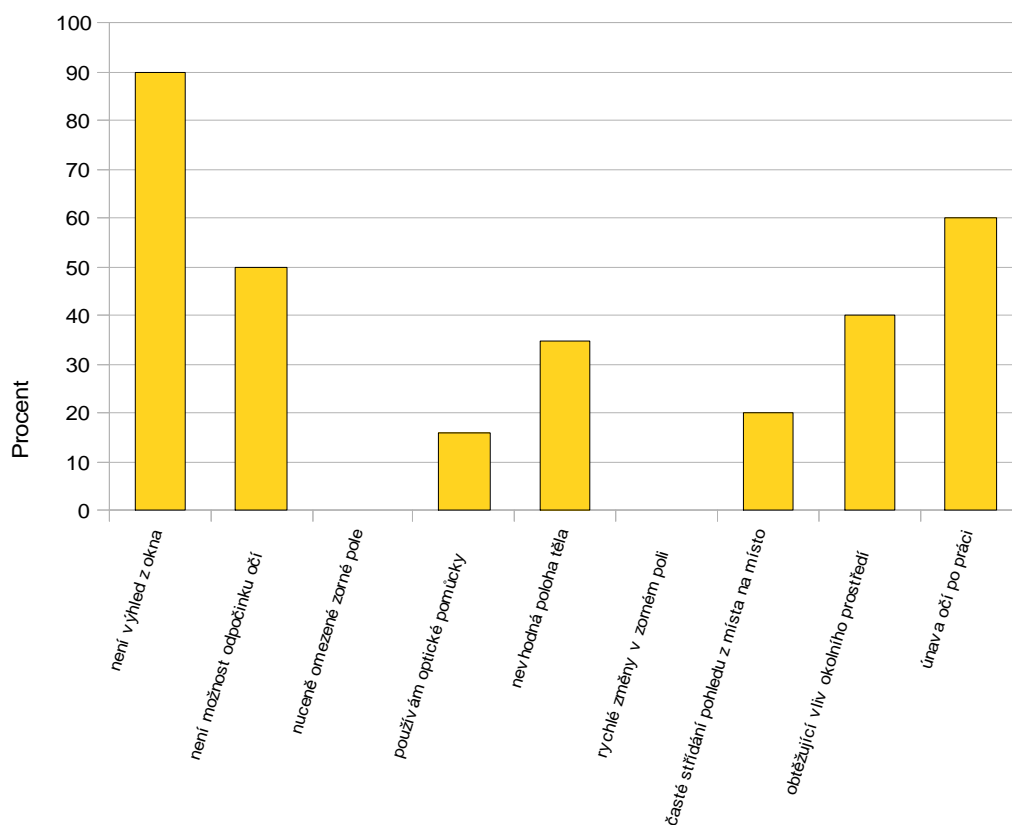


• Graf 3: Zrak

Výsledky

Faktory ovlivňující psychickou pracovní pohodu	%
není výhled z okna	90
není možnost odpočinku očí	50
nuceně omezené zorné pole	0
používám optické pomůcky	16
nevhodná poloha těla	35
rychlé změny v zorném poli	0
časté střídání pohledu z místa na místo	20
obtěžující vliv okolního prostředí	40
únava očí po práci	60
Faktory ovlivňující psychickou pracovní pohodu	%

Tabulka 2: Tabulka výsledků



- Graf 4: Výsledky v grafické podobě

Závěr

Je prokazatelné, že zrak se u zdravého jedince na vnímání okolního světa podílí na úkor ostatních smyslů z celých čtyř pětín. Proto je skutečně žádoucí chránit jej, co možná nejvíce. Pracovník by měl ve vlastním zájmu sledovat, zda se jeho zrak nezhoršuje a v případě, že se tak děje, tuto situaci řešit návštěvou lékaře a vhodnými korekcemi dioptrií.

Je prokázáno, že při soustředění se na monitor člověk mrká třikrát méně, než je běžné a pro oči potřebné. Tím dochází k vysušování očních tkání a vzniku nepříjemných pocitů sucha a pálení. Oči jsou zároveň nuceny dlouhodobě zaostřovat na určitou a stále stejnou vzdálenost, fokusní mechanismus navíc zatěžuje častý pohyb sledovaného obrazu (např. rolování stránky s textem).

Je zřejmé, že na celkové pohodě pracovníků sledované skupiny se výrazně nepříznivě podílela absence výhledu z okna, nevhodné polohy těla a únavy očí při práci. K zlepšení této situace doporučuji provést některá z níže uvedených nápravných preventivních opatření. Je velmi důležité, aby zaměstnavatelé brali ohled na zrakovou pohodu svých zaměstnanců. Zlepší tak jejich zrakovou i celkovou pohodu při práci, což mimo pozitivního vlivu na jejich zdraví pravděpodobně povede i k zvýšení jejich koncentrace a zlepšení pracovních výkonů.

Návrh preventivních opatření

- Ergonomické uspořádání pracoviště,
- dodržování zásad vizuální ergonomie, tj. zásad pro dobré vidění a zrakovou pohodu, odpovídající osvětlení,
- pro sezení před obrazovkou není vhodná poloha proti oknu ani zády k němu, okna je nutné osadit regulovatelnými stínidly,
- používání obrazovkové filtry, vhodné vizuální parametry obrazovky,
- pracovní stůl s dostatečně velkou plochou a nízkou odrazivostí, dostatečná vzdálenost pozorovatele od obrazovky a správné umístění obrazovky,
- vhodná organizace práce spočívající v časovém omezení práce s obrazovkou a ve stanovení přestávek,
- lékařské preventivní prohlídky zraku zaměstnanců,
- pozornost při organizaci práce věnovat i celkové pracovní zátěži zejména psychické,
- dostatek místa pro umístění písemností, doporučuje se umístit písemnosti buď v jednom směru mezi obrazovkou a klávesnicí nebo pomocí přidržovacího mechanismu těsně vedle obrazovky.

Literatura a odkazy

- [1] A.Hladký, Z.Žídková , Metody hodnocení psychosociální pracovní zátěže, Vydala UK Praha nakladatelství Karolinum, 1999, ISBN 80 - 7184 - 890 - 5
- [2] Světlo a pracovní prostředí Praha, příloha sborníku symposia Praha říjen 1974
- [3] PLCH, Jiří. Světelná technika v praxi. 1. vyd. Praha : IN-EN, 1999. 210 s. ISBN 80-86230-09-0.

Bezúdržbová svítidla VO

Jiří Plch, Doc.,Ing.,CSc.

jiri_plch@volny.cz

Úvod

Veřejné osvětlení je placená služba obyvatelstvu, není však na ni právní nárok. Když veřejné osvětlení nesvítí, radují se astronomové, že mohou nerušeně pozorovat pletky Venuše s Jupiterem a padouši, že pod pláštíkem tmy „udělají“ alespoň dva bankomaty, místo jednoho. Řidiči tápou, dochází k nárůstu počtu havárií v exponovaných místech, hlavně ve městech, se všemi negativními či tragickými důsledky pro něj, jeho rodinu, ale i pro celou naši společnost.

Náklady na provoz a údržbu veřejného osvětlení, i přes všechny snahy o řízení a snižování spotřeby elektrické energie, se rok od roku zvyšují.

Výchozí a ovlivňující podmínky

V přítomné době je situace velmi dramatická. Hledající se úspory a situace pro nejbližší období se jen tak nezlepší. Česko také ztrácí i řadu konkurenčních výhod, které pomáhaly růstu v minulosti. V přítomné době jsme jednou z nejdražších rozvíjejících se zemí. Z hlediska ceny práce jsme v přítomnosti čtyřikrát dražší než Čína, dvakrát než země na Balkánu a o polovinu dražší než Slovensko a Polsko. Klesá podíl výrobních a montážních činností, na významu nabývají služby a znalosti.

Dalším negativním fenoménem jsou kvalifikovaní pracovníci pro provoz a údržbu. Nejen u nás, ale i na celém světě chybějí řemeslníci! V mnoha velkých ekonomikách je kritický nedostatek kvalifikovaných profesí, hlavně elektrikářů, truhlářů a svářečů. Podle renomovaných zahraničních agentur, je tento nedostatek takových profesí překážkou v ožívování světové ekonomiky (analýza agentury Manpower).

Přítomnost

V technické praxi je oblíbeným pojmem „bezúdržbové technické zařízení“, od baterií počínaje a jakýmkoliv technickým zařízením konče. Je pochopitelné, že neexistuje žádné technické zařízení, které by nevyžadovalo údržbu, nicméně tento pojem se výrobce snaží deklarovat, že takové zařízení během provozu vyžaduje minimální údržbu, poskytuje provozovateli vysoký provozní komfort. Tato skutečnost je obecně vynucena nutností snižovat celkové provozní náklady a ne jinak tomu bude ve veřejném osvětlení. Navíc i EU si vytyčila cíl, snížit do roku 2020 celkovou spotřebu energie o 20 procent a její představitelé zároveň tvrdí, že spotřebitelé na úsporách vydělají. Jak ale plyne z „Jevonsova paradoxu“, dosáhnout toho je téměř nemožné.

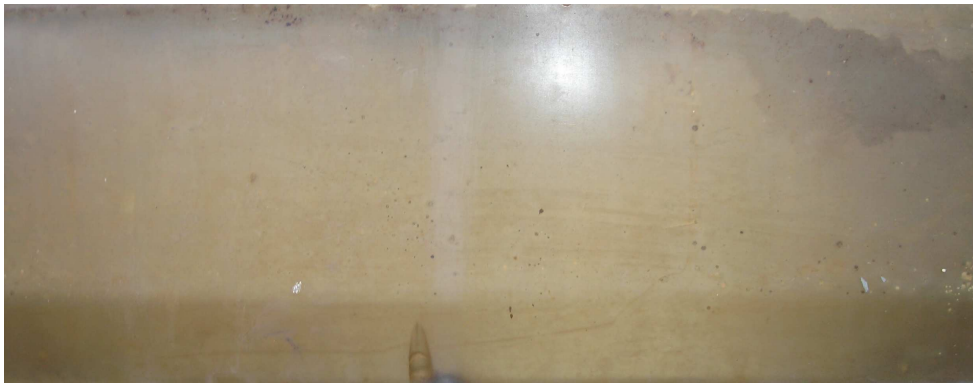
Realita dneška

VO u nás je v drtivé většině postaveno na aplikaci svítidel s výbojovými světelnými zdroji, se všemi klady a zápory. Ty jsou zakomponovány jistým způsobem do udržovacího činitele. Běžně se předpokládá, že vždy budou existovat složky nevratné a složky vratné.

Složka nevratná je spojena se stupněm řekněme, vyhoření světelného zdroje, složky vratné s vnitřní odraznou plochou a vlastnosti difuzoru po čištění. Realita je však zcela jiná.

Jedním z takových případů je výbojové svítidlo 2 x 250 W, které bylo vyrobeno v bývalém státním podniku Elektrosvit a nainstalováno v roce 1985 v jedné vesničce střediskové. Bylo v provozu do tohoto roku 25 let. Vzhledem k tomu, že mělo dvě výbojky, provádělo se přepnutí na druhou výbojku v tom případě, že první výbojka byla nefunkční. Jistá snaha po snížení provozních nákladů.

Provozní údržba celého svítidla se prováděla až při výměně obou výbojek. Nicméně vlastní difuzor vykazoval postupně změny v zabarvení, až se stal téměř neprůsvitný, jak ukazuje obrázek 1.



Obr. 1 – Stav difuzoru po 25 letém provozu

Difuzor, který je vyobrazen ukazuje na vysoký stupeň degradace propustnosti jako takové, výsledná hodnota se pohybuje na úrovni kolem 10 %. Podle provozovatele již po několika letech provozu, docházelo k jeho zbarvení. Další stupeň degradace vnitřního prostoru nastal v okamžiku, kdy se do svítidla dostávala vlhkost a to přirozeným způsobem. Každé svítidlo s výbojkou „dýchá“, teplý vzduch z vnitřního prostoru se dostává mimo svítidlo, studený se nasává.



Obr.2 – Účinky kondenzace vodních par ve vnitřním prostoru svítidla

Výsledek je potom velmi tristní.

Pokud jde o vlastní korpus, je zřejmé, že hliníkový tlakový odlitek má dostatečnou funkční stálost v našich klimatických podmínkách, zvláště, je-li proveden takovým způsobem, že se pozitivně dlouhodobě projevuje samočisticí účinek.

Bezúdržbová svítidla VO

Bezúdržbové svítidlo ve VO nebude nikdy 100%. Existují již dnes cesty, jak dosáhnout toho, že svítidla budou provozována po řadu roků, bez větších nároků na provoz a údržbu. Toto tvrzení vyplývá z realizovaných zkoušek některých svítidel se světelnými diodami. Jejich instalace proběhla v roce 2008 a byla v provozu „non stop“, tedy v provozu, který je ještě náročnější, než je tomu v běžném provozu svítidel ve V O. Celková doba provozu byla kolem 17 520 hodin a budou podrobena podrobnější analýze

Podle prvních orientačních měření se ukazuje, že celkový pokles světelného toku nepřesáhne 8 % a to bez známek vnitřního znečištění skleněného difuzoru či základové desky se světelnými diodami a to v důsledku toho, že „dýchání“ takového svítidla je zcela minimální (test na bílém vzorku).

Cesty k vytvoření takových svítidel tak nabývají zcela reálnou podobu.



Obr. 3 – Stav hliníkového korpusu svítidla

Zásady provedení svítidel s minimalizací provozních nákladů

Zásady provedení svítidel s minimalizací provozních nákladů lze shrnout takto :

Světelné zdroje

- Aplikace moderních světelných zdrojů – světelných diod
- využití takových typů, které mají hodnoty měrných výkonů kolem 100 lm/W,
- střední technický život vyšší než 50 000 hodin,
- index barevného podání R_a vyšší než 70,
- zajištění vysoké provozní spolehlivosti minimalizací elektrických prvků nutných pro provoz.

Svítidla

- odpovídající distribuce světelného toku,
- provedení z materiálů, které zajistí dlouhodobou stálost - minimálně 15 roků,
- tvarové provedení povrchu se samočisticím účinkem,
- odpovídající stupeň krytí pro venkovní prostředí,
- jednoduchá montáž či demontáž na stávající stožáry a výložníky,
- difuzor z materiálu nepodléhající působení tepelného a UV záření,
- difuzor u kterého ani opakovaným čištěním povrchu nedojde ke změně propustnosti.

Ostatní požadavky

- interní systém nastavování provozních režimů svítidla po dobu 1 roku,
- svítidlo v provedení „antivandal“,
- minimální doba záruky 36 měsíců (60 měsíců),
- deklarovaný pozáruční servis,
- ekologická likvidace svítidla po skončeném technickém životě.

Svítlidla pro venkovní osvětlování s vysokými užitnými vlastnostmi

Jak bylo podrobně v úvodu rozvedeno, je zcela oprávněné, aby provozovatelé požadovali, prokázání, že svítidla, která mají být aplikována pro osvětlování pozemních komunikací, budou mít, po všech stránkách, vlastnosti, které povedou k dosahování vysokých užitných hodnot, při minimalizaci energetické náročnosti a budou nanejvýše ekologická.

Již v přítomné době je možné u každého takového svítidla stanovit, jakou lze očekávat „užitnou hodnotu“ při provozu ve venkovních osvětlovacích soustavách.

Závěr

Situace ve VO se dosti výrazným způsobem dramatizuje z toho důvodu, že nebude dostatek finančních prostředků na provoz a údržbu v nejbližším období. Je proto nutné již v těchto fázích nabídnout provozovatelům všechny dostupné podklady k tomu, aby při výběru vhodných typů svítidel byli seznámeni s jejich skutečnou užitnou hodnotou.

V konečné fázi můžeme již dnes říci, že jsou naznačeny cesty, které v blízké budoucnosti povedou k tomu, že svítidla budou provozována minimálně po dobu 5 - 8 roků, bez údržby a to při minimálním poklesu světelného toku. To je realita a nutnost.

Literatura a odkazy

- [1] Pich, J.: Světelná technika v praxi. In-EI, Praha 1999
- [2] Pich, J.: Světelné diody a jejich použitelnost ve veřejném osvětlení Kurz osvětlovací techniky XXVII, strana 334-339 ISSN 1210-9568
- [3] Pich, J.: Energie pro lidstvo na počátku XXI. století ISBN-80-7060-482-1, VII. Mezi- konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 52-54
- [4] Pich, J.: Moderní metody osvětlovacích soustav VII. Mezi- konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 55-57
- [5] Pich, J.: Hodnocení osvětlovacích soustav z mezi-ho pohledu VŠB-TU Ostrava, 1999, str. 107-11
- [6] Pich, J.: Světlo pro člověka v novém tisíciletí XII. Celoštátní konferenciacia Slovenský elektrotechnický zväz, Bratislava 2000, 12 stran
- [7] Brainhard, G.C. u.a., Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor, J. of Neuroscience 21 (2001) 16, S. 6405 –6412
- [8] CIE Publikation - 106 (93), 103 (93), 125 (1997)
- [9] DIN 5031: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik
- [10] Grothmann, K., Messung und Bewertung optischer Strahlung in der Phototherapie, Dissertation am FG Lichttechnik der TU Berlin
- [11] ICNIRP: Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 μm), Health Physics 73 (1997) 3, pp 539 – 554
- [12] Kranhold, Th., Charakterisierung weißer LED, Diplomarbeit, FG Lichttechnik, TU Ilmenau, 2002
- [13] Kronauer, R.E. u.a., Mathematical model of the human circadian system with two interacting oscillators, Am. Journal of Physiology 242 (1982) R3 - R17
- [14] Porsch, T., Experimentelle Bestimmung der circadianen Lichtwirkung von Monitoren und TV-Bildschirmen, Diplomarbeit, FG Lichttechnik, TU Ilmenau, 2003
- [15] Schierz, Ch., Leben wir in der "biologischen Dunkelheit"?, Tagung Licht 2002, Maastricht, Tagungsband S. 381 – 389

Náhrada zářivek lineárními zdroji se světelnými diodami

Jiří Plch, Doc.,Ing.,CSc.
jiri_plch@volny.cz

Úvod do problematiky

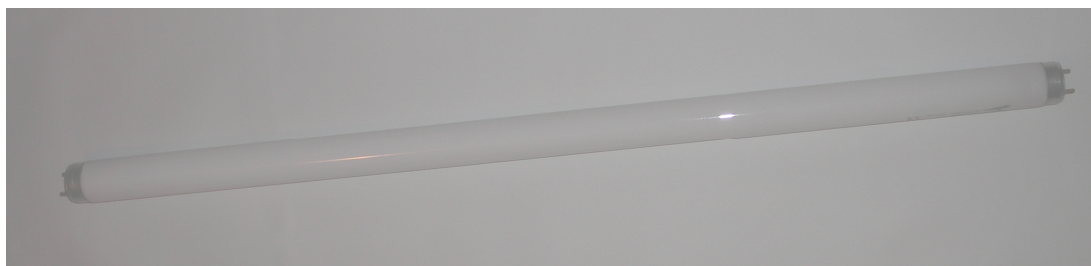
V přítomné době se dostává do popředí otázka, zda výměna klasických lineárních zářivek za alternující světelné zdroje obdobného typu se světelnými diodami je výhodná, zda dochází k úsporám elektrické energie, jak je mnohdy deklarováno nebo zda ve svém důsledku dojde k poklesu celkových provozních nákladů.

Na tyto otázky se pokusí odpovědět tento příspěvek.

Světelné zdroje

Klasika – lineární zářivky

Jsou alfou i omegou všech osvětlovacích soustav. Vytržení jen jednoho z jeho funkčních parametrů vede potom k mylným závěrům. Dnešní stav lineárních zářivek skupiny T8,



Obr. 1 – Lineární zářivky T8/ 18 W

představuje alternativu, která nemá reálnou šanci na další vývoj a modernizaci. Podíváme-li se na základních technické parametry, které tento světelný zdroj charakterizují a to pro základní výkonové skupiny, dojdeme k těmto výsledkům.

	Lineární zářivky T8			Poznámka
Příkon zdroje	18 W	36 W	58 W	
Světelný tok	1 350 lm	3 300 lm	5 200 lm	
T _c	4 000 K	4 000 K	4 000 K	
Měrný výkon	75 lm/W	91,6 lm/W	89,6 lm /W	
Klasický předřadník	25,5 W	42,3 W	64,2 W	

TAB. I. – Souhrn základních parametrů lineárních zářivek T8

	Lineární zářivky T5			Poznámka
Příkon zdroje	14 W	28 W	35 W	
Světelný tok	1 200 lm	2 600 lm	3 300lm	
T _c	4 000 K	4 000 K	4 000 K	
Měrný výkon	85 lm/W	92 lm/ W	94,2 lm/W	
EP				

TAB.II. – Souhrn základních parametrů lineárních zářivek T5

Světelné diody – v provedení lineárního zdroje

V tomto provedení se nabízí poměrně velký počet různých variant. V podstatě jde o provedení, které je vyobrazeno na obrázku 2.



Obr. 2 - Lineární zdroj se světelnými diodami

	Lineární zdroje se světelnými diodami			Poznámka
Délka	0,6 m	1,2 m	1,5 m	
Příkon zdroje	8 W	15 W	18 W	
Světelný tok	N	N	N	
Počet diod	174	300	364	
T _c	N	N	N	
Výkon diody	0,046 W/ks	0,05 W/ks	0,0494 W/ks	
Ekvivalent	36 W	58 W	72 W	
Cena	930.- Kč	1 296.- Kč	1 392.- Kč	

TAB. III – Některé technické údaje lineárních zdrojů se světelnými diodami

Podrobnější technické informace nejsou k dispozici.

Světelné zdroje – porovnání

Ze získaných technických údajů dovozce a prodejce je možné provést alespoň základní technické porovnání, i když nejsou v žádném technickém návodu přesně specifikovány technické podmínky provozu. Aby byl získán větší přehled, je do prvního srovnání zakomponován klasický zdroj ve světelné technice, v přítomnosti tolik zatracovaný – žárovka.

Výsledky první skupiny jsou uvedeny v tabulce 4.

Parametr	Žárovka		Světelné diody	
Příkon zdroje	60 W	100 %	11 W	18,3 %
Měrný výkon	11,8 lm/W	100 %	68 lm/W	576 %
Index barevného podání	100	100 %	74	74 %
Teplota chromatičnosti	2 854 K	100 %	3 500 K	122,6 %
Tvar a velikost aktivní části	1	100 %	1	100 %
Světelný tok	710 lm	100 %	748	105,3 %
Technický život	1 000 h	100 %	30 000 h	3 000 %

TAB. II. – Srovnání klasické žárovky se zdrojem Corn 72 LED

Druhou skupinu tvoří lineární zářivky T8 o příkonu 18 W (Osram L 18 W/840) a souhrn základních funkčních parametrů je srovnáván v tabulce III s navrhovaným světelným zdrojem se světelnými diodami T8H-60cm o příkonu 9 W. U provedeného hodnocení je uvedena jednak výchozí hodnota a dále nárůst či pokles některých z parametrů, přitom za základ byla vzata hodnota původního světelného zdroje s hodnotami dle výrobce, označená v poměrném hodnocení hodnotou 100 %.

Parametr	Zářivky L 18		Světelné diody T8H 60	
	Příkon zdroje	18 W	100 %	9 W
Měrný výkon	75 lm/W	100 %	65,2 lm/W	86 %
Index barevného podání	80-89	100 %	74	92,5 %
Teplota chromatičnosti	4 000 K	100 %	4 300 K	107,5 %
Tvar a velikost aktivní části	1	100 %	1	100 %
Světelný tok	1 350 lm	100 %	590 lm	43,4 %
Technický život	16 000 h	100 %	50 000 h	312,5 %

TAB. III. Srovnání zářivek s lineárkami se světelnými diodami

Při rovnosti světelných toků uvedeného světelného zdroje OSRAM L 18 a světelného zdroje T8H-60 cm je nutné aplikovat 2,28 x větší počet zdrojů se světelnými diodami. Z hlediska příkonu je nutné na 18 W klasickou zářivku aplikovat 20,52 W zdroj se světelnými diodami.

Třetí skupinu hodnocení a posuzování tvoří lineární zářivky o příkonu 36 W (Osram L 36 W/840) a souhrn základních funkčních parametrů je srovnáván v tabulce IV se světelným zdrojem se světelnými diodami T8H-120cm příkonem 15,75 W.

Parametr	Zářivky		Světelné diody	
	Příkon zdroje	36 W	100 %	15,75 W
Měrný výkon	93 lm/W	100 %	74,0 lm/W	79,56 %
Index barevného podání	80-89	100 %	74	92,5 %
Teplota chromatičnosti	4000 K	100 %	4300 K	107,5 %
Tvar a velikost aktivní části	1	100 %	1	100 %
Světelný tok	3 350 lm	100 %	1 212 lm	36,1 %
Technický život	16000 h	100 %	50 000 h	312,5 %

TAB. IV. Srovnání zářivek s lineárkami se světelnými diodami

Při rovnosti světelných toků uvedeného světelného zdroje OSRAM L 36 a světelného zdroje T8H-120 cm je nutné aplikovat 2,76 x větší počet zdrojů se světelnými diodami. Z hlediska příkonu je nutné na 36 W klasické zářivky, aplikovat 43,47 W zdroje se světelnými diodami.

Záměna z pohledu zákona č. 22/1997 Sb.

Každé svítidlo, které je u nás uváděno do oběhu nebo aplikováno přímo v osvětlovacích soustavách, musí mít podle zákona č. 22/1997 v platném znění příslušné prohlášení o shodě. V tomto ES prohlášení o shodě výrobce deklaruje na jeho výlučnou odpovědnost provozní spolehlivost a bezpečnost výrobku. Při jakýchkoliv změnách, které nebyly výrobcem přímo schváleny, tak pozbývá toto prohlášení o shodě platnosti a odpovědnost za provozní spolehlivost a bezpečnost tak přechází na toho, kdo takovou osvětlovací soustavu, upravenou s jinými světelnými zdroji, provozuje.

V těchto souvislostech je nutné ještě upozornit na jednu, významnou skutečnost. Všechny uváděné hodnoty v tabulkách je možné považovat za aktuální jen při aplikacích ve svítidlech, které nemají vyšší krytí než IP 20. Jakmile budou zaměněny ve svítidlech s vyšším krytím, lze oprávněně očekávat, že technický život lineárních zdrojů se světelnými diodami bude prudce klesat při viditelném poklesu světelného toku od počátku.

Záměna z pohledu NV č. 361/2007 Sb.

Jedná se novelu NV, kterým se mění stanovené podmínky ochrany při práci, mezi které patří zákonitě i osvětlení pracovišť s výkonem lidských činností. a při prosté záměně lineárních zářivek za lineární zdroje se světelnými diodami musí být dodrženy předepsané a závazné hodnoty osvětlení a splněny další podmínky, mezi které patří :

splnit podmínku hodnoty všeobecného indexu barevného podání $R_a \geq 80$,
další parametry, jak je požadováno v příslušné technické normě pro osvětlení vnitřních pracovních prostorů.

Bylo by tedy nutné provést podrobně světelně technické hodnocení takového svítidla a stanovit, zda taková výměna bude v souladu s výše uvedenými požadavky. Z prvního pohledu a srovnání je zřejmé, že nemají odpovídající všeobecný index barevného podání, otázka průměrných jasů je také problematická.

Ostatní aspekty provozu světelných diod

Světelné diody v přítomné době představují jeden z nejperspektivnějších světelných zdrojů vůbec. Díky této nové technologii začínají mít své místo v technice osvětlování a to nejen v interiérovém, ale i exteriérovém prostředí. I zde však platí, že je nutné každou aplikaci důkladně zvážit a to po všech stránkách. Jako každý nový výrobek, je i tomto případě evidentní, že počáteční náklad na pořízení je stále ještě vysoký. Aplikovat bez rozmyslu vede jen k znehodnocení kapitálu.

Světelná technika se uplatňuje a má své místo v prodejnách, při prodeji výrobků. Dovede vytvořit odpovídající atmosféru, upoutat pozornost na nějaký nový výrobek a podobně. Již od nepaměti platilo, že světlo prodává.

V tomto směru lze bez nadsázky říci, že v daném okamžiku by bylo možné uvažovat s aplikacemi světelných diod ve všech případech, kdy se bude hledat cesta za účelem zvýšení atraktivnosti prodeje či zvýraznění určitých prodejních míst. Takové řešení ovšem nutně bude potřebovat jiná svítidla s jiným rozložením světelného toku, než je vyžadováno pro klasické osvětlení pracovních, prodejních či jiných ploch s definovanou lidskou činností – trvalou činností.

Jiná varianta náhrady lineárních T8

V přítomné době je možné realizovat přímou náhradu lineární zářivky T8 v původním svítidle s klasickým předřadníkem za lineární zářivku T5 s adaptačním modulem. Takové provedení je uvedeno na obrázku 3.



Obr. 3 – Adaptér T 8 / T5 – 14 W

Závěr

Zákony, předpisy a normy

Celkové hodnocení a posouzení důležité tyto zákony a vyhlášky, kterými se řídí technika osvětlování pracovních prostorů na území ČR:

a) Zákony a vyhlášky

- NV č. 361/2007 Sb., o ochraně pracovního prostředí plánování a stavebním řádu (stavební zákon) v platném znění
- Zákon č. 395/2005 Sb., Pracovní zákoník práce
- Zákon č. 115/ 2006 Sb v platném znění., Občanský zákoník,
- Zákon č. 258 / 2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění,
- Vyhláška MMR č. 137/1998 Sb., v platném znění o obecných technických požadavcích na výstavbu s účinností - červen 2004

Při řešení této problematiky je dále nutné vycházet z těchto českých, harmonizovaných norem

- ČSN EN 12 464-1 Světlo a osvětlení
Část 1: Vnitřní pracovní prostory
s účinností od 1.3. 2004
- ČSN EN 12 665 Světlo a osvětlení,
Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení,
s účinností od 1.3.2004

Ostatní podklady spojené s touto problematikou :

- a) Směrnice EU 2002/91/EG
- b) DIN V 18 599, Část 1, - 10 (část 4 – Osvětlení budov)
- c) Vyhláška č. 177/2006 Sb. (změna zákona č. 406/2000 Sb)
o hospodaření energií

Použitá literatura

- [1] Plch,J.: Světelná technika v praxi
IN EL Praha, 2000, 256 stran
ISBN: 80-86230-09-0
- [2] Juklová, M., : Posuzování osvětlení v projektové dokumentaci
Osvětlování v prostředí nově zaváděných norem a předpisů
Kurz osvětlovací techniky XXIII
Douhé stráně 2004, strana 57 – 63
ISBN : 80-248-0659-291
- [3] Plch,J.: Člověk a světlo
Stavba, č.7, 1999, příloha 2 a 3
ISSN 1210-9568
- [4] Plch,J.: Moderní metody osvětlovacích soustav
VII. Mezinárodní konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 55-57
- [5] Plch,J.: Hodnocení osvětlovacích soustav z mezinárodního pohledu
VŠB-TU Ostrava, 1999, str. 107-11
- [6] Plch, J.:Světlo pro člověka v novém tisíciletí
XII. Celoštátní konference
Slovenský elektrotechnický zväz, Bratislava 2000, 12 stran

Vidět neznamená rozpoznat

Jiří Plch, Doc.,Ing.,CSc.

jiri_plch@volny.cz

Úvod do problematiky

Již ze základních znalostí fyziologie zraku člověka, byl i fyzikálně pojímaný problém světla postaven na tom, že lidé potřebují vlastně světlo pouze k tomu, aby při výkonu svých činností jen viděli.

Problematika vidění je v mnoha směrech chápána jen jako proces, který se odehrává na sítnici lidského oka s využitím jednotlivých receptorů sítnice, při fotopickém, mezopickém a skotopickém vidění, při odpovídající úrovni osvětlení.

Tyto limitní stavy mají stanovené hodnoty fotometrických ekvivalentů pro viditelné záření, tak jak byly určeny CIE. Kvantifikaci těchto průběhů v absolutních hodnotách platí pro normalizovaného pozorovatele a jejich spektrální průběhy jsou známé.

Při fotopickém vidění, je hodnota fotometrického ekvivalentu viditelného záření, pro maximální vlnovou délku

$\lambda_{f \max} = 555 \text{ nm}$, $K_{ff} = 683 \text{ lm/W}$ a takový obraz při jistém pohledu, může na sítnici lidského oka vypadá např takto



Obr.1 Obraz na sítnici při fotopickém vidění

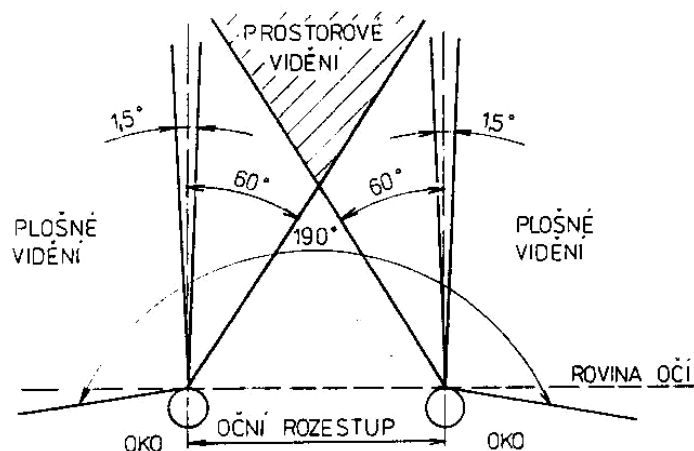
Naproti tomu při skotopickém vidění, s hodnotou fotometrického ekvivalentu $k_{fs} = 1699 \text{ lm/W}$, pro $\lambda_{s \max} = 505 \text{ nm}$ je situace poněkud složitější, obraz na sítnici lidského oka je nepestrý, jak je zřejmé z dalšího obrázku



Obr. 2 - Obraz na sítnici při skotopickém vidění

Periferní a foveální vidění

Obraz vytvořený na sítnici je v úhlovém rozmezí horizontální roviny , proloženou pravým a levým okem na úrovni 190° a tvoří základ zorného pole, jak je zřejmé z obrázku 3.

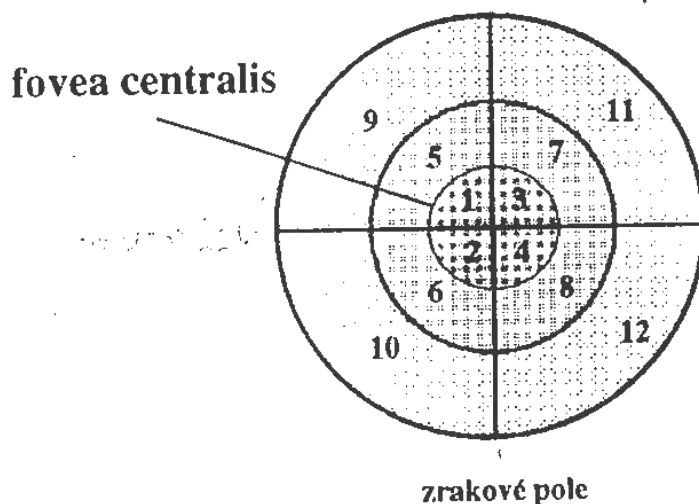


Obr. 3 Zorné pole v horizontální rovině

Když od hodnoty 190° , odečteme asi 3° je zřejmé, že obraz vytvořený na sítnici je z 98 % v periferní části zorného pole a je tedy obraz nepřesný a neostrý, ať již jde o monokulární či binokulární pole či zapojení jednotlivých druhů receptorů do procesu vidění.

Jedině přesné, ostré vidění je v oblasti, která je všeobecně známa pod pojmem foveální vidění a odpovídá velikosti ústřední jamky sítnice (fovea centralit) na které proběhnou procesy s nejvyšší přesností a ostrostí a to nejen při fotopickém vidění, ale i automaticky se proces uskutečňuje i při mezopickém a skotopickém vidění.

A



Obr. 4 – Sítnice lidského oka a skladba bloků pro analýzu podnětu

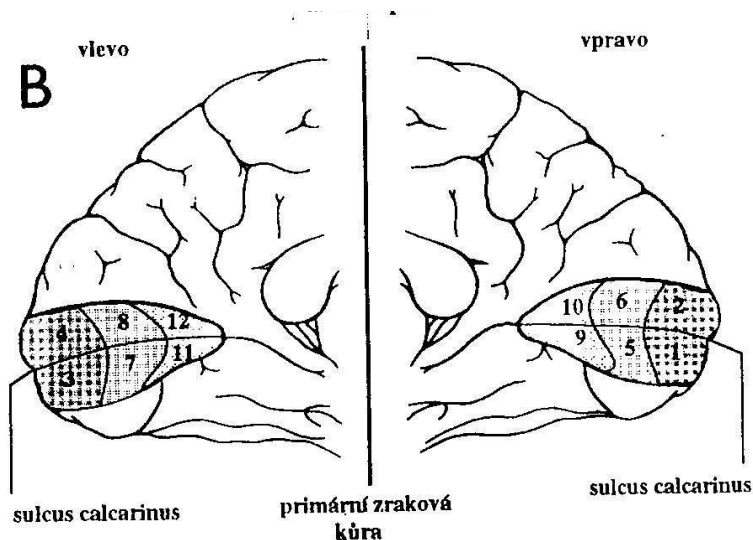
O rozložení jednotlivých receptorů (čípků a tyčinek) toho již bylo napsáno dostatek, zajímavější je, jakým způsobem je sítnice strukturována z pohledu procesu rozpoznávání.

Můžeme si sítnici lidského oka znázornit v podobě terče, kde jsou jednotlivé lokality číselně označeny a mají svůj přesně definovaný význam v celém procesu.

	Skladba	Levá hemisféra		Pravá hemisféra	
Fovea centralis	čípky	L1 a L2	P3 a P4	P1 a P2	L3 a L4
Periferie I	čípky a tyčinky	L5 a L6	P7 a P8	P5 a P6	L7 a L8
Periferie II	tyčinky	L9 a L10	P11 a P12	P9 a P10	L11 a L12

TAB. I. – Lokality zorného pole a systém vyhodnocení

V CNS jsou potom vymezeny lokality, v e kterých dochází k velmi složitému procesu dekódování obrazu sítnice. Za pozornost stojí skutečnost, že fovea centralit, která je součástí žluté skvrny má zhruba průměr jen 0,2 mm, ale pro účely rozpoznávání má vymezen relativně obrovský objem, oproti objemu určenému pro periferie I a II. Tato skutečnost vyplývá z následujícího obrázku.



Obr. 5 Lokality v CNS určené pro dekodování obrazu sítnice

Zajímavý podnět

Již delší dobu, jsou analyzovány fyziologické zákonitosti zrakového systému, odvozené od funkčních vlastností sítnice oka se základními zrakovými receptory (čípky – tyčinky). Z celkového obrazu, který vznikne na sítnici dochází k procesům, které mají vyhledávat „zajímavý podnět“. Jsou to podněty, které zaujmou natolik, že se automaticky převedenou podnět z periferního vidění do oblasti foveálního vidění, tedy místa s nejostřejším nejpřesnějším viděním.

Výběr tohoto zajímavého podnětu je natolik komplikovaný a složitý, že nelze jednoznačně určit proč došlo právě v dané chvíli k tomuto výběru a ne k jinému. U řidiče k tomu přistupuje například pud sebezáchovy a další.

Nelze nikdy vyloučit, že nastane situace, že zajímavý podnět není, v daném okamžiku, tím klíčovým podnětem pro člověka a jeho výkon určitých činností.

Zajímavý podnět, který byl registrován sítnicí a byl převeden do místa nejostřejšího a nepřesnějšího vidění, se postupně převádí do center rozpoznávání, postupující přes strukturované vertikální a horizontální neuronové vazby k analýze ve třech centrech pro každé oko, za odpovídající dané úrovni osvětlení prostoru takto :

- první centrum - analyzuje pohyb, lokalizuje podnět a jeho prostorovou organizaci,
- druhé centrum - analyzuje barvu podnětu,
- třetí centrum - určuje tvar podnětu.

Schematicky je celý proces pro jedno oko naznačen na obrázku 6.

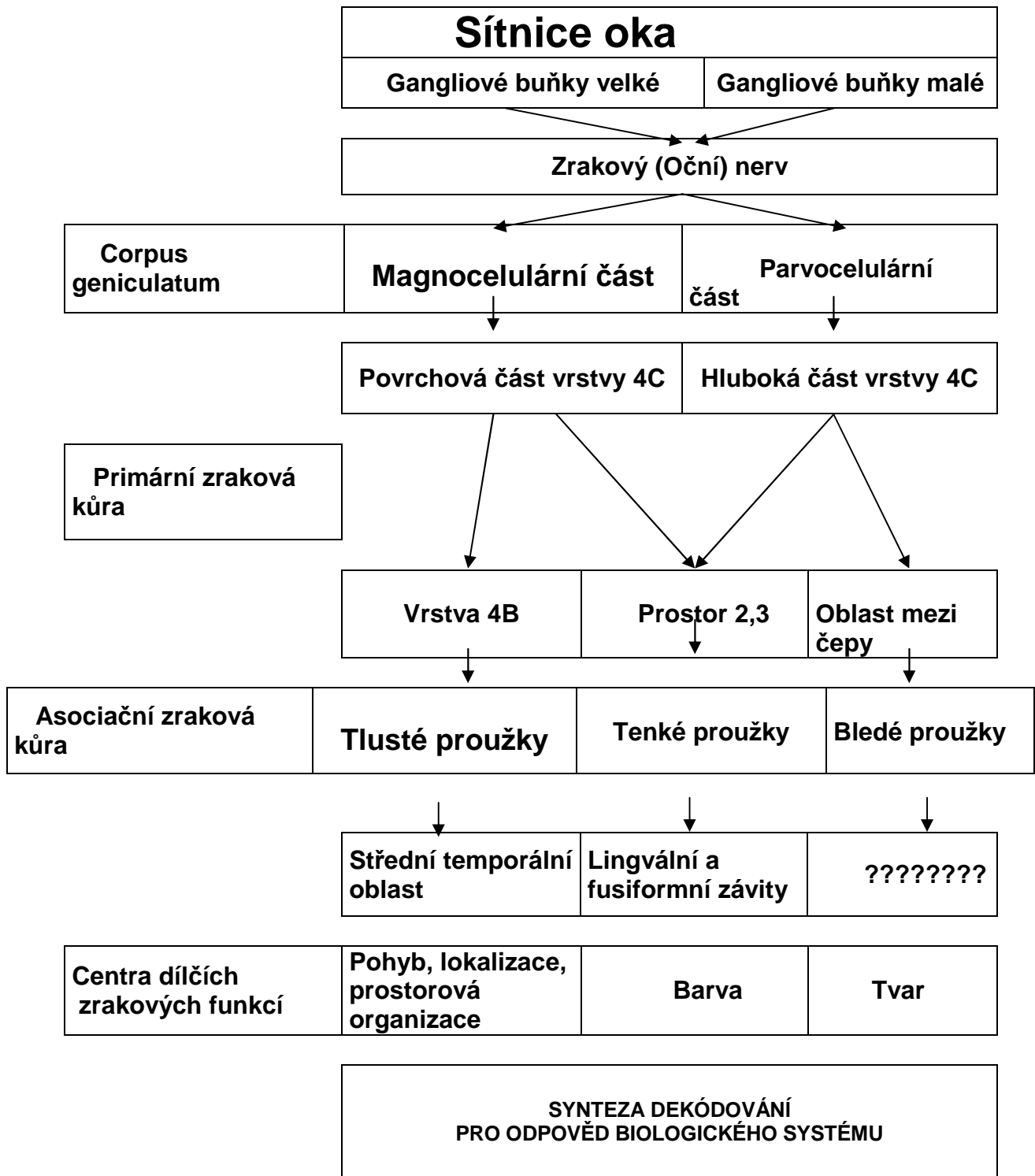
Zraková ostrost

Zraková ostrost je samostatnou kapitolou celého procesu zrakového vnímání. Jiné podmínky jsou při denním, barevném, prostorovém vidění, které zprostředkovávají čípky, jiná je situace při myopickém vidění a nejkomplicovanější situace je při nebarevném, plošném vidění, které je realizováno pomocí tyčinek.

Právě skutečnost, že všechny podněty, které jsou registrovány, jsou nakonec převáděny zpětně do místa s nejvyšší ostroostí pro fotopické vidění. Zraková ostrost se mění a jakým způsobem, ukazuje výčet hodnot v tabulce II.

Oblast / Vidění	Oblast	Fotopické	Mezopické	Skotopické
Úroveň zrakové ostroosti	Fovea centralis	100	100 ÷ 40	≥ 40

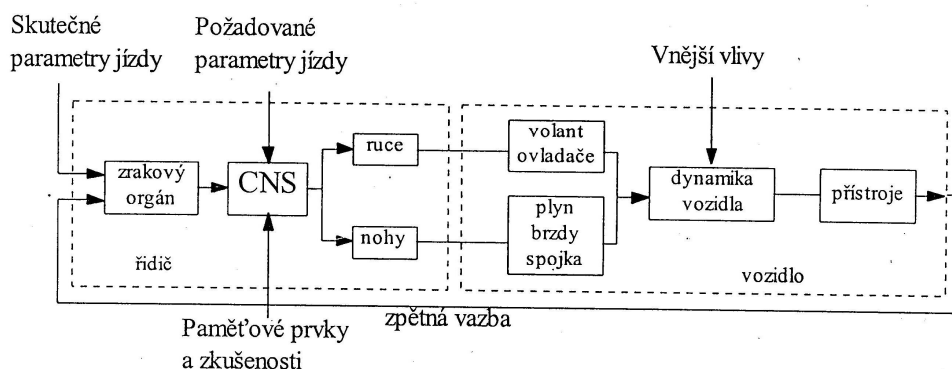
TAB. II. – Zraková ostrost pro ústřední jamku



Obr. 6 – Analýzy podnětu v jednotlivých centrech

Nakonec syntéza dekodování v šesti centrech povede k tomu, že v rozhodovací fázi biologický systém člověka se rozhodne o odpovědi na rozpoznávaný podnět, jeho vlastnosti.

Ze syntézy, která je složena ze šesti dílčích informací (levé a pravé oko) lze říci, že objekt byl v konečné fázi rozpoznán a z CNS jsou odeslány biologickému výkonnému systému potřebné informace. Celý tento proces můžeme aplikovat na řidiče motorového vozidla, které řídí na pozemní komunikaci. Schéma funkčních bloků řidiče a vozidla včetně jejich provázanosti, jsou uvedeny na obrázku 7.



Obr. 7 – Schéma funkčních bloků řidiče - vozidlo

Z tohoto souhrnu funkčních bloků řidiče a vozidla je zřejmé, že vidět neznamená rozpoznat, zvláště pak, je-li proces rozpoznávání přerušeno jinou, pro řidiče v daném okamžiku, vyšší funkční činností (telefonování, hádka se spolujezdcem a pod), která je předřazena procesu zrakového rozpoznávání, potom však platí kruté lapidární rčení – viděl, nerozpoznal, nepřežil.

Závěr

Ve stručném nástinu zde byly analyzovány skutečnosti, které stojí za viděním a rozpoznáváním. Lze mít za zcela pravdivé, praxi ověřené rčení, které již bylo vysloveno a jasně ukazuje na závažnost celého tohoto problému, který zvláště vystupuje do popředí při řízení motorových vozidel a i provozu na pozemních komunikacích.

Samostatnou kapitolou je potom otázka, zda zrak člověka je na tento složitý proces zpracovávání zrakových podnětů připraven či ne připraven. Existují jednak u každého člověka biologické hodiny, které se samozřejmě podílejí i na tom, jakým způsobem je vlastně biologický systém, během trvání 24 hodinové periody, připraven, či podmíněný tím, jakou činnost ještě například řidič v průběhu jízdy vykonává a zda se za toho stavu nevytváří kontinuální nesoustředěnost.

Všechny tyto aspekty potom podmiňují celý proces vidění a rozpoznávání v pozitivním a negativním směru, ale to je na další samostatnou přednášku.

Literatura a odkazy

- [1] CORNSWEET, T.N.: Visual Perception, Acd. Press, New York - London 1970
- [2] DAVSON, H.Ed.: The Eye II - The Visual Process, Acd. Press, New York - London 1962
- [3] FUORTES, M.G.F.: Handbook of Sensory Physiology VII/2 Physiology of Photoreceptor Organs Springer - Verlag Berli-Heidelberg - New York, 1972
- [4] GERŠUNI, G.V.: Fiziologija sensorych sistem - I. Fiziologija zrenija, Izdat. Nauka, Leningrat 1971
- [5] PLCH, J.: Světelná technika v praxi, In EI Praha, 2000
- [6] GRANIT, R.: Receptors and Sensory Perception, New Haven 1956
- [7] PLCH, J.: Příspěvek k teorii naváděcích světloteknických soustav, KDP, FE VUT 1972
- [8] PLCH, J.: Zrakové vnímání řidiče, Studijní texty – Ústav soudního inženýrství VUT Brno, 2008
- [9] MAŇÁK, VI.: Zrak, I. díl Fyziologie zrakového systému, aplikovaná na hygienu osvětlování, Vlnařský průmysl, Generální ředitelství Brno 1977

Farba oblohy nielen ako fyziologický vnem

Anton, Rusnák, Ing.

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita
anton.rusnak@stuba.sk

Slnčné svetlo je dôležité pre život na Zemi. V posledných dekádach sa výskum slnečného žiarenia intenzívne rozvíjal a neustále prebieha meranie rôznych parametrov. Parametre sa snažíme využiť v prospech rôznych aplikácií, zľahčujúcich život. Nielen aplikácie, ale aj výskum v oblasti pôsobenia svetla na človeka je dnes skúmané. Dnešné aplikácie sa prevažne orientujú na priame slnečné žiarenie. Difúzne žiarenie je uvažované ako samozrejímavá zložka slnečného žiarenia, a jej prínos nielen pre aplikácie ale najmä pre zdravie človeka je podstatný. Druhotným parametrom, ktorý človeka od nepamäti púta je farba oblohy. Obloha je komplexný dynamický systém a má neskutočné veľa podôb. Pohľad smerovaný na oblohu je vždy iný a veľakrát si ani neuvedomujeme, čo sa za týmto systémom mnohých faktorov skrýva.

Farba

V závislosti od vzdialenosti Zeme a Slnka sa mení slnečné žiarenie dopadajúce na povrch Zeme. Faktory ovplyvňujúce slnečné žiarenie sú rozptyl a absorpcia, pričom je dôležitá ich bilancia v atmosfére. Koncentrácia aerosólov a molekúl je pre farbu oblohy rozhodujúca a je spôsobená rozptylom. Elektromagnetické žiarenie v intervale 380 nm až 780 nm je možné popísať farbou pre jednotlivé vlnové dĺžky, pričom vnem farby je prevádzaný do percepčnej sústavy. Farbu vníma človek prevažne fyziologicky. Psychologický aspekt je druhotný, ale nie nezanedbateľný, a závisí od stavu a rozpoloženia človeka. Vnem farby pri meraní je nutné zdefinovať spôsobom takým, aby získané výsledky boli prirodzené pre pozorovateľa. Meraná veličina, musí korelovať s presným vizuálnym pocitom farby. Farba oblohy je priamo závislá na pohybe slnka po slnečnom meridiáne. Slnko pri východe a západe emituje svetelné lúče šikmo cez vrstvy atmosféry, ktoré sú hrubšie a farba horizontu sa javí ako červená. Spôsobené je to absolútnym atmosférickým rozptylom nízkych vlnových dĺžok a minimálnym vyšších vlnových dĺžok. Opakom je postavenie slnka v zenite, rozptyl nízkych vlnových dĺžok slnečného svetla je minimálny a dôvodom je prechod lúčov cez minimálnu hrúbku vrstiev atmosféry. Farbu jasnej oblohy vnímame ako modrú.

Zdroj svetla	Teplota chromatickosti
Zamračená obloha	7 000 K
Čiastočne zamračená obloha	6 000 K
Denné svetlo	5 500 K
Horizont	5 000 K
Skoro ráno / neskoro večer	3 500 K
Východ slnka	2 000 K

• Tab.1: Teoretické hodnoty teploty chromatickosti.

Hodnotenie farby oblohy

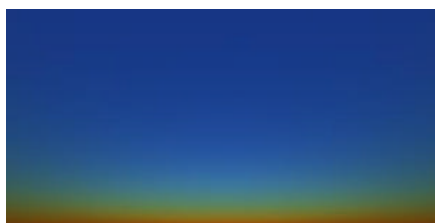
Farbu oblohy simulujeme farebnými priestormi definovanými podľa CIE (Commission internationale de l'éclairage). Farebný systém založený na troch parametroch je dostatočný na opis hodnoty farebného podnetu. Z hľadiska hodnotenia na percepčnú sústavu človeka je vhodnejšie použiť CIE L*a*b* systém, má schopnosť presnejšieho popisu vzhľadom na ľudského pozorovateľa. Základné sústavy farby sú CIE XYZ, CIE xyz a z nich je možné transformáciou odvodiť ďalšie sústavy. Parameter opisujúci vlastnosti farby je teplota chromatickosti.

Oblohový systém

Pre identifikáciu oblohových typov sa využíva rozloženie svetla na základe jasú po oblohovej hemisfére. CIE definovalo základné oblohové typy: jasný, prechodný, zamračený a obloha s jednotkovým jasom po celej oblohe.

Jasný oblohový typ je závislý od uhlovej výšky a azimutu. Jas je najvyšší v oblasti Slnka, najnižší jas sa nachádza na opačnej polrovine. Medzi týmito extrémami sa nachádza jas zenitu. Prechodný oblohový typ je kombináciou jasnej oblohy a zákalu atmosféry. Zmeny jasú nie sú tak extrémne ako pri jasnej oblohe a oblasť Slnka nemá veľký jas. Oblohový typ zamračenej oblohy má jas v zenite až 3 krát vyšší ako v blízkosti

horizontu. Zamračená obloha je využívaná ako referenčná pri meraní činiteľa denného svetla. Obloha s jednotkovým jasom má jas vo všetkých elementoch oblohy rovnaký. Štandardom CIE S 011/E:2003 boli zavedené normalizované oblohové typy pre rôzne jasové distribúcie oblohy. Určeniu oblohového typu predchádza určenie jas elementu oblohy k pomeru hodnoty jas v zenite. Každému oblohovému typu prislúchajú rôzne gradačné a indikatrixové koeficienty. Celkový počet jasových oblohových typov podľa CIE je 15. V akomkoľvek čase, keď sledujeme oblohu, sa jej vzhľad a parametre menia.

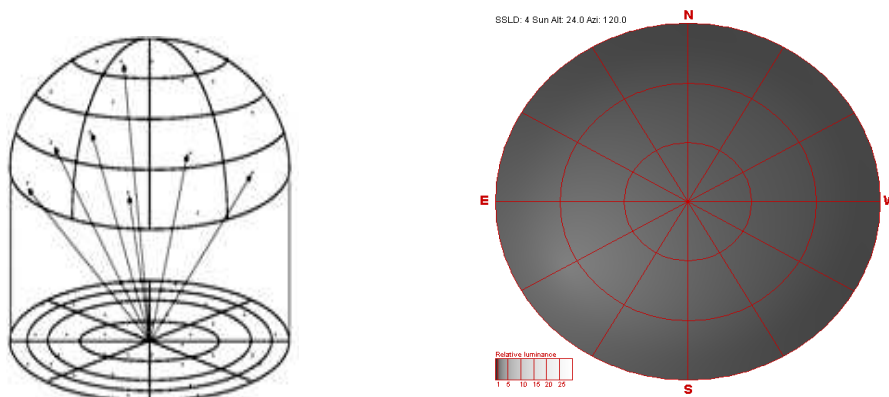


• Obr.1: Možnosti farby oblohy.

Meranie farby

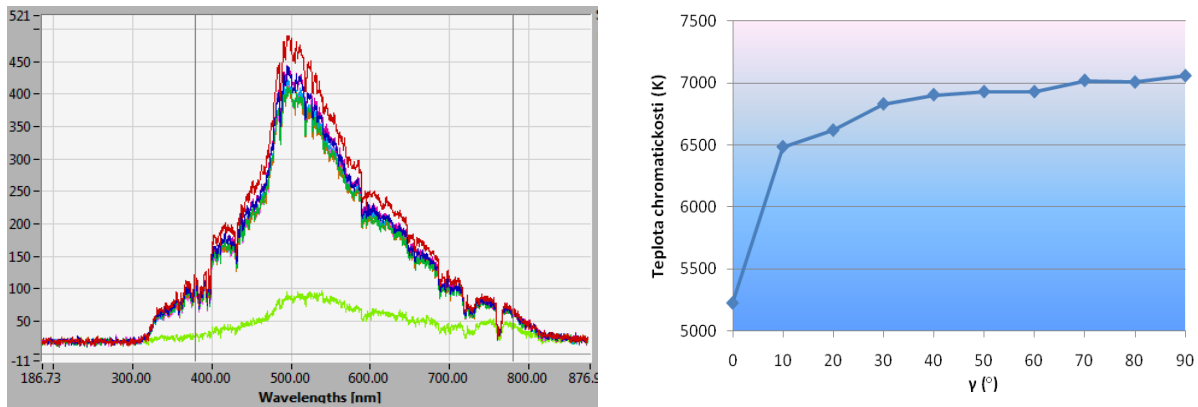
Výskum v oblasti kolorimetrie oblohy je v ústraní oproti meraniu fotometrických a žiarivých veličín. Meranie spektrálnych kriviek oblohového svetla nám umožňuje určiť kolorimetrické vlastnosti. Meranie farby bolo vykonané pomocou spektrofotometra Ocean optics USB2000 s príslušným softvérom. Prístroj umožňuje snímať, spracovávať a analyzovať namerané vlnové dĺžky v rozsahu viditeľného žiarenia. Meracia geometria je obdobná s geometriou merania jasových pomerov oblohy podľa ISO 15469:2004. Uhol snímania bol 0,191 rad. Takto zvolený uhol je dostatočne malý, aby ho bolo možné porovnávať s uhlom ľudského pozorovateľa. Pri meraní bol použitý tubusový nástavec, so špeciálne upraveným povrchom vnútornej strany, ktorý mal zabraňovať mnohonásobnému odrazu lúčov. Z tohto dôvodu nebol do úvahy braný lom svetla na vstupe tubusu. Pre každý meraný oblohový element bola zaznamenaná spektrálna distribúcia, fotometrické a kolorimetrické veličiny. Priame slnečné žiarenie bolo odfiltrované tieniacim prúžkom. Meranie sa vykonávalo vo vidieckej oblasti Bernolákovo (GPS: 48° 11' 40.70", 17° 17' 11.78). Meracia lokalita nemala vo všetkých azimutoch viditeľný horizont v uhle 0°. Meranie prebehlo na rozličných elevačných uhloch 0° až 90°, na rozličných azimutoch 0° až 360°. Slnečný meridián bol stanovený stereografickým diagramom, ale aj softvérom Sunpath.

Meranie bolo vykonané pre viac ako 120 oblohových elementov. Meranie sa vykonalo po analýze na oblohovom type 4, označenom II.2 z klasifikačnej stupnice CIE S 011/E:2003. Typ je definovaný ako zamračená obloha so zníženou gradáciou jas k zenitu a zvýšeným jasom v mieste Slnka. Vyjadrenie pomeru jasov elementu a zenitu je popísaný v rôznych literatúrach. Pre zamračenú oblohu je pre zenitný jas určujúci pomer priepustnosti oblohového svetla D_v/E_v . Oblaky rozprestierajúce sa po celej oblohe boli typu altostratus. Oblak má uniformnú, sivú alebo svetlomodrú farebnú štruktúru. Cez altostratus je možné pozorovať Slnko, ale často je slnko prekryté. Vrchnú vrstvu oblaku nebolo možné identifikovať podľa atlasu oblakov.



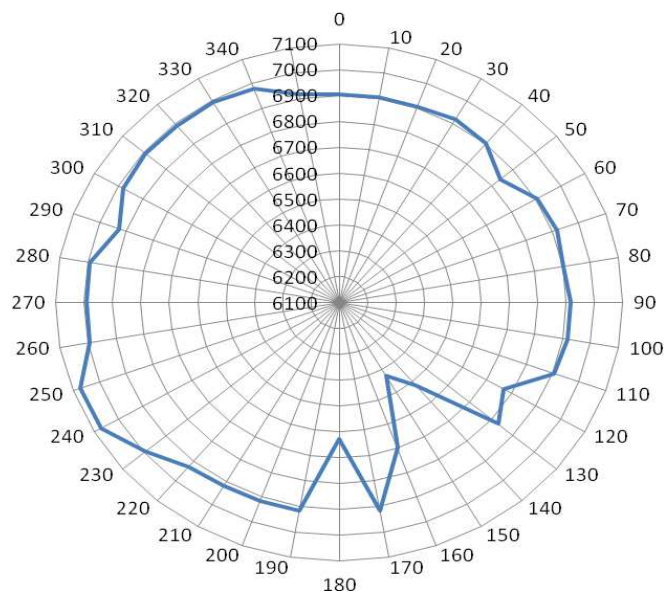
• Obr.2: Vľavo geometria merania elementov oblohy. Vpravo jasové rozloženie oblohového typu 4 pre výšku slnka 24° a azimut 120°.

Spektrometrom bolo zaznamenané množstvo údajov, tie boli spracované a časť nameraných výsledkov je prezentovaná v nasledujúcich grafoch. Ako reprezentujúci parameter bola zvolená teplota chromatickosti. Meranie na azimute 160°, obr. 3, v elevačných uhloch 0° až 90° bolo ovplyvnené na horizonte rôznymi objektami – stromami, budovami. Spektrálny priebeh v horizonte je relatívne nízky, najvyššia hodnota bola dosiahnutá v zenite. Teplota chromatickosti smerom k zenitu mala rastový charakter.



• Obr.3: Vľavo spektrálna distribúcia oblohového – difúzneho svetla. Vpravo priebeh teploty chromatickosti.

Meraním oblohových elementov pri elevačnej výške 60°, obr. 4, sa zistilo rozloženie teploty chromatickosti na celom rozsahu azimutu 0° až 360°. Odvrátaná rovina od slnka mala vyššiu hodnotu chromatickosti. Slnko malo znižujúci účinok na teplotu chromatickosti, z dôvodu vplyvu priameho svetla na oblohové elementy. Kvadrant obsahujúci slnko vykazoval stabilnú hodnotu chromatickosti. V intervale 110° - 190° sa prejavili objekty spôsobujúce tienenie oblohy a odraz svetla. Rozloženie farby je konštantné v rozsahu 190° až 360° a 0° až 110°. Jednotnosť farby je spôsobená jedným typom oblaku a jeho súrodou farbou.

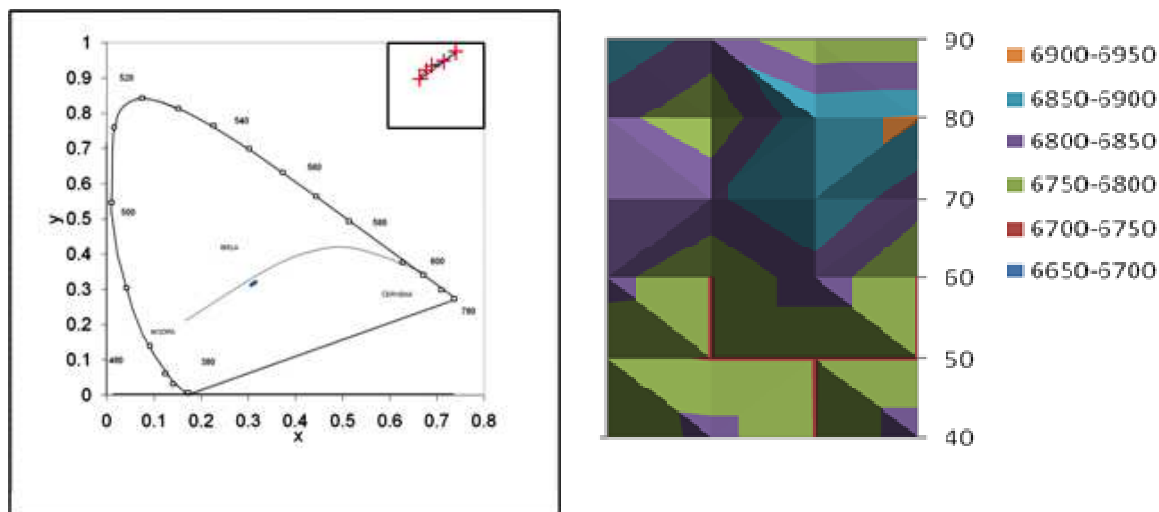


• Obr.4: Kruhový diagram chromatickosti pri uhle 60°.

Oblohové elementy na obr.5 vytvárajú názornú ukážku farby svetla na časti oblohy na azimutoch 40°, 50°, 60°, 70°, 80° pri elevačných uhloch 80°, 70°, 60° a 50°. Meraním celej hemisféry v oblohových elementoch, sme schopní namodelovať mapu kolorimetrie v oblohových elementoch.

CIE xyz diagram znázorňuje súradnice farby, spojením jednotlivých azimutálnych hodnôt pri jedinom elevačnom uhle dostávame tzv. V – krivku. Vyjadruje zmenu farby v priestore v rotácii 360°. Znázorením viacerých meraní elementov na rôznych elevačných uhloch je možnosť vyhotoviť rekonštrukciu farby oblohy. Pri meraní jasnej oblohy s jednotkovým jasom, nie je dynamika oblohy rozhodujúca. V prípade zamračenej oblohy je potrebné sledovať, či nedochádza k zmene tvaru oblakov a ich hustote. Najobťažnejšie meraným modelom je čiastočne

zamračená obloha. V závislosti od poveternostných vplyvov dochádza k rýchlym zmenám, ktoré nie je možné korigovať. Zistené hodnoty chromatickosti sa počas meraní pohybovali v rozsahu 6700 K až 6900 K. Spadajú do intervalu pre zamračenú oblohu 6 500 K až 7000 K.



• Obr.5: Vľavo chromatický diagram CIE xyz. Vpravo rozloženie teploty chromatickosti na časti hemisféry.

Zhodnotenie

Meraním sa preukázala rozdielnosť farby. Výpočtom určená miera farebného skreslenia ΔE_{ab}^* pre sústavu $L^*a^*b^*$ mala hodnotu v intervale $3 \pm 0,5$. Značí to rozdielnosť farby, ktorú je ľudské oko schopné zachytiť. Ak $\Delta E_{ab}^* < 1$, považujú sa farby za identické. Aproximáciou získaných hodnôt teploty chromatickosti oblohového svetla podľa McCamyho vzťahu sa vyjadrila chyba vzhľadom na epicentrum planckovskej krivky $x_e = 0,3320$ a $y_e = 0,1858$. McCamyho vzťah:

$$CCT(x, y) = -449n^3 + 3525n^2 - 6823,3n + 5520,33, \quad (1)$$

kde

$$n = (x - x_e) / (y - y_e). \quad (2)$$

Do rovnice boli dosadené koeficienty pre rozsah 3 až 50 kiloKelvinov. Neistota merania sa pohybovala na hranici 5%.

Podrobným výskumom v oblasti farby by sme získali prehľad nielen kolorimetrických situácií, ale pri spektrálnej distribúcii aj pohľad na vlastnosti oblohového svetla v rôznych dynamických situáciách. Vytvorená sada by mohla byť nápomocná v rôznych aplikáciách.

Literatúra a odkazy

- [1] Commission internationale de l'éclairage, Spatial Distribution of Daylight – CIE standard general Sky, CIE S 011/E:2003, CIE Vienna, (2003).
- [2] Hernández-Andrés J., J. Romero, R. L. Lee, Colorimetric and spectroradiometric characteristics of narrow-field-of-view clear skylight in Granada, Spain, 0740-3232/2001/ 020412-092001 Optical Society of America,
- [3] McCamy, C. S., Correlated color temperature as an explicit function of chromaticity coordinates. Color Research and Application 17, 2, 142–144. (1992).
- [4] Muneer T., Solar Radiation and daylights models, ISBN 0 7506 5974 2, Second edition, Elsevier (2004).
- [5] Darula S., Kittler R., Kocifaj M., Plch J., Mohelníková J., Vajkay F., Osvětlování světlovou, ISBN 978-80-247-2459-1, Grada Publishing, a.s., 41 - 76, 2009
- [6] <http://www.cadplan.com.au/SkyModeller.html>
- [7] <http://www.brucelindbloom.com/>
- [8] Florida Solar energy Center, Sunpath 3.2

Požadavky a posouzení denního osvětlení budov

Iveta, Skotnicová, Ing., Ph.D.

Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava, iveta.skotnicova@vsb.cz

Příspěvek se zabývá denním osvětlením budov z hlediska normových požadavků a výpočtových postupů. Na praktických příkladech jsou ukázány způsoby výpočtu denního osvětlení místností v novostavbách, při rekonstrukcích budov a posouzení vlivu zastínění na stávající zástavbu.

Požadavky na denní osvětlení budov

Základní požadavky na úroveň denního osvětlení pro různé zrakové činnosti a vnitřní prostory budov se stanoví podle zrakové obtížnosti, náročnosti a dalších charakteristik zrakových úkolů zařazením do tříd podle ČSN 73 0580-1. Případy, kdy lze použít sdružené osvětlení, vymezuje ČSN 36 0020.

Nově navrhované vnitřní prostory

Úroveň denního osvětlení v nově navrhovaných vnitřních prostorech s trvalým pobytem lidí se stanovuje pomocí hodnot **činitele denní osvětlenosti D [%]** v kontrolních bodech, rozmístěných v pravidelné síti na vodorovné srovnávací rovině. Výška srovnávací roviny má být 0,85 m nad podlahou (pokud není požadována výška jiná). Krajní řady kontrolních bodů se umísťují 1 m od vnitřních povrchů stěn.

Denní osvětlení vnitřních prostorů budov a jejich funkčně vymezených částí se navrhuje podle zrakových činností, pro které jsou určeny a kterým denní osvětlení slouží.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části nesmí být menší, než pro odpovídající zrakové činnosti stanoví tabulka 1 (dle ČSN 73 0580-1:2007). Minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti D_{min} musí být splněny ve všech kontrolních bodech vnitřního prostoru nebo jeho funkčně vymezené části. Průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti D_m musí být splněny u vnitřních prostorů s horním nebo kombinovaným osvětlením, u kterých je podíl horního osvětlení na průměrné hodnotě činitele denní osvětlenosti D_m roven nejméně jedné polovině.

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Hodnota činitele denní osvětlenosti v %		Rovnoměrnost
IV	Středně přesná	500 až 1000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní, (rukou i strojem, obsluha strojů, běžné laboratorní práce apod.	D_{min} 1,5	D_m 5	Doporučená > 0,2

• Tabulka 1: třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti (zkrácená verze tabulky)

V případě, kdy se hodnota činitele denní osvětlenosti pohybuje v intervalu $D = 1,5 - 0,5\%$ je možné navrhnout osvětlení sdružené.

Části místnosti, kde jsou hodnoty pod hranicí $D = 0,5\%$ je již nutné uvažovat bez denního osvětlení a není zde možné provést ani osvětlení sdružené.

Jde-li o trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části, musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti rovna nejméně 1,5% a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m rovna nejméně 3%, i když pro danou zrakovou činnost stačí nižší hodnoty.

Nově navrhované vnitřní obytné prostory

Základní požadavky na denní osvětlení obytných budov předepisuje ČSN 73 0580-2:2007.

Úroveň denního osvětlení v obytných místnostech se posuzuje ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místností, ale nejdále 3 m od okna, vzdálených 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn, pomocí hodnoty činitele denní osvětlenosti D , která musí být v obou kontrolních bodech nejméně 0,7% a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m z obou těchto bodů musí být nejméně 0,9%.

Vliv nové zástavby na stínění stávající zástavby - kritérium přístupu denního světla k průčelí objektu

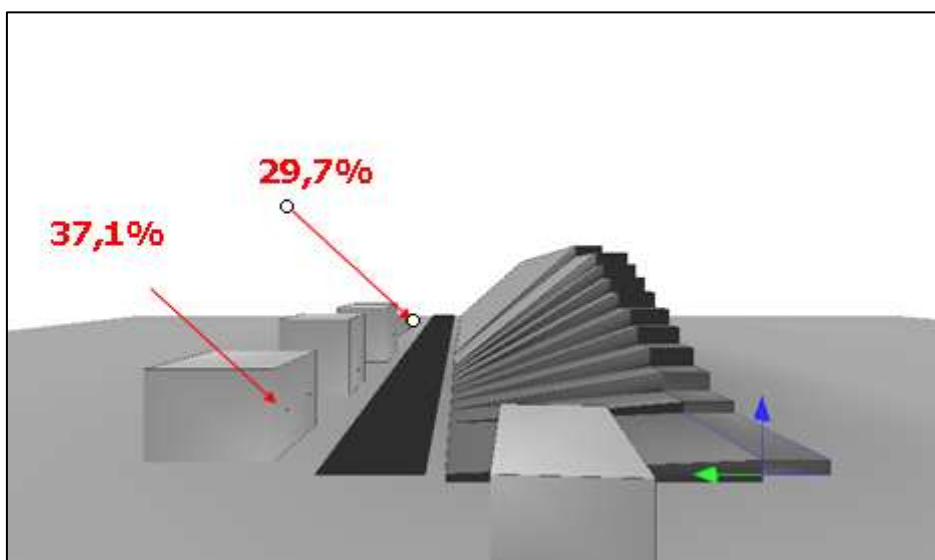
U stávající zástavby - nehodnotí se úroveň denního osvětlení vnitřního prostoru, ale zastínění stávajícího objektu novými stavbami. Kritérium (podle přílohy B ČSN 73 0580-1:2007) se použije při hodnocení stínění stávajících vnitřních prostorů, pokud v nich po zastínění není dosažena požadovaná úroveň denního osvětlení

Jako hodnotící kritérium slouží číselník denního osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna z vnější strany. Stínění stávajících vnitřních prostorů se považuje za vyhovující, jsou-li dodrženy požadované nejnižší hodnoty D_w podle tabulky 2.

Kategorie	Typ posuzovaného prostoru, charakter lokality	Nejnižší D_w [%]	Odpovídá úhlu ϵ [°] stínění
1	Prostory s vysokými nároky na denní osvětlení (denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu, učebny škol apod.)	35	24
2	Běžné prostory s trvalým pobytem lidí	32	30
3	Prostory s trvalým pobytem lidí v souvislé řadové zástavbě v centrech měst	29	36
4	Prostory s trvalým pobytem lidí v mimořádně stíněných podmínkách historických center měst	24	45

• Tabulka 2: požadované nejnižší hodnoty číselníku denní osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna

Novou stavbou, která může zastínit stávající zástavbu nemusí být pouze budova, ale např. i stavba protihlukového zemního valu (viz obrázek 1).



• Obrázek 24: výpočet vlivu zastínění protihlukového zemního valu na stávající obytnou zástavbu

Vliv nové zástavby na stínění stávající zástavby v prolukách

Při doplňování stávající souvislé zástavby výstavbou v prolukách, popř. formou nástaveb a přístaveb, se při posuzování vlivu nové stavby na stínění okolních budov považuje za vyhovující stav stínění, který by byl při úplné souvislé zástavbě (při zachování výškové úrovně zástavby, půdorysného rozsahu apod.).

Příklady výpočtu denního osvětlení budov

Výpočtové metody číselníku denní osvětlenosti lze rozdělit podle přesnosti výpočtu na:

- Graficko-početní metody (např. Daniljukova metoda, metoda BRS, metoda protractorů, doc. Kittlera, Waldramův diagram),
- Přesné početní metody pomocí počítačových programů (např. program WDLS).

Přesnost výpočtu není až tak ovlivněna vlastnostmi použité výpočetní metody, ale především vstupními parametry, které se do výpočtu zadávají a které mohou vnášet do výpočtů velkou nejistotu. Každý výpočet musí respektovat tyto skutečnosti: vlastnosti zdroje světla – rozložení jasu po obloze (výpočtový model oblohy), vnější podmínky (stínící překážky, velikost, jas), vlastnosti osvětlovacích otvorů (velikost, umístění, propustnost), vlastnosti osvětlovaného vnitřního prostoru (rozměry, odrazivosti). V následujících příkladech jsou uvedeny výpočty provedené počítačovým programem WDLS pro různé případy řešené v praxi.

Vliv polohy okna na denní osvětlení místnosti

V následujícím příkladu je provedeno porovnání vypočtených hodnot činitele denní osvětlenosti místnosti pro různé varianty umístění oken – svislé okno, střešní okno, arkýřové okno. Místnost je zvolena obytná o půdorysu 5 x 4 m. V tabulce 3 jsou uvedeny výsledky výpočtu činitele denní osvětlenosti ve dvou krajních bodech v polovině hloubky místnosti a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti, ze kterých je zřejmé, že šikmé okno se na denním osvětlení místnosti projeví nejlépe.

varianta	Typ osvětlovacího otvoru	D_1 [%]	D_2 [%]	D_m [%]
1	Svislé okno	1,2	1,2	1,2
2	Šikmé okno	1,3	1,4	1,35
3	Arkýřové okno	1,1	1,1	1,1

• Tabulka 3: vliv polohy okna na hodnoty činitele denní osvětlenosti D [%] v obytné místnosti

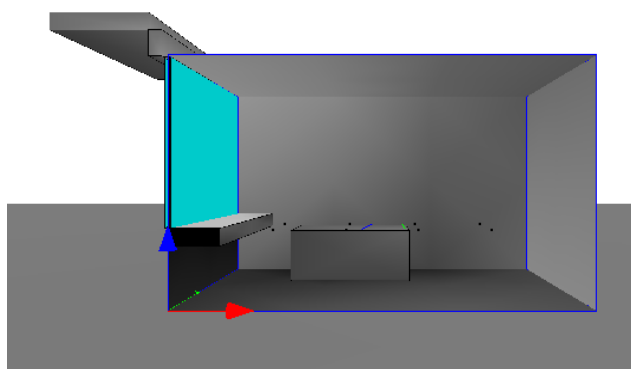
Vliv světelné propustnosti skla na denní osvětlení místnosti

V dalším příkladu je provedeno porovnání vypočtených hodnot činitele denní osvětlenosti místnosti pro různé varianty propustnosti skla. Pro hodnocení byla vybrána kancelář o půdorysu 2,85 x 4,98 m. Rozměr okna je 2,762 x 2,0 m. V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky vypočtené a normové minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti D_{min} a hodnota činitele denní osvětlenosti D v kontrolním bodě v místě pracovního stolu (2 m od okna – viz obr.2), ve výšce 850 mm nad podlahou. V první variantě je použito okno s izolačním dvojsklem s propustností jednoho skla 0,92. Ve druhé variantě byla provedena úprava vnějšího skla nalepením protisluneční fólie se světelnou propustností 0,49. Ve třetí variantě byla provedena úprava vnějšího skla nalepením protisluneční fólie se světelnou propustností 0,36. A ve čtvrté variantě byla provedena úprava vnitřního skla termoizolační fólií se světelnou propustností 0,56.

varianta	Typ skla	D_{mi} [%]	D [%]	$D_{min,N}$ [%]
1	Izolační dvojsklo	2,3	4,7	1,5
2	Izolační dvojsklo s venkovní fólií (0,49)	1,2	2,4	1,5
3	Izolační dvojsklo s venkovní fólií (0,36)	0,9	1,7	1,5
4	Izolační dvojsklo s vnitřní fólií	1,4	2,7	1,5

• Tabulka 4: vliv propustnosti skla na hodnoty činitele denní osvětlenosti D [%] v kanceláři

Jak je zřejmé z výsledků, snížení světelné propustnosti skla ovlivní výrazně hodnoty denní osvětlenosti v místnosti.



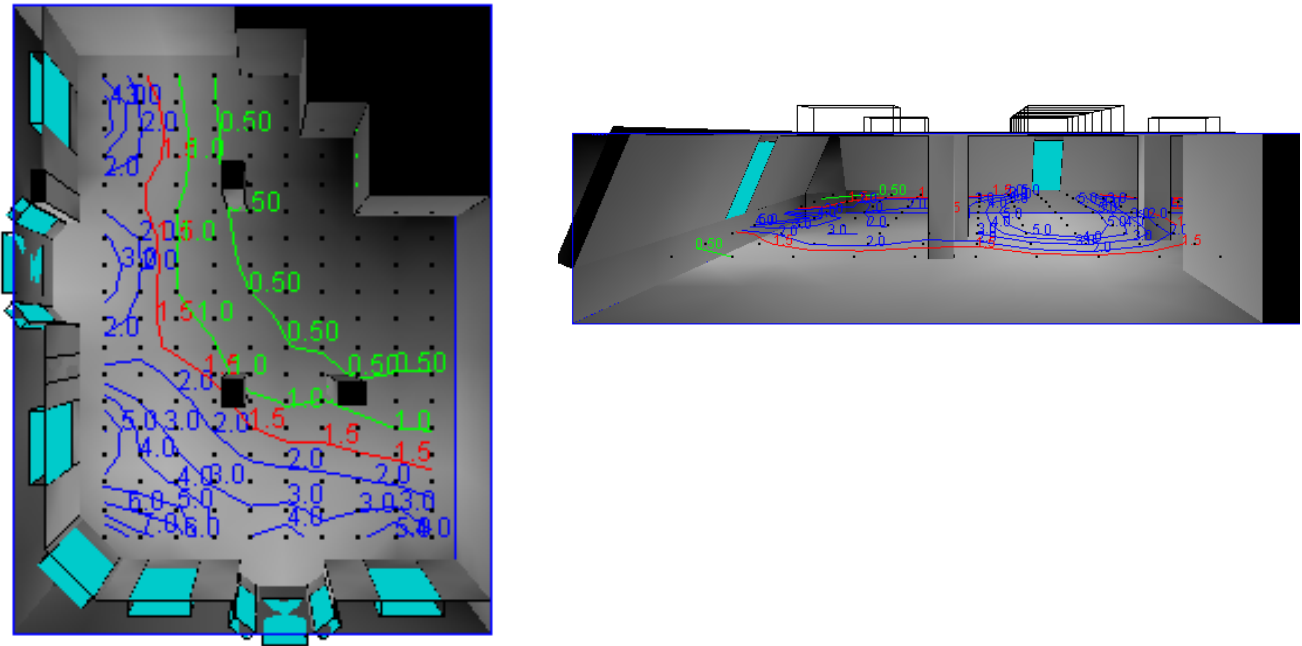
• Obrázek 2: grafický výstup posuzované místnosti kanceláře v programu WDLS

Problémy denního osvětlení rekonstruovaných budov

Problémy s dodržením legislativních požadavků na denní osvětlení mohou nastat při rekonstrukcích budov a to především u těch budov, které jsou vedeny jako kulturní památky nebo památkově chráněné objekty nebo jsou to objekty umístěné v památkově chráněné zóně historických center měst.

Skolubit při přestavbě starého domu požadavky památkářů na zachování stylu domu, a přitom splnit současné nároky na dobré prosvětlení obytných místností i pracovních prostorů není snadné, často ani možné.

Na obr. 3 jsou ukázky grafického výstupu výpočtu denního osvětlení kanceláří v rekonstruované budově umístěné v památkově chráněné zóně města. Projektant musel dodržet původní velikost a členění oken v místnostech. Ve střešní nástavbě byl památkáři omezen počet střešních oken a tak nedostatek denního světla byl řešen pomocí horního osvětlovacího systému.



• Obrázek 3: grafický výstup výpočtu činitele denní osvětlenosti posuzovaných místností kanceláří v programu WDLS

Literatura a odkazy

- [1] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov – Část 1 : Základní požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2007. 23 s.
- [2] ČSN 73 0580-2 *Denní osvětlení budov – Část 2 : Denní osvětlení obytných budov*. Praha : Český normalizační institut, 2007. 3 s.

Difuzní systémy a jejich světelné zdroje

Filip, Slovák, Ing.

Sochorova 23, Brno, www.luxplan.cz, slovak@luxplan.cz

Anotace

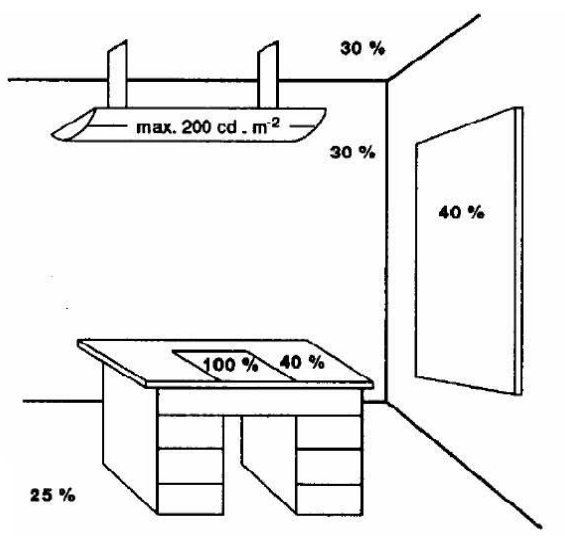
Příspěvek se zabývá současnými trendy v oblasti užití difuzních materiálů svítidel a používaných světelných zdrojů. Výběrem svítidla s vhodným difuzorem lze v mnoha aplikacích zamezit oslnění a dosáhnout tak optimálního návrhu osvětlení. V současné době se na trhu se světelnou technikou objevují svítidla s novými typy difuzních systémů. A s nástupem nových a výkonnějších světloemitujících diod tak vzniká řada otázek, jakým způsobem využívat LED technologie pro osvětlení v kombinaci s difuzními systémy s přihlédnutím k požadavkům v příslušných normách.

Úvod

Pro úspěšné vytvoření tzv. zrakové pohody v interiérech je potřeba přihlédnout hned ke dvěma stěžejním aspektům [1]. Prvním aspektem je samotné hodnocení interiéru, jako jsou prostorová dispozice, odraznosti povrchů, barvy a pozice nábytku, etc. Druhým aspektem, který má na interiérové osvětlení také výrazný vliv, je samotný návrh osvětlení. Základním kvalitativním parametrem osvětlení je rozložení jasů. Pro dobrý zrakový výkon, zrakovou pohodu a zamezení únavy jsou rozhodující jasy a jejich rozložení v zorném poli. Optimální poměr jasu místa úkolu k jasu okolí úkolu a jasu vzdáleného okolí je 10:4:3.

Hodnoty jasu ploch jsou uvedeny v procentech.

100 % ... místo pracovního úkolu
40 % ... okolí
30 % ... stěny a strop
25 % ... podlaha



➤ obrázek 1 Optimální skladba jasů v zorném poli.

Omezení oslnění a správné podání tvaru

Jestliže jsou v zorném poli oka příliš velké jasy respektive jejich rozdíly nebo nastanou velké kontrasty jasů překračující mez adaptability lidského zraku, vzniká oslnění. Oslnění lze obecně rozdělit na psychologické (dále dělené na pozorovatelné a rušivé) a oslnění fyziologické, které lze členit na omezující a oslepující oslnění [1]. Zmenšení nebo úplné zamezení oslnění lze dle citované normy [2] dosáhnout vhodným uspořádáním svítidel a pracovních míst, omezením jasů svítidel a zvětšením svítící plochy svítidla. Záměrně jsou uváděny zejména ty možnosti, které se týkají samotných svítidel a ne interiéru. Posledně uvedená možnost, tj. zvětšení svítící plochy svítidla, se využívá právě v difuzních systémech.

Dalším důležitým aspektem je vyváženost mezi difuzním a směrovým světlem. V citované normě [2] se této vyváženosti říká podání tvaru. Pokud je podání tvaru dobré, obrysy a textury se jeví jasně a příjemně. V tomto případě má světlo převážně jeden směr a vzniklé stíny nejsou příliš ostré, ale ani nezanikají. Špatné podání tvaru

může být viditelné u některých LED aplikací, kde je zdrojem světla např. řada LED chipů. Na sledovaný předmět dopadá velké množství paprsků z různých směrů a následně vznikají mnohonásobné stíny. Takové osvětlení může působit velmi nepřírodně a rušivě. Tyto světelné aplikace je proto vhodné použít spíše pro nepřímé osvětlení nebo v kombinaci s difuzory, které tento nepříjemný jev eliminují.

Současné světloemitující diody jsou ve většině případů ostré a oslňující zdroje světla a pro komerční použití je proto nutné používat difuzory (viz. obr. 2). Světelný potenciál LED chipů tak není plně využit. Pokud by nebyl použit difuzor, svítidla by nespĺňovala index oslnění UGR a problémy by mohly nastat i u podání tvaru.



- obrázek 2 Svítidlo Crayon společnosti Zumtobel Lighting. Přes velké množství chipů LED má svítidlo plně difuzní charakter, bílé chipy LED CREE jsou doplněny červenými chipy LED pro zlepšení indexu podání barev.

Základní rozdělení difuzních systémů (difuzorů)

Difuzní systém má samozřejmě jednu velkou nevýhodu a to je snížení účinnosti samotného svítidla. Snížení účinnosti je však nevyhnutelné, zejména s přihlédnutím k výše uvedeným faktorům. Světelné ztráty mohou v některých případech činit až 50%.

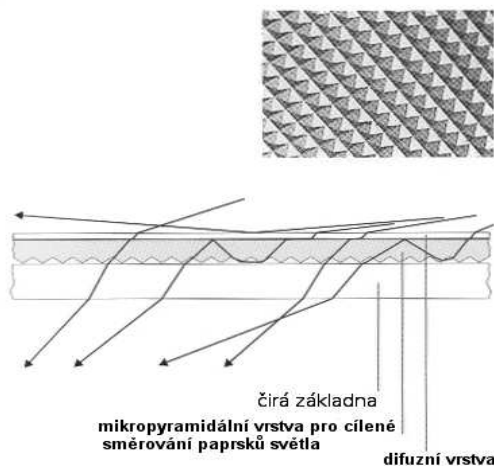
Difuzor je prvek svítidla, který se nepoužívá jen pro omezení jasu zdroje. Má často i ochrannou funkci vůči vnějším vlivům a u mnoha svítidel stanovuje stupeň krytí IP. Ve většině aplikacích se jedná o difuzor standardního typu (mléčné sklo, pískované sklo, polymetylmakrylát, apod.), ale používají se i sofistikovanější materiály, které se často skládají do několika vrstev. Zde je základní rozdělení používaných difuzorů:

- standardní difuzní systém

Tímto jsou myšleny materiály, na kterých při prostupu světla dochází ke standardní difúzi a to buďto částečné nebo úplné. Zpravidla se jedná o všechny typy skel (mléčná, pískovaná apod. – viz. obr. 6), materiály jako polymetylmakrylát, plastové kryty. Příkladem plastového difuzoru je např. LRO optika (*angl. luminaire reducing optic – pozn. autora*).

- mikropyramidální optika (MPO, *angl. micro – pyramidal optic – pozn. autora*)

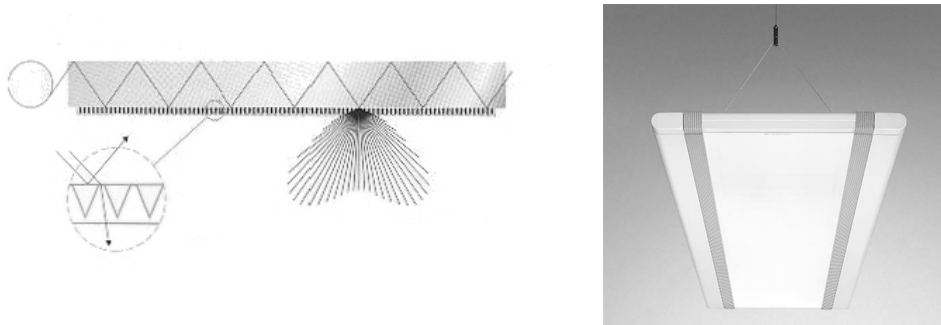
Systém, který využívá zajímavé pyramidové struktury pro rovnoměrné rozložení dopadajícího světla v ploše.



- obrázek 3 Vysvětlení mikropyramidální optiky (MPO).

- světelné vlnovody

Speciální světlovody vedou světlo do míst, kde následně dochází k prostupu paprsků světla. Úzkými štěrbinami poté prochází pouze vybrané paprsky světla. Vyzařovací plocha má pak tzv. „motýlkovou křivku svítivosti“, která je vhodná pro rovnoměrné plošné osvětlení (viz. obr. 4).



- obrázek 4 Zástupcem technologie MPO a světelných vlnovodů je např. svítidlo AERO II Hybrid společnosti Zumtobel Lighting. Svítidlo využívá z 25 % přímé složky osvětlení ze světloemituujících diod, zbylých 75% je nepřímá složka zastoupená zářivkovými trubice T5.

- barrisol

Zajímavým difuzním systémem, který se stále častěji používá v kombinaci se světelnými zdroji, je francouzský barrisol. Tato pnutá stropní fólie se vyznačuje vysokou tvarovou stálostí (má tvarovou paměť) a stálostí barvy. Fólie se napíná na konstrukce, které jsou zpravidla z hliníku a mají často poměrně složitý tvar. Na povrchu fólie nekondenzuje pára, takže je vhodná i do koupelen a bazénů. Pnutý stropní podhled je antistatický, hygienický, samozhášivý a splňuje ustanovení paragrafu 10 Zákona č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky - certifikát C5-98-0210. V mnoha aplikacích jsou do pnutých stropních podhledů instalovány barevné zářivkové trubice a pomocí vhodné regulace lze vytvářet různé barevné scény. Svítidla jsou vždy atypického provedení a svým způsobem unikátní. Osvětlení v tomto pojetí bývá oblíbené zejména v prostorech, kde jsou kladeny vysoké požadavky na design a vytvoření méně obvyklé světelné atmosféry.



- obrázek 5 Osvětlení Food Courtu na Metropoli Zličín v Praze (r. 2010). Největší prstencová svítidla mají v průměru 4 metry, obsahují zářivkové trubice typu T5 v kombinaci se stmívatelnými předřadníky. Všechna svítidla jsou napojeny do řídicího systému Luxmate, jas svítidel koresponduje se stavem denního osvětlení. Svítidla jsou ovládána z velína pomocí příslušného software.



- obrázek 6 Modulární svítidlo k tvorbě světelných ploch na stropě nebo stěnách. Krycí sklo je z hlazeného jednovrstvého bezpečnostního skla. Svítidla mají komůrkovou optiku s dvojitým rozptylem pro extrémně nízkou konstrukci (hloubka 150 mm). Svítidla jsou ovládána pomocí dotykového panelu, lze nastavit různé světelné scény. Obrázek pochází z budovy Národního technického muzea v Praze (r. 2010).

Regulace svítidel s difuzory

Nejvhodnějším zdrojem pro tyto aplikace zářivkové trubice, kompaktní zářivky nebo LED technologie. V případě velkých aplikací je vyšší energetická náročnost svítidel kompenzována regulací, optimálně s využitím denního managementu. Zdroje výbojkového charakteru téměř nelze regulovat a jsou to bodové zdroje, proto se v těchto aplikacích příliš nepoužívají.

Závěr

Volba vhodného difuzního systému je důležitou podmínkou pro vytvoření zajímavé světelné atmosféry a příjemného osvětlení. V kombinaci se stmívatelnými předřadníky a dalšími řídicími prvky lze dosáhnout různých úrovní regulace, lze vytvářet různé světelné scény a další uživatelsky vhodná nastavení. S nárůstem LED aplikací a nově používaných materiálů lze očekávat nástup nové generace těchto svítidel ve všech odvětvích světelné techniky.

[1] Habel, J., kolektiv. Světelná technika a osvětlování, FCC PUBLIC, Praha, Česká Republika, 1995, str. 26 -33, ISBN 800-901985-0-3

[2] Český normalizační institut, ČSN EN 12 464 – 1: Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory, březen 2004, str. 10 – 11, 36 0450

Riadenie a správa sústav verejného osvetlenia použitím inteligentných systémov riadenia

Alfonz, Smola, prof., Ing., Phd., Zlatko, Balaš, Ing.

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenska technická univerzita, alfonz.smola@stuba.sk,
zlatko.balas@stuba.sk

Základným cieľom systému správy a údržby je zabezpečiť bezporuchovú činnosť celej sústavy VO na základe odborného, operatívneho zásahu pri riešení vzniknutých porúch a havárií. Systém zabezpečí plánovanie investícií, monitorovanie finančných a materiálnych tokov vynaložených na údržbu, správu, modernizáciu a rekonštrukciu sústavy VO.

Ako každé iné technické zariadenie tak aj zariadenia a prístroje inštalované v sústave VO podliehajú svojej technickej a efektívnej životnosti. Údržba sústav verejného osvetlenia znamená preventívnu údržbu, nahradzovanie opotrebovaných a vadných častí osvetľovacej sústavy. Údržba je jedným zo základných predpokladov udržania optimálnych parametrov zariadenia, dostatočnej efektívnej životnosti a stabilnej osvetlenosti. Dôležitou činnosťou údržby je zabezpečiť bezpečnosť elektrického zariadenia podľa platných STN-EN a zabezpečovať pravidelné vykonávanie revízií správ. Ďalšou dôležitou činnosťou údržby je upozorňovať na technické nedostatky zvereného zariadenia s cieľom o ich odstránenie.

Pre udržanie sústavy verejného osvetlenia v normami predpísanej funkčnosti je stále náročnejšie, z pohľadu kontrol všetkých funkcií a kvality verejného osvetlenia. Je preto značne komplikované a taktiež i nákladné určiť chybné časti jednotlivých komponentov sústavy, pomenovať správne príčinu porúch a odstrániť následne problém je z pohľadu tradičných metód správy VO takmer nemožné. Realizácia preventívnych postupov predchádzania porúch verejného osvetlenia a ich následné eliminácie sú dnes pre vlastníkov rozsiahlych sústav verejného osvetlenia veľmi nákladné.

Sústavy VO v "reálnom svete - na ulici", tak ako ho poznáme zo súčasnosti a z minulosti, až na výnimky sú čisto "hmatateľne robustné silnoprádové inštalácie". Za touto viditeľnou časťou osvetľovacej sústavy sa, ale začali vyvíjať systémy riadenia, sledovania a evidencie osvetľovacích sústav s využitím IT technológií. Digitálna evidencia zariadení by mala byť samostatnou kapitolou v tomto systéme a so svojím účelom značne pomáhať pri prevádzke osvetľovacej sústavy VO.

Riadenie a správa VO u nás

Spoločnosť DATmoLUX s.r.o. sa od svojho vzniku v roku 2000 špecializuje na vývoj a výrobu rozvádzačov verejného osvetlenia so zberom a prenosom dát pre možnosť zabezpečiť centralizovaný systém riadenia osvetľovacích sústav ako pre verejný tak aj pre súkromný sektor. Vďaka bohatým skúsenostiam a ďalšiemu vlastnému vývoju v tejto oblasti sa v súčasnej dobe táto spoločnosť zaradila medzi špičkových Európskych výrobcov komplexných a flexibilných stavebnícových riadiacich systémov pre zabezpečenia správy a optimalizácie prevádzky rozsiahlych osvetľovacích sústav, predovšetkým verejného osvetlenia.

Základným prvkom sústavy je rozvádzač verejného osvetlenia - (RVO). RVO sú napojené obojsmernou komunikáciou na centrálny dispečing, ktorý slúži pre riadenie sústavy, zber dát a poruchových hlásení. Iný typ komunikácie prebieha medzi RVO a jednotlivými svetelnými bodmi kde je pre komunikáciu využité existujúce silové vedenie. Táto komunikácia môže byť jednosmerná alebo obojsmerná a využíva sa predovšetkým pre reguláciu svietidiel.



• Obr 1) DATMO RVO

Komplexné stavebnice DATMO RVO umožňuje koncepčné riešenie obnovy súboru verejného osvetlenia. Jednotlivé elektronické prvky tejto stavebnice možno jednoducho aplikovať aj do existujúcich sietí verejného osvetlenia, projektantom tento systém umožňuje využiť stavebnicu k realizácii verejného osvetlenia, ktoré je maximálne hospodárne a prináša nasledovné výhody:

- Značnú úsporu el. energie

- Minimálne náklady na údržbu VO
- Hospodárnu realizáciu systému postupnú alebo kompletnú
- Zákaznícky softvér vytvorený na mieru, vďaka ktorému možno vizualizovať jednotlivé zapínacie body a zbierať dáta ako z rozvádzačov VO, tak i z jednotlivých svietidiel
- Prenos dát pomocou komunikačných modulov na dispečing VO, pre zabezpečenie riadenia prevádzky a optimalizáciu údržby VO.

Jedným z príkladov použitia tohto systému riadenia na Slovensku je riadenie a správa verejného osvetlenia mesta Svätý Jur. Sústava VO mesta bola zrekonštruovaná v roku 2009. a v rámci rekonštrukcie bol navrhnutý systém riadenia a správy VO DATmoCONTROL prostredníctvom projekčnej firmy LIGHTTECH spol. s.r.o.. Riešenie riadenia a správy verejného osvetlenia mesta vychádza z centralizovaného riadiaceho systému. Z jedného centralizovaného pracoviska je možné ovládať celú sieť verejného osvetlenia. Software nainštalovaný na dispečingu komunikuje pomocou GSM modulov s riadiacou jednotkou v zapínacom bode (RVO), ktorá zbiera dáta z jednotlivých meracích bodov. K riadiacej jednotke v rozvádzači sú pripojené všetky prvky sústavy VO.

Analýzou sústavy verejného osvetlenia je možné stanoviť referenčný stav a všetky zmeny tohto stavu ďalej možno vyhodnocovať. Tieto údaje ďalej slúžia ako podklady pre pravidelnú kontrolu.

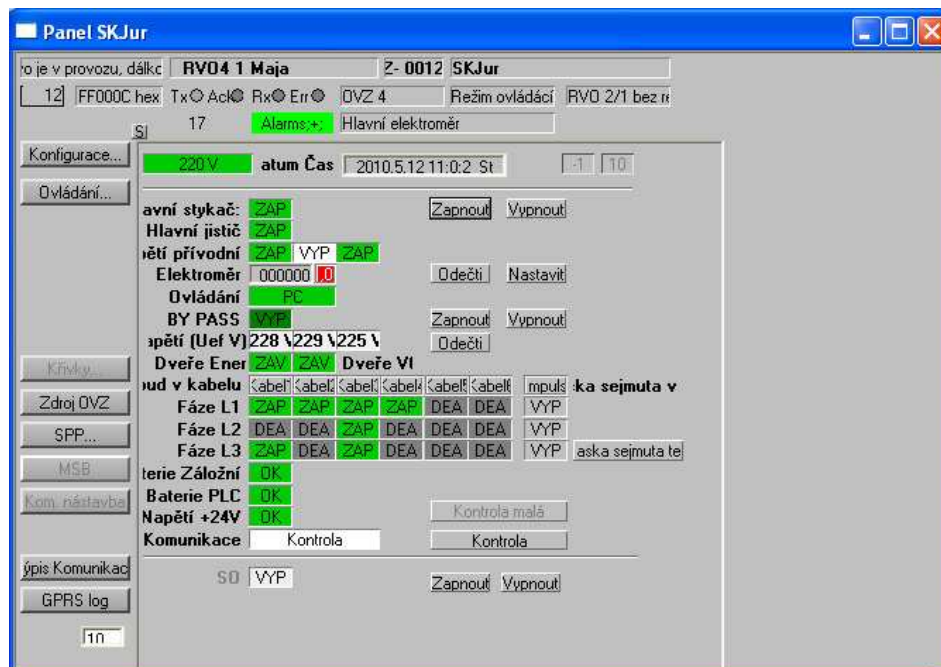
Monitorovanie samotných svetelných bodov je riešené pomocou monitorovacích MSB-C čipov inštalovaných v stožiarových svorkovniciach, a pomocou DC čipov inštalovaných priamo vo svietidlách VO. Obojsmerná komunikácia prebieha priamo po silovom vedení. Vo svietidlách sú použité elektronické predradníky s dvoj odbočkovou prepínateľnou tlmivkou.



- Obr 2) Projektom navrhované svietidlá SITECO SR100 na hlavnú komunikáciu prechádzajúcu mestom Svätý Jur a montáž DC čipu do svietidla

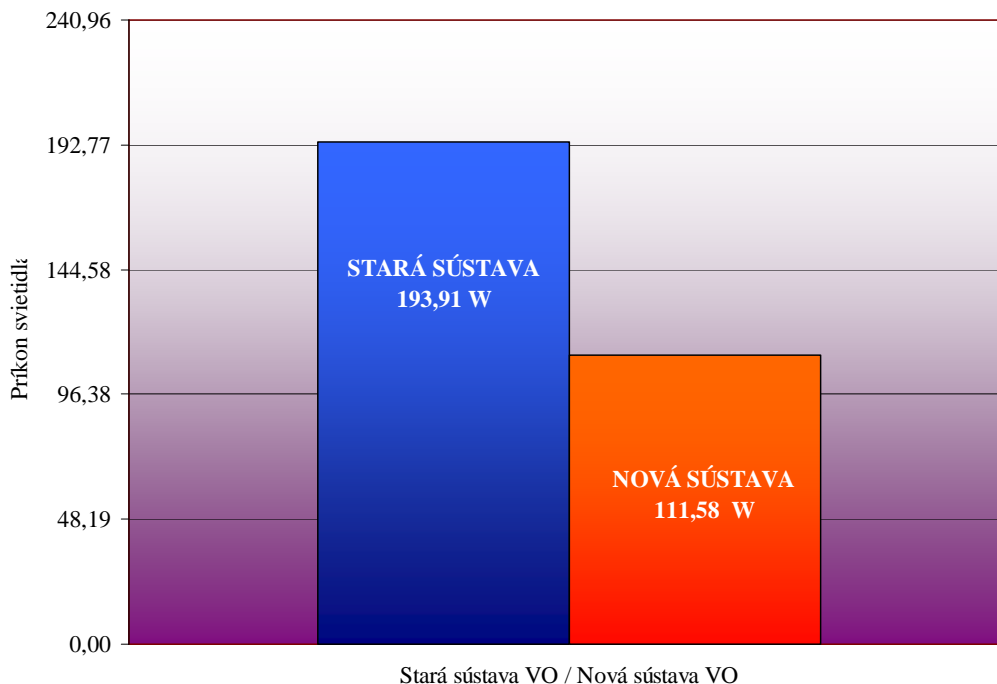
Komunikácia dispečingového strediska s rozvádzačmi verejného osvetlenia umožňuje GSM modem inštalovaný v každom jednom rozvádzači. Modem je vybavený telefónnou SIM kartou operátora ORANGE a umožňuje buď internetovú komunikáciu s dispečingom alebo aj mobilnú komunikáciu s údržbovým personálom prostredníctvom textových správ. Na displeji riadiacej jednotke v rozvádzači si vieme v komunikačnom režime preddefinovať ľubovoľné telefónne čísla údržbového personálu s ktorými systém bude komunikovať. Tieto dva spôsoby komunikácie ale nepracujú súčasne.

Dispečingové stredisko je vybavené jedným počítačom na ktorom je nainštalovaný softvér PmRVO od firmy DATmoLUX s.r.o.. Vizualizácia začína topografickým rozmiestnením zapínacích bodov v orientačnej mape mesta. Program nám umožňuje ovládanie základných funkcií ako na príklad zapnutie a vypnutie RVO, regulácie napätia (By-Pass), odčítanie napätia a prúdu v jednotlivých vetvách, ovládanie vianočného osvetlenia, stav záložného zdroja, kontrolu riadiacej jednotky a diagnostiku RVO. Odčítanie stavu elektromera nie je možné, nakoľko v rozvádzačoch nie sú použité digitálne elektromery.



• Obr 3) Ovládací panel rozvádzača

Sústava VO po rekonštrukcii dosiahla zníženie spotreby elektrickej energie v porovnaní s rokom 2009 o 42,5 % za predpokladu plnej funkčnosti sústavy v roku 2010. Táto úspora splnila minimálne predpoklady úspory t.j. 30%, pre čiastočné financovanie rekonštrukcie VO z Blokového grantu Nórskeho finančného mechanizmu a EHP.



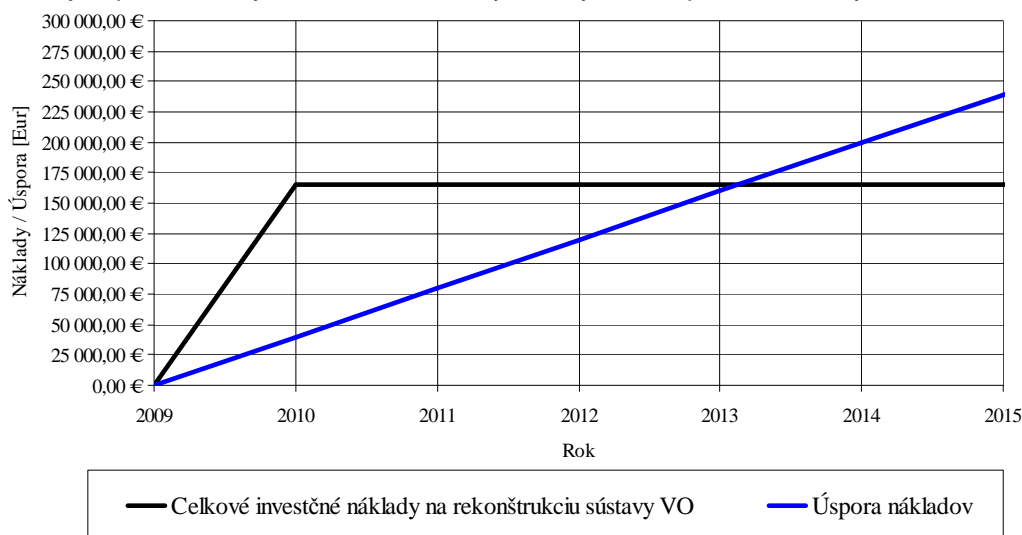
• Obr 4) Priemerný inštalovaný príkon svietidiel starej a novej sústavy VO

Odhad úspor elektrickej energie v časti mesta ukázal, že racionalizáciou spotreby energie, ktorá zahŕňa výmenu svetelných zdrojov, svietidiel a rozvádzačov defektných stožiarov a prevádzky nevyhovujúceho zariadenia, možno dosiahnuť úsporu 66,1 MWh ročne. Priemerný inštalovaný príkon na svietidlo poklesol o 42,5 %, kým výmenou svietidiel sa podstatne zlepšili svetelno-technické parametre sústavy VO. Celková úspora elektrickej energie ale nezahŕňa iba úsporu energie výmenou svetelných zdrojov. Na základe navrhovaného systému riadenia a stmievania sústavy vieme ušetriť ďalších 8% el. energie. Za predpoklady že počas celej doby svietenia 3900 h/rok, sústava bude svietiť v stmievanom režime 55% z celkového času, zvyšných 45% z času bude rozsvietená sústava na plno. To znamená že pre dobu od 2145 h/rok vysokotlaké sodíkové výbojky príkonu 150W budú svietiť ako 100W výbojky, kým

vysokotlaké sodíkové výbojky príkonu 70W budú svietiť ako 50W výbojky. V tomto prípade celková úspora el. energie mesta Svätý Júr po rekonštrukcii sústavy aj s reguláciou predstavuje 50,47%.

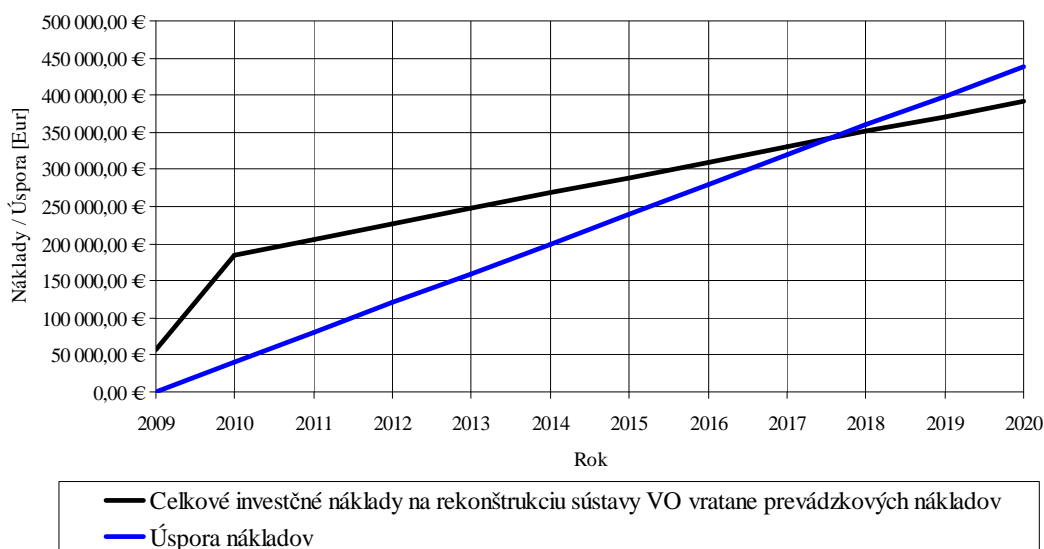
Samozrejme, úspora el. energie dosiahnutá reguláciou sústavy VO závisí hlavne od možnosti regulácie, frekvencovanosti dopravy a účelu komunikácie. Najväčšie úspory je možné dosiahnuť hlavne na vedľajších uliciach patriacich do nižších tried osvetlenia komunikácii, na ktorých už po 23h je minimálna hustota dopravy resp. žiadna. Na hlavných komunikáciách, križovatkách a rizikových úsekoch je úspora el. energie reguláciou sústavy minimálna, v niektorých prípadoch žiadna.

Z pohľadu návratnosti investícií systém DATMOCONTROL je jeden z najhospodárnejších systémov na reguláciu sústav verejného osvetlenia v súčasnosti na Slovensku. Návratnosť investícií mesta Sv. Jur bez uvažovania ročných prevádzkových nákladov sústavy VO vychádza približne 3 roky.



• Obr 5) Návratnosť investícií na rekonštrukciu sústavy VO bez ohľadu na ročné prevádzkové náklady sústavy

Pri uvažovaní aj s ročnými prevádzkovými nákladmi sústavy VO návratnosť investícií mesta vychádza približne na 7,5 rokov čím je tento systém aj ďalej celkom hospodárny systém riadenia sústavy verejného osvetlenia.



• Obr 6) Návratnosť investícií na rekonštrukciu sústavy VO vrátane ročných prevádzkových nákladov sústavy

Literatura a odkazy

- [1] Balaš, Zlatko, Bc., Systémy riadenia a správy sústav verejného osvetlenia, Diplomová práca, 2010, Bratislava, Slovenska Republika
- [2] Webová stránka: www.datmolux.cz

Hodnocení VO z pohledu výkonnostních parametrů

prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., Ing. Tomáš Novák, Ph.D., Ing. Jaroslav Šnobl
VŠB-TU OSTRAVA, FEI - Katedra Elektroenergetiky, 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava

Úvod

Na hodnocení dle určitých kritérií narazíme snad v každé studii či projektu, který se zabývá návrhem nové osvětlovací soustavy či její rekonstrukcí, ta musí splňovat obecné požadavky platných norem, ale i požadavky zadavatele. K posouzení míry náročnosti, ale také posouzení správy soustavy VO nám pomohou tzv. klíčové výkonnostní ukazatele (KPI).

Rozdělení klíčových ukazatelů a jejich popis

Výkonnostní ukazatele nám sledují, zřehledňují hospodaření s majetkem, usnadňují komunikaci se správcem soustavy VO a poskytují manažerský pohled na majetek. Můžeme dle nich činit rozhodnutí a plánovat budoucí investice. Těchto ukazatelů může být libovolné množství, je však vhodné zvolit ukazatele tak, aby se mohli důsledně sledovat a vyhodnocovat za určitá období. Příliš velkým počtem ukazatelů zbytečně zatěžujeme hodnotící správu a je třeba zvážit, zda nám sledované ukazatele vůbec něco podstatného a důležitého řeknou. Na druhou stranu malé množství ukazatelů nemusí obsáhnout potřebné důležité parametry. Priority KPI se liší dle provozního modelu správy VO, pro přenesenou správu jsou podstatné investice a provoz, na druhé straně pro vlastní správu jsou též důležité energetické KPI. Výkonnostní ukazatele můžeme dále rozdělit takto:

- **Technické**
 - **Kvantitativní**
 - **Základní** (vypovídají o skutečném stavu soustavy VO)
 - ✓ Počet světelných míst
 - ✓ Počet rozvaděčů
 - ✓ Délka napájecích kabelů
 - **Provozní** (primárně sledují změny vyplývající z rekonstrukcí, obnovy a výměny části soustavy VO)
 - ✓ Počet rekonstruovaných světelných míst
 - ✓ Světelná místa opravená v rámci preventivní údržby
 - ✓ Počet vyměněných světelných zdrojů
 - **Kvalitativní** (odráží změnu kvality soustavy VO)
 - ✓ Světelná místa za dobou životnosti
 - ✓ Průměrné stáří prvků VO
 - ✓ Nesvítící světelná místa
 - ✓ Instalovaný příkon
- **Ekonomické** (vlastníkovi soustavy VO ukazují efektivnost vynaložených finančních prostředků v oblasti investic a provozu, sledujeme je buď v čase nebo ve srovnání s jinými správci VO)
 - ✓ Investice
 - ✓ Běžná údržba
 - ✓ Preventivní údržba
 - ✓ Elektrická energie

Aplikace výkonnostních ukazatelů na výpočtové formule

V této části jsou uvedeny metody výpočtů nákladů tak, jak se používají ve vybraných státech (Nizozemsko, Finsko, USA, Turecko). V těchto pěti metodách vidíme, jak velká je variabilita možných výpočtů nákladů a co vše lze do nich zahrnout.

Seznam použitých zkratk ve vzorcích:

pn	počet stožárů
pp	jednotková cena stožáru (zahrnuje cenu instalace - €/kus)
cn	počet konzolí
cp	cena konzole (zahrnuje cenu montáže - €/kus)
n	počet svítidel
lpr	jednotková cena svítidla (zahrnuje cenu montáže - €/kus)
ln	počet zdrojů
lapr	jednotková cena zdroje (€/kus)
lampr	jednotková cena montáže zdroje (€/kus)
cl	délka kabelu
clp	cena kabelu / metr (zahrnuje cenu montáže - €/metr)
Pi	výkon svítidla (kW)
He	cena za 1 kWh elektrické energie (€)
bh	denní doba provozu
AF	anuitní faktor = $[(p/100) \cdot (1 + (p/100)t)] / [(1 + (p/100)t) - 1]$
mcl	náklady na údržbu svítidla (€/ks)
t	doba amortizace-umoření (rok)
p	úroková sazba (%)
rp	perioda výměny zdroje (rok)

Bommel formula

Podle vzorce zavedeného W.J.M. van Bommelem se celkové roční náklady na kilometr (TAC) skládají z odpisů počátečních investičních nákladů (INC) na kilometr (AM), nákladů na energii (EN) a nákladů na údržbu (MC).

$$\begin{aligned} \text{INC} &= pn \cdot pp + cn \cdot cp + n \cdot lpr + ln \cdot (lapr + lampr) + cl \cdot clp \\ \text{AM} &= AF \cdot (\text{INC} - ln \cdot (lapr + lampr)) \\ \text{EN} &= n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh \\ \text{MC} &= [(bh \cdot 365 / rp) \cdot (lapr + Hl) + (q/100) \cdot (lapr + Hly)] \cdot ln + pm \end{aligned}$$

V těchto vzorcích jsou některé parametry, které nejsou běžné v ostatních vzorcích, a to:

Hl	náklady na skupinovou výměnu zdrojů (včetně čištění svítidla) (€ / kus)
q	procentní podíl vyměněných zdrojů
Hly	náklady na výměnu zdroje (€ / kus)
pm	náklady na údržbu stožáru na km (€)

Celkové roční náklady jsou potom součtem těchto tří nákladů:

$$\text{TAC} = \text{AM} + \text{EN} + \text{MC}$$

Philips formula

Vzorec vyvinutý firmou Philips umožňuje vypočítat počáteční investice (INC) a celkové roční náklady (TAC) na km pro konkrétní svítidlo nebo kombinaci svítidel. Počáteční investice (INC) na km jsou dány náklady na svítidla a zdroje + náklady na instalaci (stožáry, kabely).

$$\text{INC} = n \cdot lpr + ln \cdot lapr + pn \cdot pp + cn \cdot cp + cl \cdot clp$$

Celkové roční náklady na kilometr (TAC) jsou součtem amortizací počátečních investičních nákladů (AM) pro daný typ svítidla, nákladů na energii (EN), nákladů na údržbu (MC) včetně nákladů na náhradní zdroje.

$$AM = AF \cdot [n \cdot lpr + pn \cdot pp + cl \cdot clp]$$

$$EN = n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh$$

$$MC = (ln \cdot lmal) / rp + (n \cdot mcl) / rp$$

$$TAC = AM + EN + MC$$

Finnish formula

Finský vzorec je založen na nákladech životního cyklu, z nichž se dělá ekonomická analýza instalace veřejného osvětlení. Tento vzorec udává jednotkové náklady na rozteč mezi stožáry. Počáteční investice (INC) na stožár se potom vypočítá takto:

$$INC = (pn \cdot pp \cdot k1 + n \cdot (lpr + lapr) + S \cdot Hsv \cdot k2) / S$$

S rozteč stožárů (m)

Hsv cena hlavního přívodu elektrické energie (€/silniční metr)

k1 faktor umístění stožáru

k2 faktor umístění hlavního přívodu elektrické energie

Náklady na údržbu (MC) se skládají ze součtu nákladů na spotřebu energie, nákladů na výměnu zdroje a nákladů na údržbu stožáru:

$$MC = [n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh + (ln \cdot H1 \cdot k3) / lf + q \cdot ln \cdot Hly \cdot k3] + pn \cdot pm \cdot k4 / S$$

lf doba života zdroje

k3 faktor umístění

k4 faktor skupinové údržby

Náklady životního cyklu systému osvětlení silnic, lze vypočítat dle finských vzorců dvěma způsoby. První z nich je metoda „současné hodnoty“ a druhá je „průměrného ročního nákladu“. Současná hodnota nákladů životního cyklu (PV) je dána jako součet počáteční investice (INC), údržba (MC) a zbytková hodnota (J) ve zkoumaném období. Následný výpočet metodou „současné hodnoty“.

$$PV = INC + AF \cdot MC + 1 / (1 + p)^t \cdot J$$

Průměrné roční náklady (AV) systému silničního osvětlení lze vypočítat takto:

$$AV (t/2) = AF \cdot INC + \beta t \cdot MC$$

Zde βt definuje faktor růstu nákladů na provoz a údržbu.

USA formula

V roce 2000 Floridské oddělení dopravy ve spolupráci s University of Florida a Transportation Research Center vyvinuli postup pro analýzu a formátování systémů pro silniční osvětlení. Tento postup je založen na poměru mezi výnosy a náklady na projekty osvětlení. Dle těchto poměrů jsou stanoveny vzorce pro celkové roční náklady (TAC) pro systém osvětlení silnic dány jako součet umořování původní investice (AM), nákladů na energii (EN) a nákladů na údržbu (MC).

$$AM = AF \cdot [n \cdot lpr + ln \cdot (lapr + lampr) + pn \cdot pp + cn \cdot cp + cl \cdot clp]$$

$$AF = [(IR/100) \cdot (1 + (IR/100)^n)] / [(1 + (IR/100)^n) - 1]$$

$$EN = n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh$$

$$MC = ln \cdot mcl$$

$$TAC = AM + EN + MC$$

TEDAS formula

Dle metod ekonomické analýzy byl vyvinut vzorec pro osvětlení silnic TEDAS, kde celkové náklady na systém osvětlení silnic jsou součtem počátečních investičních nákladů (INC), nákladů na energii (EN) a nákladů na údržbu (MC).

$$INC = pn \cdot pp + cn \cdot cp + n \cdot lpr + ln \cdot (lapr + lampr) + cl \cdot clp$$

$$EN = n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh$$

$$MC = ln \cdot (lapr + lampr) + ln \cdot mcl$$

Náklady na výměnu zdrojů a čištění se počítají s přihlédnutím na počet svítidel udržovaných za hodinu, denní pracovní dobu, denní mzdu dělníků a aktuální ceny paliva použitého ve vozidle.

$$TAC = INC + EN + MC$$

TEDAS vzorec bere v úvahu časovou hodnotu peněz na konci období amortizace a vypočítává budoucí hodnotu celkových nákladů. Takže podle tohoto vzorce, budoucí hodnota nákladů (FC) se vypočítá:

$$FC = TAC0 \cdot (1 + p/100)^t$$

Na začátku prvního roku, jsou pouze náklady na instalaci, každý rok potom přibudou náklady na energii, čištění a výměnu zdrojů. Doba výměny zdrojů a čištění se předpokládá různá.

Příklad výpočtu počáteční investice a nákladů na údržbu

V následujícím příkladu výpočtu počátečních investic a nákladů na údržbu budeme vycházet z **finnish formula**, která je nejbližší aplikovatelnosti na soustavu VO města Ostravy, a to pro její dostatečnou variabilitu pro různé osvětlovací soustavy.

Příklad výpočtu očekávaných investičních nákladů pro přesně specifikovanou lokalitu a již předběžně navrženou osvětlovací soustavu:

Počáteční investice (INC)

INC	pn	pp	k ₁	n	lpr	lapr	S	H _{sv}	k ₂
Kč/SM	ks	Kč	-	ks	Kč	Kč	m	Kč	-
51 005	50	27 500	1,3	65	4 800	250	42	450	1,4

pn	počet stožárů
pp	jednotková cena stožáru (zahrnuje cenu instalace - Kč/kus)
k₁	faktor umístění stožáru (náročnost def. terénních úprav v místě)
n	počet svítidel
lpr	jednotková cena svítidla (zahrnuje cenu montáže - Kč/kus)
lapr	jednotková cena zdroje (Kč/kus)
S	rozteč stožárů (m)
H_{sv}	cena hlavního přívodu elektrické energie (Kč /silniční metr)
k₂	faktor umístění hlavního přívodu elektrické energie (dtto jako u k ₁)

$$INC = \frac{pn \cdot pp \cdot k_1 + n \cdot (lpr + lapr) + S \cdot H_{sv} \cdot k_2}{S} =$$

$$NC = \frac{50 \cdot 27500 \cdot 1,3 + 65 \cdot (4800 + 250) + 42 \cdot 450 \cdot 1,4}{42} = 51005 \text{ Kč / SM}$$

Výsledná hodnota odpovídá obecně používané hodnotě v současné době pro základní odhady v rámci investičních záměrů.

Náklady na údržbu (MC)

MC	n	Pi	He	bh	In	H1	k3	If	q	Hly	pn	pm	k4	S
Kč	ks	kW	Kč/kWh	hod	ks	Kč	-	hod.	%	kč	ks	Kč/km	-	m
64 036 325	38 800	0,125	2,14	4 250	39 000	200	0,5	14 000	10	250	27 000	25 000	0,7	31

n	počet svítidel
Pi	výkon svítidla (kW)
He	cena za 1 kWh elektrické energie (Kč)
bh	roční doba provozu
In	počet zdrojů
H1	náklady na skupinovou výměnu zdrojů (včetně čištění svítidla) (Kč / kus)
k3	faktor umístění
If	doba života zdroje
q	procentní podíl vyměňovaných zdrojů
Hly	náklady na výměnu zdroje (Kč / kus)
pn	počet stožárů (stožáry ve vlastnictví města)
pm	náklady na údržbu stožáru na km (Kč)
k4	faktor skupinové údržby
S	rozteč stožárů (m)

$$MC = [n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot bh + \frac{(\ln \cdot H_1 \cdot k_3)}{I_f} + q \cdot \ln \cdot H_{ly} \cdot k_3] + \frac{pn \cdot pm \cdot k_4}{S} =$$

$$MC = [38800 \cdot 0,125 \cdot 2,14 \cdot 10^{-3} \cdot 4250 + \frac{(39000 \cdot 200 \cdot 0,5)}{14000} + 10 \cdot 39000 \cdot 250 \cdot 0,5] + \frac{27000 \cdot 25000 \cdot 0,7}{31} =$$

$$MC = 44111 + 279 + 48750000 + 15241935 = 64036325 \text{ Kč}$$

Výsledná hodnota tohoto vzorového výpočtu odpovídá skutečným nákladům běžné údržby a elektrické energie VO města Ostravy – tj. bez nákladů výkonu správy, prací na pasportu VO, revizí, bez nákladů na PÚ a účelové opravy.

Závěr

Pro hodnocení správy soustavy VO z dlouhodobého hlediska nám může koncept výkonnostních ukazatelů velice zjednodušit práci tím, že bude k dispozici stále aktuální stav obhospodařovaného majetku, na základě kterého můžeme rozhodovat, jakým směrem a kolik by měly zaujímat investice v následujícím období. Těchto ukazatelů může být různý počet, dle toho, jak si je správce soustavy VO vhodně navrhne a jaké parametry chce sledovat. Ve světových formulích pro výpočet investičních a provozních nákladů se však hodně ukazatelů shoduje a právě z těchto by měl správce soustavy VO vycházet popř. je vhodně doplnit. Výsledky investičních nákladů a nákladů na údržbu dle finnish formula korespondují ze současnými průměrnými náklady na provoz soustavy VO. To dokazuje, že ze sledovaných klíčových ukazatelů opravdu můžeme docela přesně odhadnout investice a náklady na údržbu v budoucích letech.

Poděkování

Poděkování patří Moravskoslezskému kraji a Statutárnímu městu Ostrava v rámci jehož zadání se projekt „Naplnění datového pasportu a stanovení kvalitativních, kvantitativních a ekonomických ukazatelů správy provozu veřejného osvětlení v Ostravě v letech 2010 - 2015“ na VŠB-TU Ostrava řešil jako HS451906.

Literatura a odkazy

- [1] Van Bommel, W.J.M., (1978) Optimization of Road Lighting Installations by the Use of Performance Sheets, Lighting Research&Technology, Vol.10, No.4,
- [2] Philips, Calculux Road Lighting Design Software Manual, Version 6.5,
- [3] CIE Pub.115 Berlin Editorial Version II (draft) (2007), Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic,
- [4] Özkızılkaya, Ö., Onaygil, S., Effects of Parameters in Road Lighting Cost Calculation Formulas,
- [5] CIE Pub.115 Berlin Editorial Version II (draft) (2007), Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic,
- [6] CIE Pub. No. 115, (1995), Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic”,
- [7] Özkızılkaya, Ö., (2007), Energy Cost Analysis in Road Lighting, MSc. Thesis, Istanbul Technical University,Energy Institute.

Výpočet denního osvětlení od tubusových světlovodů

Pavel, Staněk, Ing.

ASTRA 92 a.s., pavel.stanek@astra92.cz

Úvod

V současné době, kdy se na jedné straně klade velký důraz na kvalitní životní prostředí a na druhé straně vznikají technologicky a architektonicky složité prostory, zvyšuje se reálná potřeba dostat denní osvětlení i do prostor, kde to z konstrukčních důvodů není přímo možné provést běžnými bočními nebo horními otvory. Jednou z mála možností řešení takových případů je použití tubusových světlovodů.

Tubusový světlovod je zjednodušeně řečeno roura nejčastěji kruhového průřezu, která má vnitřní povrch opatřen vysoce odrazným lesklým povrchem. Roura může být podle potřeby buď rovná nebo zalomená pomocí kolen. Tubus je ukončen nejčastěji na vodorovné nebo šikmé střeše průhlednou kopulí, v místnosti pak ve stropě průhledným či průsvitným difuzorem. Výrobce světlovodu zpravidla udává zvláště ztrátu při průchodu světla kopulí a difuzorem, dále udává ztrátu v tubusu na každý metr délky, popř. v kolenu. Nejčastější vyráběné průměry tubusů jsou 300, 500 a 700 mm.

Fyzikální děje ve světlovodu jsou zejména z důvodu zrcadlového odrazu poměrně složité. K podrobným výpočtům lze použít speciálních programů, které dokáží zohlednit konkrétní stav oblohy vč. polohy slunce. Položili jsme si otázku, zda by bylo možno použít při běžných výpočtech denního osvětlení určitých zjednodušení, zejména s ohledem na to, že je v tomto případě použita rovnoměrně zatažená obloha s gradací ve smyslu ČSN 76 0580.

Porovnání

Základní myšlenka spočívá v tom, zadat světlovod „pouze“ svým vyústěním do místnosti se stejným efektivním průřezem a nějakým relativně malým ostěním. V činitelích ztrát pak je třeba zohlednit výrobcem uvedené ztráty na kopuli, v difuzoru a v tubusu podle skutečné délky. Domníváme se, že tato myšlenka má technické opodstatnění v tom, že světlovod není zesilovač, že „pouze dopravuje oblohu“ s určitými ztrátami do místnosti.

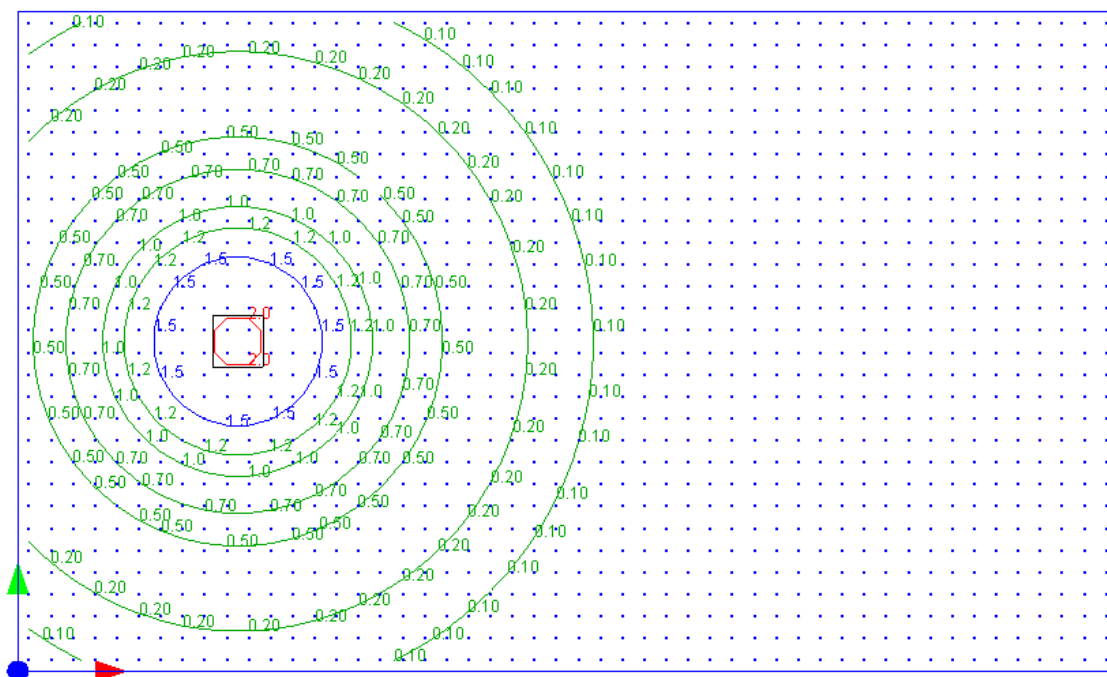
Abychom mohli odpovědět na výše uvedenou otázku, hledali jsme nejprve vhodný software, který umožní spočítat denní osvětlení světlovodem simulací fyzikálních dějů uvnitř. Porovnání by bylo možno provést i podle měření, ale zatím se nám nepodařilo získat vhodná změřená data. K porovnání jsme vybrali program Holigilm verze 4.3, od autorů Mgr. Miroslav Kocifaj, PhD. a RNDr. František Kundracik, PhD., který lze zdarma použít po stažení z <http://www.holigilm.info>. Tento program umožňuje zadat různé konfigurace světlovodu, různé typy oblohy vč. rovnoměrně zatažené a různé umístění v místnosti. Jeho výstupem je sice osvětlenost [lx] a nikoliv činitel denní osvětlenosti [%], ale současně poskytuje osvětlenost na kopuli, a tak lze snadno č.d.o. dopočítat.

Vlastní výpočet denního osvětlení jsme pak provedli programem Wdls aktuální verze 4.1.4.8. Jako počítaný prostor jsme zvolili obdélníkovou místnost o rozměrech 6x4m s výškou 3m. Do ní jsme umístili nejdříve světlovod o průměru 520 mm a pak o průměru 700 mm. Ve výpočtu jsme světlovod nahradili čtvercovým vyústěním s ekvivalentní plochou vypadající jako malý zenitní světlík s fiktivním ostěním 50 resp. 100 mm. Byla počítána síť bodů 1m nad podlahou, tedy 2m pod světlovodem. Výpočet jsme provedli s fiktivní propustností kopule i difuzoru 1 a s odrazností vnitřního povrchu tubusu 0.934. Počítali jsme s difúzní kopulí i difuzorem. Při výpočtu programem Wals jsme neuvažovali (stejně jako program Holigilm) vnitřní odraženou složku. Výsledky výpočtu jsme uspořádali do následující tabulky.

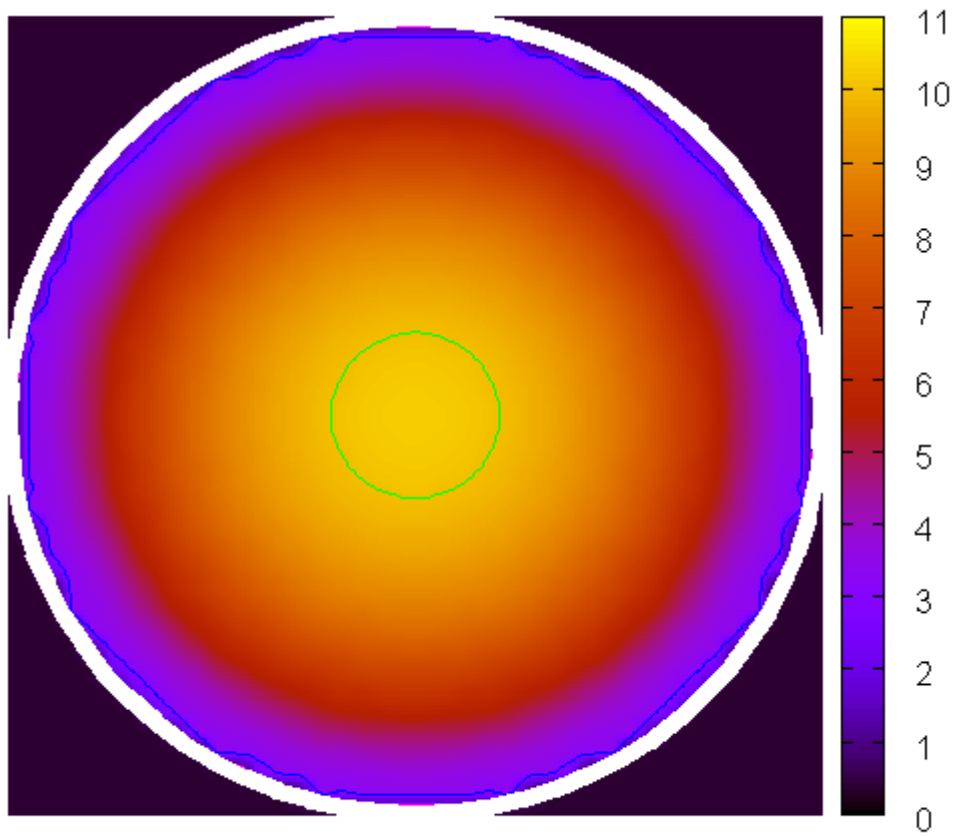
Průměr [mm]	Ext. illuminance [klx]	Int.Illuminance max [lx]	$D_{\max H}$ [%]	$D_{\max D}$ [%]	$D_{\max H} / D_{\max D}$
520	25,15	400 lx	1,59	2,1	0.76
700	25,15	700 %	2,78	3,2	0.87

* Tabulka: porovnání hodnot

Sloupec $D_{\max H}$ obsahuje č.d.o. vypočítaný z výsledků programu Holigilm s uvažovanou odrazností vnitřního povrchu světlovodu 0.934. Sloupec $D_{\max D}$ pak hodnoty vypočítané programem Wdls bez uvažování odraznosti ve světlovodu. Pokud tedy použijeme snižovací koeficient na ztráty ve světlovodu, nepochybně se přiblížíme výsledkům získaným programem Holigilm. Poslední sloupec zobrazuje poměr vypočítaných hodnot, který se může velmi blížit skutečné hodnotě ztráty v tubusu. Následující obrázky demonstrují provedené výpočty oběma programy.

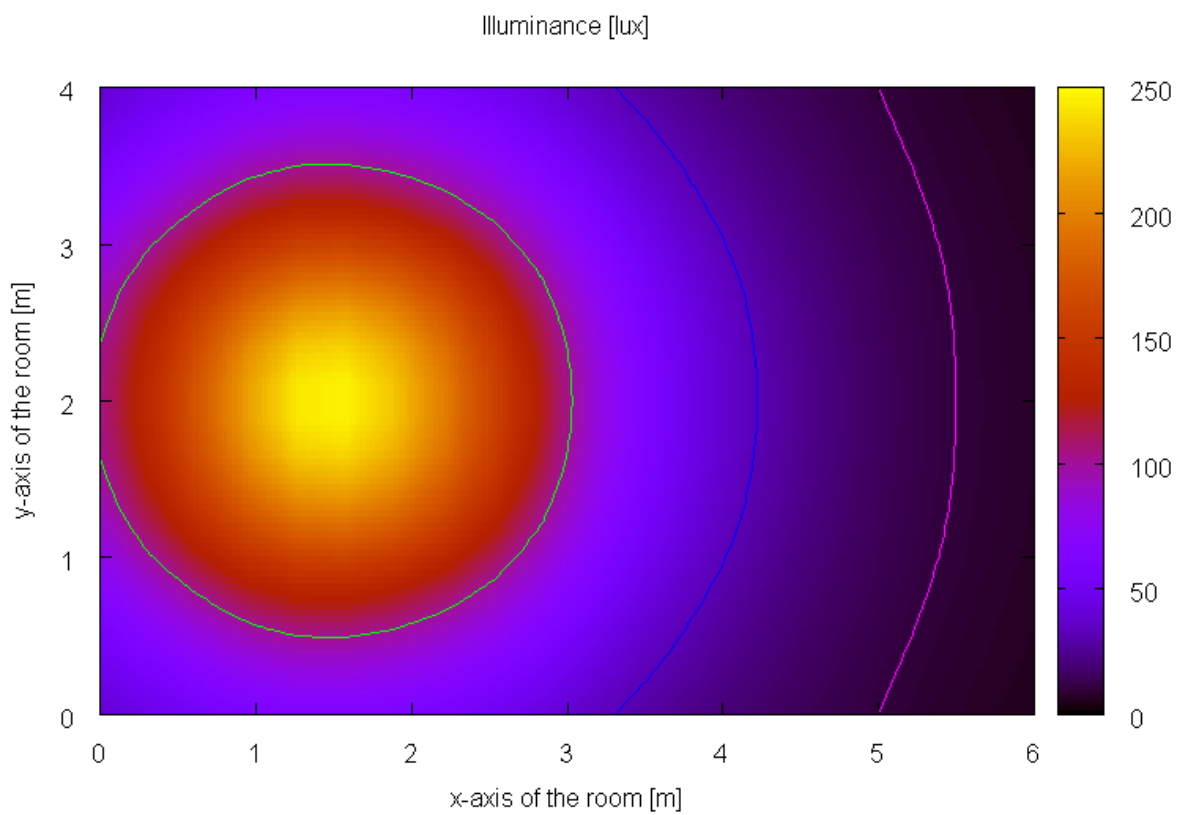


* obrázek 25 – izolínie z programu Wdls



Exterior illuminance 25.15 [klux].

* Obrázek 26 - Venkovní osvětlenost na kopuli z programu Hiligilm



* Obrázek 27 - vnitřní osvětlenost v m.ú. z programu Hologilm

Závěr

Závěrem bychom chtěli uvést, že výsledky porovnání podle našeho názoru podporují naši domněnku, že lze úspěšně počítat tubusové světlovody ve výpočetních programech tak, že se nahradí zenitní světlíkem. Ve skutečných případech bude třeba do výpočtu zadat ztráty na kopuli, difuzoru a v tubusu. (popř. i v kolenech). Dovoluji si apelují na výrobce světlovodů, aby tyto údaje poskytovali a umožnili tak jejich výrobky v projektech použít.

Řešení šetrného osvětlení v Národním divadle

Michal, Staša, Ing.

SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie, www.svn.cz, michal.stasa@svn.cz

1. Záměr projektu

Cíl: Ověřit možné úspory v osvětlení v komplexu budov Národního divadla:

- vytipování jednotlivých prostor s potenciálem na úsporu v osvětlení,
- technická realizovatelnost,
- posouzení ekonomické efektivity.

2. Úspory v osvětlení

Tři základní možnosti úspor v osvětlení:

- výměna světelných zdrojů za efektivnější,
- technologické doplnění osvětlovací soustavy,
- celková rekonstrukce osvětlovací soustavy.

3. Vytipování opatření v Národním divadle

- Nouzové osvětlení historické budovy (HB) – Největší potenciál úspor byl v nouzovém osvětlení historické budovy Národního divadla. Jednalo se o trvale svítící žárovková svítidla (2x15W a 2x25W) s potřebou funkčnosti na střídavé i stejnosměrné napětí. Možností byla kompletní rekonstrukce nouzového osvětlení nebo náhrada světelných zdrojů za efektivnější. Byly instalovány LED zdroje s patičí E14/E27 ve vhodném provedení. Výsledkem je značná úspora větší než 110 MWh/rok.
- Chodby, předsálí a šatny Zítkovy části historické budovy – Osvětlovací soustava se skládá z lustrů, nástěnných a stropních svítidel. Ty byly osazeny žárovkami s prodlouženou životností s příkonem 40, 60 a 100 W. Opatření spočívalo v náhradě za kompaktní zářivky nebo halogenové žárovky s patičí E27. Halogenové žárovky se hodí především do prostor, kde je vyžadován 100% rozsah stmívání.
- Osvětlení hlediště – Hlavní stropní lustr a postranní nástěnná svítidla se žárovkami 100 W. Opatření spočívalo v náhradě za halogenové žárovky.
- Kanceláře provozní budovy – Prostory mají obvyklá rastrová svítidla 4x18 W. Byla kalkulována možnost rekonstrukce osvětlovací soustavy a využitím nových svítidel s efektivnější optickou soustavou, zdroji (zářivky o průměru 16 mm) a řídicím systémem. Opatření pro svou nákladnost nebylo realizováno.
- Osvětlení garáží – V garážích jsou svítidla s kompaktní zářivkou s klasickým indukčním předřadníkem. Opatření spočívalo v instalaci tzv. voltage reduction unit, zařízení snižující napětí.

4. Zhodnocení opatření

Nejefektivnější opatření se stala součástí rozšíření běžícího projektu EPC, k jehož realizaci došlo v průběhu r.2009. Velmi dobrá ekonomika úsporných opatření v osvětlení navíc umožnila uskutečnit další úsporné opatření (instalace druhé fotovoltaické elektrárny na střechu Nové scény), jehož návratnost byla jinak za hranicí trvání projektu EPC.

Protokol o měření osvětlení praktické zkušenosti, nedostatky

Pavel Stupka, Ing.

ZÚ se sídlem v Plzni, Oddělení faktorů prostředí, www.zuplzen.cz, cff@zuplzen.cz

Úvodem

Měření osvětlení vnitřních prostorů a náležitosti protokolu o měření osvětlení v současné době řeší trojice norem:

Norma [1] obsahuje definice a obecně specifikuje základní technické požadavky. Kromě celé řady důležitých informací se v kapitole 4.10 nachází soupis nezbytných náležitostí protokolu o měření.

Norma [2] je věnována měření denního osvětlení. V kapitole 4.14 jsou doplněny a upřesněny povinné informace, které v protokolu o měření denního osvětlení nemají chybět. Příloha A obsahuje dvě přehledné tabulky se souhrnem činností požadovaných při měření a soupisem nutných a doporučených náležitostí obsahu protokolu o měření denního osvětlení.

Norma [3] je v podstatě analogií normy [2], je pouze věnována měření osvětlení umělého. Upřesnění a doplnění povinných informací se tentokrát nachází v kapitole 4.11. V příloze A rovněž nechybí již zmíněné dvě tabulky.

Pozvánka na přednášku

V mém příspěvku, který přednesu na konferenci, se nebudu zabývat samotným měřením světla, ale praktickými zkušenostmi se zpracováváním protokolů o měření (především umělého osvětlení). Budu glosovat jednotlivé povinné náležitosti protokolu, poukáži na některé často se opakující nedostatky v protokolech, které mi prošly rukama.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN 36 0011-1 - Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Základní ustanovení
- [2] ČSN 36 0011-2 - Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Měření denního osvětlení
- [3] ČSN 36 0011-3 - Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Měření umělého osvětlení
- [4] ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- [5] ČSN EN 12464-1/Z1 - Národní příloha k [4] (informativní doplňující ustanovení platná pro ČR)

Měření polohy pomocí digitální fotografie

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

Vysoké učení technické v Brně, FEKT

xskoda05@stud.feec.vutbr.cz, baxant@feec.vutbr.cz

Článek popisuje postup stanovení vzájemných poloh předmětů, jejich vzdáleností mezi nimi a mezi digitálním fotoaparátem. Popisuje práci s metadaty souboru digitální fotografie a vysvětluje princip ostření digitálních zrcadlovek. Rovněž prezentuje výsledky měření vzdáleností pořízených za pomoci nově sestaveného přístroje na půdě ústavu elektroenergetiky „KALIBRAČNÍ CENTIMETRICKÉ TYČE“, která je jedním z výsledků projektu MSM0021630516. Tento funkční vzorek splňuje požadavky metodiky hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených programů č.j.:05440/10-RVV.

Úvod

Snaha hledání úspor energií se přirozeně dotýká i světelné techniky, kde je žádoucí nakládat se světlem vyrobeným převážně z elektrické energie hospodárně a šetrně k životnímu prostředí. Jedním z možných kroků jak vyhovět výše uvedené tezi, je zaměřením se na přesné návrhy osvětlovacích soustav, jakož i pořízení kvalitního souboru dat pro tyto výpočty. Takovým pomocníkem může, a v dnešní době i je, digitální fotoaparát, který vybaven vhodným softwarovým zázemím [1] slouží nejenom k jasové analýze, ale může vhodně sloužit k parametrizaci osvětlované scény po stránce vzájemných vzdáleností mezi objekty.

Souborové formáty dat digitálních fotoaparátů RAW, JPG, TIFF atd, nesou jednak obrazovou informaci fotografované (osvětlené) scény, tak i v tzv. metadatech informaci o nastavení fotoaparátu při pořízení snímku, ze kterých lze získat podklady pro výpočet vzdáleností mezi objekty.

Metadata a EXIF

Slovo metadata, jehož název vznikl z řeckého meta = mezi a latinského data = to, co je dáno, by se dalo volně přeložit jako data o datech, zapsaná s předepsanou strukturou[2]. V digitální fotografii je to struktura podle formátu EXIF (zkratka z anglického Exchangeable image file format), jež navrhla japonská průmyslová asociace JEITA. Ve svém standardu umožňovala verze 2.2 (rok 2002) vyjádřit informaci o barvě v surových datech pomocí 24bitů [3]. To ale od dob, kdy digitální fotoaparáty používají k vyjádření barevné hloubky 36 bitů nestačí, proto se výrobci fotoaparátů rozhodli data kódovat po svém a do současné doby vznikla celá řada formátů, která podstatně snížila průhlednost při dekódování metadat. Tento úkol ale není nemožný a při porozumění problematice, můžeme v celku rychle získat informaci o nastavení ohniskové vzdálenosti, zaostřované vzdálenosti, cloně apod. Současný standard firmy NIKON je k nalezení zde [4]. Příklad dat získaných s EXIFu firmy NIKON je zobrazen níže.

ExifTool Version Number	8.30	Menu Monitor Off Time	20 s
File Name	DSC_0940.JPG	Shooting Info Monitor Off Time	10 s
Directory	c:/Ostreni3	Flash Shutter Speed	1/60 s
File Size	416 kB	Internal Flash	TTL
File Modification Date/Time	2010:09:15 11:55:06+02:0	Manual Flash Output	Full
File Permissions	rw-rw-rw-	Repeating Flash Output	1/32
File Type	JPEG	Repeating Flash Count	10
MIME Type	image/jpeg	Repeating Flash Rate	10 Hz
Exif Byte Order	Big-endian (Motorola, MM)	Flash Warning	Off
Make	NIKON CORPORATION	Commander Internal TTL Comp	0
Camera Model Name	NIKON D90	Modeling Flash	Off
Orientation	Horizontal (normal)	Auto FP	Off
X Resolution	300	Commander Group A TTL Comp	0
Y Resolution	300	Commander Group B TTL Comp	0
Resolution Unit	inches	Live View AF	Wide Area
Software	Ver.1.00	Noise Reduction	Off
Modify Date	2010:09:15 11:55:06	WB RGGB Levels	2848 0 0 0
Y Cb Cr Positioning	Co-sited	Lens Data Version	204
Exposure Time	1/1000	Exit Pupil Position	107.8 mm
F Number	22.0	AF Aperture	5.7
Exposure Program	Manual	Focus Position	0x11
ISO	200	Focus Distance	0.45 m
Exif Version	221	Lens ID Number	158
Date/Time Original	2010:09:15 11:55:06	Lens F Stops	5.33
Create Date	2010:09:15 11:55:06	Min Focal Length	18.3 mm
Components Configuration	Y, Cb, Cr, -	Max Focal Length	106.8 mm
Compressed Bits Per Pixel	4	Max Aperture At Min Focal	3.6
Exposure Compensation	0	Max Aperture At Max Focal	5.7
Max Aperture Value	5.7	MCU Version	160
Metering Mode	Multi-segment	Effective Max Aperture	5.7
Light Source	Cloudy	Retouch History	None
Flash	No Flash	Image Data Size	360002
Focal Length	105.0 mm	Shutter Count	5771
Maker Note Version	2.10	Flash Info Version	103
Quality	Fine	Flash Source	None
White Balance	Cloudy	External Flash Firmware	n/a
Focus Mode	AF-A	External Flash Flags	(none)
Flash Setting	Normal	Flash Commander Mode	Off
Flash Type		Flash Control Mode	Off

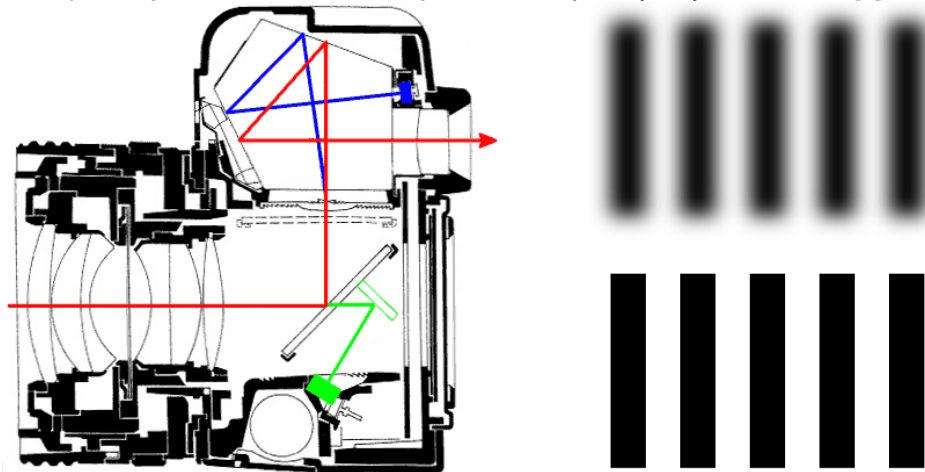
White Balance Fine Tune	0 0	Flash Compensation	0
WB RB Levels	1.91796875 1.1875 1 1	Flash GN Distance	0
Program Shift	0	Flash Color Filter	None
Exposure Difference	-6.2	Flash Group A Control Mode	Off
Compression	JPEG (old-style)	Flash Group B Control Mode	Off
Preview Image Start	10204	Flash Group C Control Mode	Off
Preview Image Length	10210	Flash Group A Compensation	0
Flash Exposure Compensation	0	Flash Group B Compensation	0
ISO Setting	200	Flash Group C Compensation	0
Image Boundary	0 0 4288 2848	Vari Program	
External Flash Exposure Comp	0	Multi Exposure Version	100
Flash Exposure Bracket Value	0.0	Multi Exposure Mode	Off
Exposure Bracket Value	0	Multi Exposure Shots	0
Crop Hi Speed	Off (4352x2868 cropped to 4352x2868 at pixel 0,0)	Multi Exposure Auto Gain	Off
Exposure Tuning	0	High ISO Noise Reduction	Off
Serial Number	6244047	Power Up Time	2010:09:15 11:20:27
VR Info Version	100	AF Info 2 Version	100
Vibration Reduction	On	Contrast Detect AF	Off
Active D-Lighting	Auto	AF Area Mode	Single Area
Picture Control Version	100	Phase Detect AF	On (11-point)
Picture Control Name	Standard	Primary AF Point	Center
Picture Control Base	Standard	AF Points Used	Center
Picture Control Adjust	Default Settings	Contrast Detect AF In Focus	No
Picture Control Quick Adjust	Normal	File Info Version	100
Brightness	Normal	Directory Number	100
Hue Adjustment	None	File Number	940
Filter Effect	n/a	User Comment	
Toning Effect	n/a	Sub Sec Time	0
Toning Saturation	n/a	Sub Sec Time Original	0
Timezone	+01:00	Sub Sec Time Digitized	0
Daylight Savings	No	Flashpix Version	100
Date Display Format	Y/M/D	Color Space	sRGB
ISO Expansion	Off	Exif Image Width	4288
ISO Expansion 2	Off	Exif Image Height	2848
Lens Type	G VR	Interoperability Index	R98 - DCF basic file (sRGB)
Lens	18-105mm f/3.5-5.6	Interoperability Version	100
Flash Mode	Did Not Fire	Sensing Method	One-chip color area
Shooting Mode	IR Control	File Source	Digital Camera
Shot Info Version	213	Scene Type	Directly photographed
Firmware Version	1.00	CFA Pattern	[Green,Blue][Red,Green]
ISO2	200	Custom Rendered	Normal
Light Switch	LCD Backlight	Exposure Mode	Manual
AF Area Mode Setting	Single Area	Digital Zoom Ratio	1
Center Focus Point	Normal Zone	Focal Length In 35mm Format	157 mm
AF Assist	On	Scene Capture Type	Standard
AF Point Illumination	Auto	Gain Control	None
Focus Point Wrap	No Wrap	Contrast	Normal
AE Lock For MB-D80	AE/AF Lock	Saturation	Normal
MB-D80 Battery Type	LR6 (AA alkaline)	Sharpness	Normal
Beep	On	Subject Distance Range	Unknown
Grid Display	Off	GPS Version ID	2.2.0.0
ISO Display	Show Frame Count	Thumbnail Offset	20572
Viewfinder Warning	On	Thumbnail Length	2906
No Memory Card	Release Locked	Image Width	4288
Screen Tips	On	Image Height	2848
File Number Sequence	Off	Encoding Process	Baseline DCT, Huffman coding
Shooting Info Display	Auto	Bits Per Sample	8
LCD Illumination	On	Color Components	3
Easy Exposure Comp	Off	Y Cb Cr Sub Sampling	YCbCr4:2:2 (2 1)
Reverse Indicators	0	Aperture	22.0
Exposure Control Step Size	1/3 EV	Auto Focus	On
Center Weighted Area Size	8 mm	Blue Balance	1.1875
Fine Tune Opt Matrix Metering	0	Image Size	4288x2848
Fine Tune Opt Center Weighted	0	Lens ID	AF-S DX VR Zoom-Nikkor 18-105mm f/3.5-5.6G ED
Fine Tune Opt Spot Metering	0	Lens	18-105mm f/3.5-5.6 G VR
CL Mode Shooting Speed	4 fps	Preview Image	(Binary data 10210 bytes, use -b option to extract)
Exposure Delay Mode	Off	Red Balance	1.917969
Auto Bracket Set	AE & Flash	Scale Factor To 35 mm Equivalent	1.5
Auto Bracket Order	0,-,+	Shutter Speed	1/1000
Func Button	FV Lock	Create Date	2010:09:15 11:55:06
OK Button	Select Center Focus Point	Date/Time Original	2010:09:15 11:55:06
AE Lock Button	AE/AF Lock	Modify Date	2010:09:15 11:55:06
Command Dials Reverse Rotation	No	Thumbnail Image	(Binary data 2906 bytes, use -b option to extract)
Shutter Release Button AE-L	Off	Circle Of Confusion	0.020 mm
Metering Time	6 s	Depth Of Field	0.01 m (0.44 - 0.45)
Remote On Duration	1 min	Field Of View	10.0 deg (0.08 m)
Self Timer Time	2 s	Focal Length	105.0 mm (35 mm equivalent: 157.0 mm)
Self Timer Shot Count	1	Hyperfocal Distance	24.94 m
Playback Monitor Off Time	10 s	Light Value	40438
Image Review Time	4 s		

• Tabulka: Vypis metadat ze snimku pořízeného fotoaparátem NIKON D90

Z tabulky lze odečíst, že se překvapivě v metadatech obrázku nachází obrovské množství dat o nastavení fotoaparátu. Pro náš případ bude stačit znát jen část. Jsou to především informace o ohniskové vzdálenosti, cloně a zaostřené vzdálenosti (Focus distance). Podmínkou k oprávněnému využití dat ze souboru, je správné zaostření na daný objekt. Takže pro přibližné určení vzdálenosti objektu od fotoaparátu je zapotřebí pro lepší výpočet ostřit na středovou značku v hledáčku. Je lhostejné, jestli pro ostření použijeme automatiku (tzv. AF – autofocus) či budeme ostřit manuálně. Obě varianty mají své výhody a nevýhody.

Automatické ostření (AF – Autofocus)

V převážné většině se v dnešních digitálních fotoaparátech používá pasivní zaostřovací systém. Aktivní využíval principu radaru, kdy byl k ostřenému objektu vyslán ultrazvukový či infračervený signál a po jeho odražení směrem fotoaparátu byla vypočtena ze zpoždění vzdálenost, na kterou se mělo ostřit. Jako první s tímto systémem přišla v roce 1986 firma Polaroid [5]. Nevýhoda tohoto systému spočívala v nemožnosti zaostření přes sklo či pletivo. Proto se v dnešní době využívá pasivní ostření, kdy se s ostřicími čočkami hýbe tak dlouho, až se dosáhne nejlepšího zaostření. Při použití tohoto systému je v digitálních zrcadlovkách využíváno ostřících CCD snímačů, které se snaží vyhodnotit nejostřejší hranu objektu. Tyto snímače bývají záměrně malé, aby se dosáhlo co největší rychlosti při zpracování ostřicího algoritmu. Proto je ostření při použití „živého náhledu“ nebo v kompaktních fotoaparátech pomalejší, neboť se data načítají z velkého čipu s vysokým rozlišením [5].



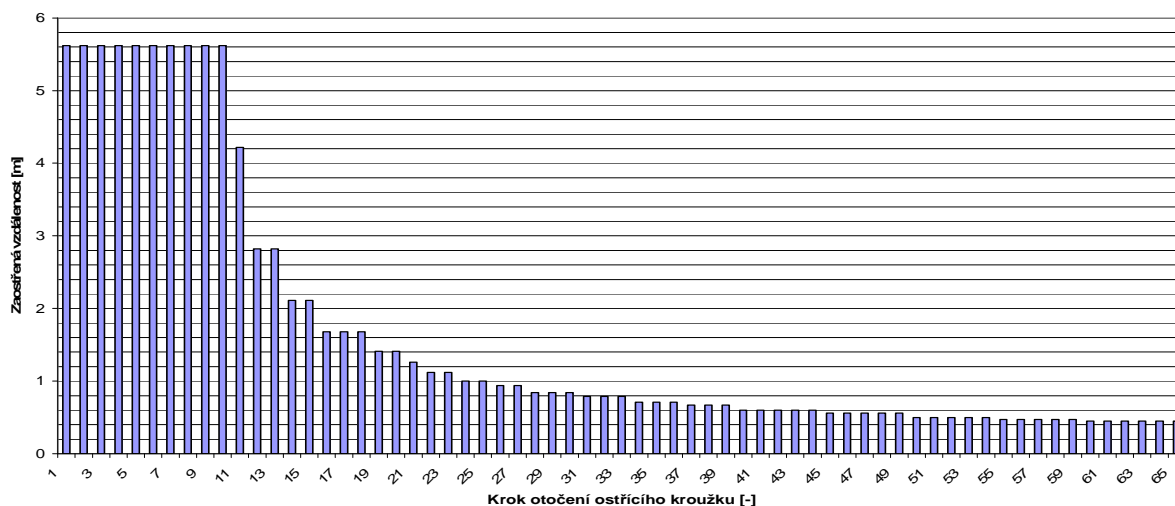
• obrázek 28 Umístění CCD ostřících snímačů v těle digitální zrcadlovky s dopadem paprsků (zelená barva) a princip jejich ostření [5]

Z předcházejícího výkladu je zřejmé, že fotograf musí zajistit, aby ostřený objekt resp. jeho hrana padla do ostřicí oblasti (AF points). I zde se dají nalézt určité nevýhody. Především automatika selhává při nepřítomnosti hran v objektu (bílý strop, papír apod.) a dále pak při špatných světelných podmínkách, kdy CCD senzor ztrácí možnost vyhodnocovat kontrast. Zde se dá v omezené míře použít manuální ostření [5].

Vzdálenost fotoaparátu od objektu

Jak již bylo popsáno výše, lze při dobrém zaostření přečíst z metadat vzdálenost objektu od fotoaparátu. Zde je ale nutno podotknout, že objektiv musí tělu fotoaparátu předat informaci o poloze zaostřovacích čoček, viz. [6] pro NIKON. Rovněž, je dobré poznamenat, že informace z EXIFu jsou pouze orientační, neboť objektiv předává informaci o zaostření nespojitě.

Zobrazení nespojitě informace o ostření

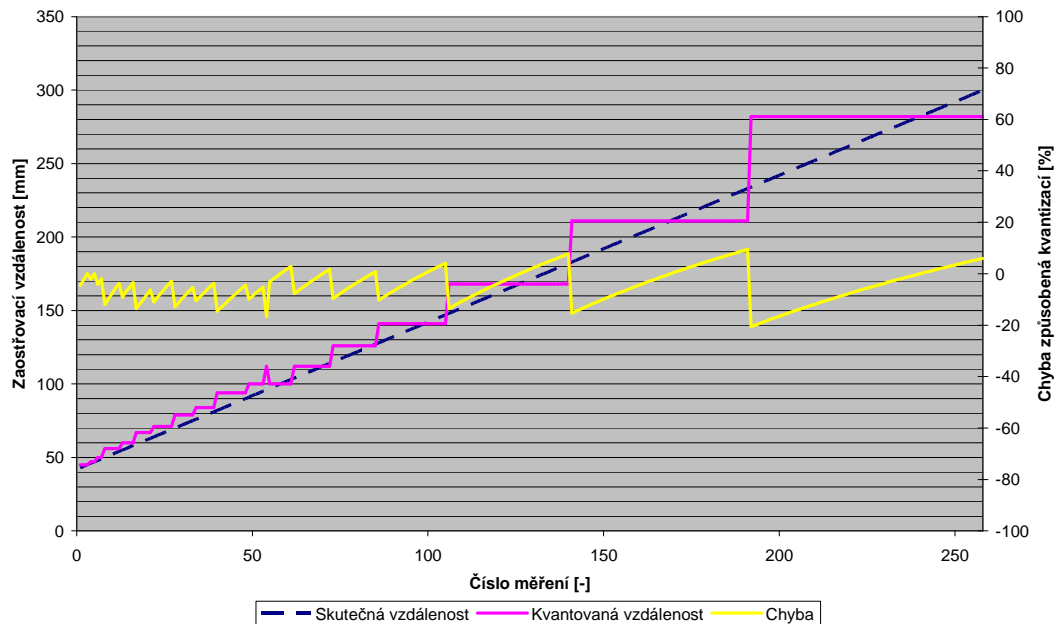


• obrázek 29 Zobrazení nespojitě informace o ostření

Při ověřování tohoto tvrzení byl použit typický setový objektiv NIKKOR 18-105, kdy se otočení ostříčícího kroužku od obou krajních poloh rozdělilo na 65 stejných úseků a porovnávala se mezi nimi informace o zaostřené vzdálenosti z EXIFu, viz obrázek 2.

Dále bylo prováděno měření, kdy se fotoaparát umísťoval do vzdáleností od 3-0,43m od foceného objektu a zkoumala se chyba spojená s kvantováním zaostřené vzdálenosti. Jako focený objekt byla použita „KALIBRAČNÍ CENTIMETRICKÁ TYČ“, která má přesně vzdáleny referenční body po 1cm.

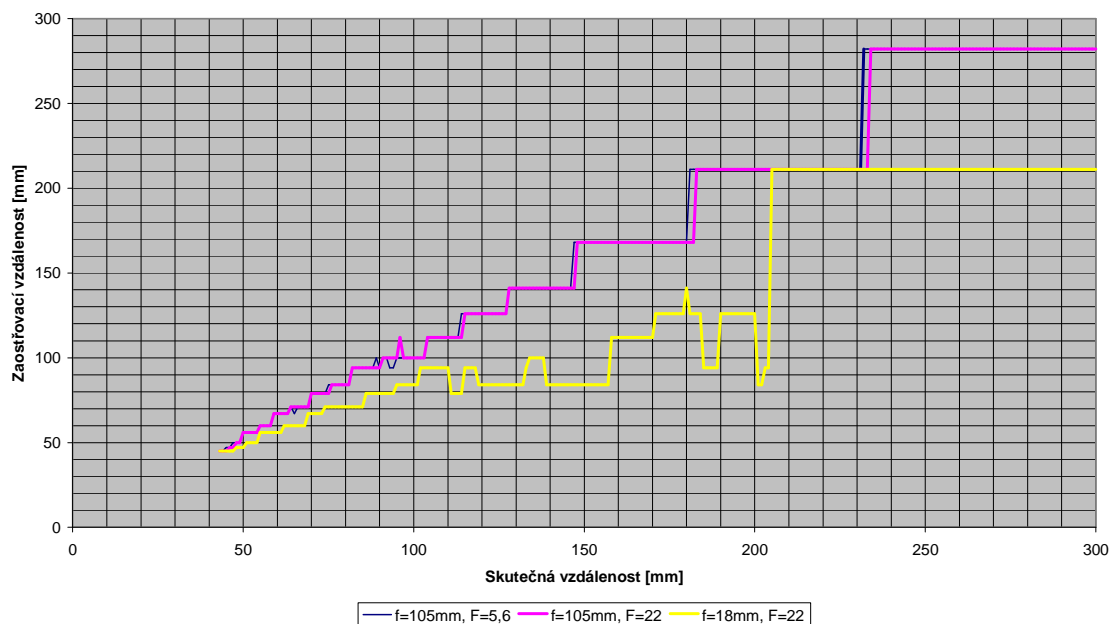
Kvantizace zaostřovací vzdálenosti



• obrázek 30 Kvantizace zaostřovací vzdálenosti

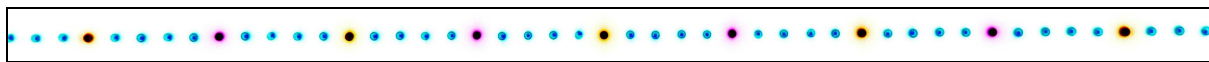
Z obrázku 3 lze odečíst, že největší chyby se dopouštíme při větších vzdálenostech od fotoaparátu, neboť jak je v souladu s obrázkem 2 je v těchto vzdálenostech informace o zaostřené vzdálenosti řidší. Z toho plyne, že přesnějších výsledků dosáhneme pro krátké zaostřovací vzdálenosti. Na dalším obrázku je vyobrazen průběh zaostřovací vzdálenosti v závislosti na skutečné vzdálenosti, pro různé nastavení objektivu.

Závislost zaostřovací vzdálenosti na skutečné vzdálenosti

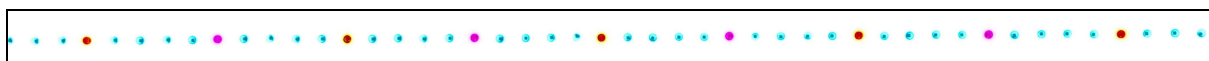


• obrázek 31 Závislost zaostřovací vzdálenosti na skutečné vzdálenosti

Z tohoto obrázku vyplývá, že ostření je nezávislé na nastavení clony, což je v souladu s principem automatického ostření, neboť to probíhá ještě před sklopením zrcátka viz obrázek 1. Dále by mělo být ostření nezávislé na nastavení ohniskové vzdálenosti f , ačkoliv z obrázku 3 lze usoudit pravý opak. Ve skutečnosti je ostření nezávislé na ohniskové vzdálenosti. Na obrázku je zaznamenán průběh pro $f=18\text{mm}$ a $F=22$ (f -ohnisková vzdálenost, F -clonové číslo), který se značně odlišuje od předcházejících dvou případů. To je způsobeno tím, že pro tento případ nebyly pro měření zajištěny dostatečné světelné podmínky a došlo tak ke zmatení ostřicí automatiky, viz kapitola Automatické ostření (AF-Autofokus). Pro bližší pochopení popsané problematiky jsou na obrázcích 5, 6 a 7 uvedeny výřezy fotografií pro jednotlivé případy pořízené ze vzdálenosti 2m (pro lepší viditelnost jsou barvy invertované).



• obrázek 32 Příklad pro $f=105\text{mm}$, $F=5,6$



• obrázek 33 Příklad pro $f=105\text{mm}$, $F=22$

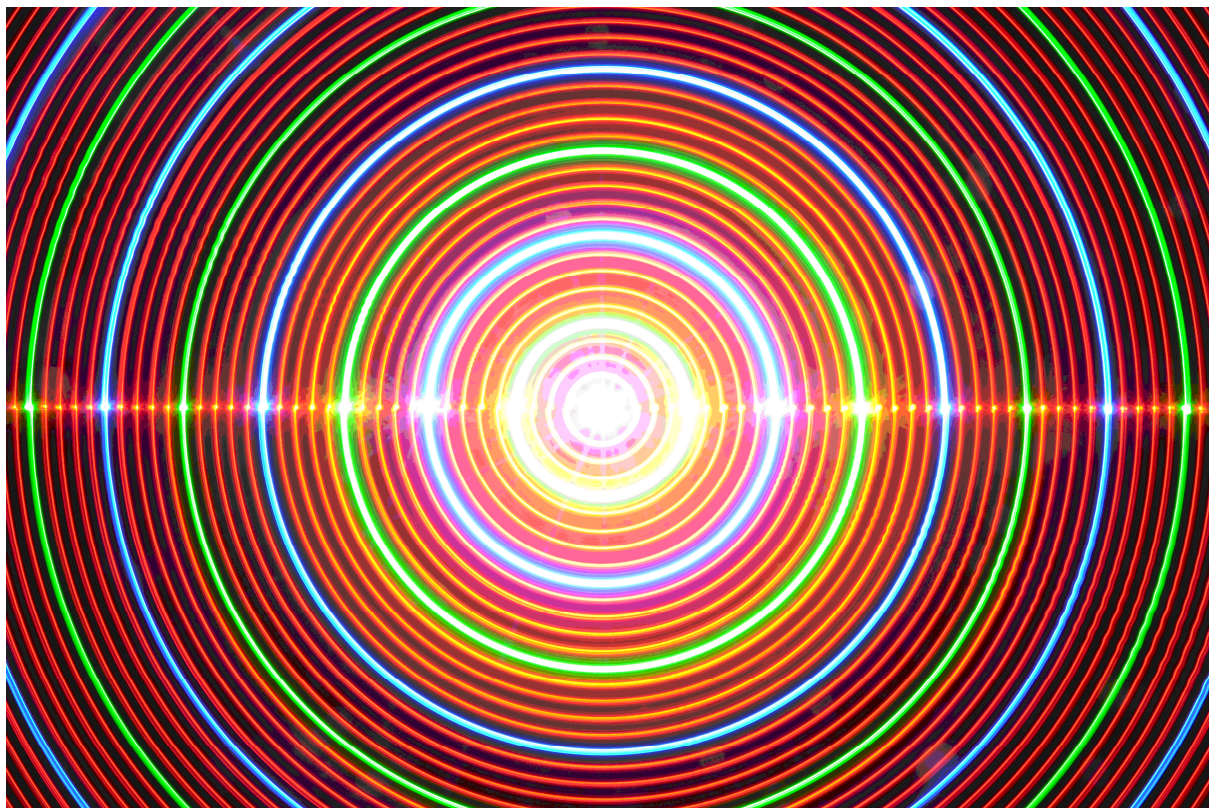


• obrázek 34 Příklad pro $f=18\text{mm}$, $F=22$

Z předběžné analýzy ze série fotografií lze předpokládat, že ostřicí automatika neostří rovněž spojitě, ale právě do míst kde je podle obrázku 3 nulová odchylka (ostří také po krocích).

Stanovení vzájemného úhlu mezi dvěma body

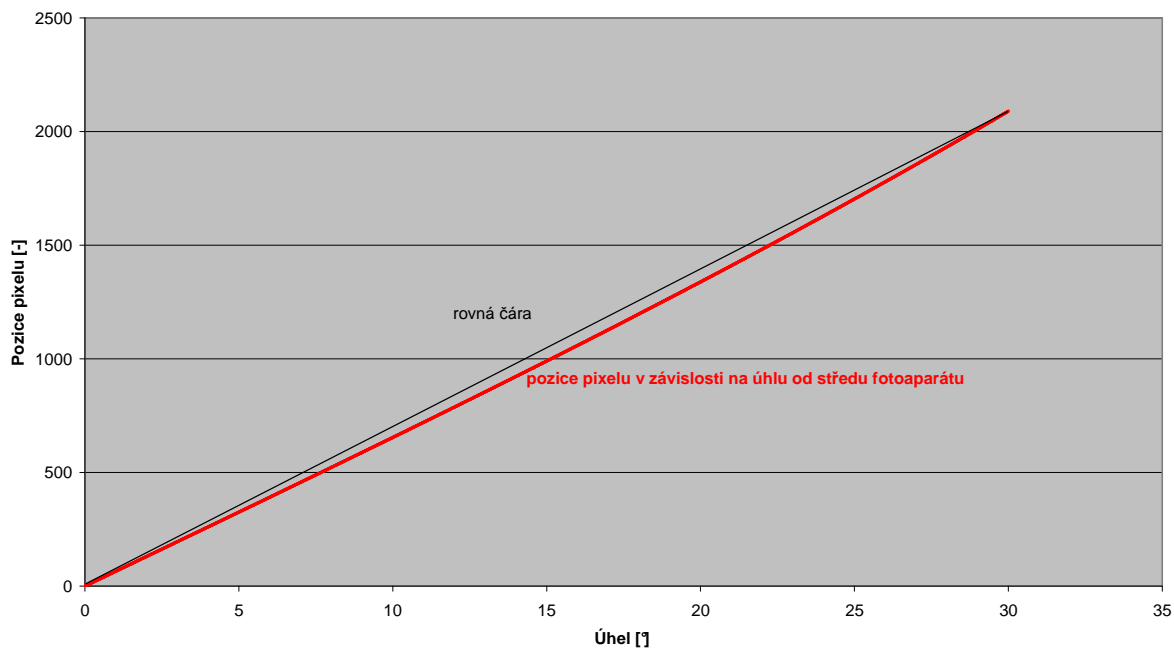
K určení správného úhlu mezi dvěma body musí být objektiv správně kalibrován a neměl by vykazovat žádnou abnormální vadu, např. „šišatění obrazu“. Proto byl náš objektiv otestován pomocí „KALIBRAČNÍ CENTIMETRICKÉ TYČE“ na kruhovou symetrii objektivu, viz obrázek 8.



• obrázek 35 Testování objektivu na kruhovou symetrii

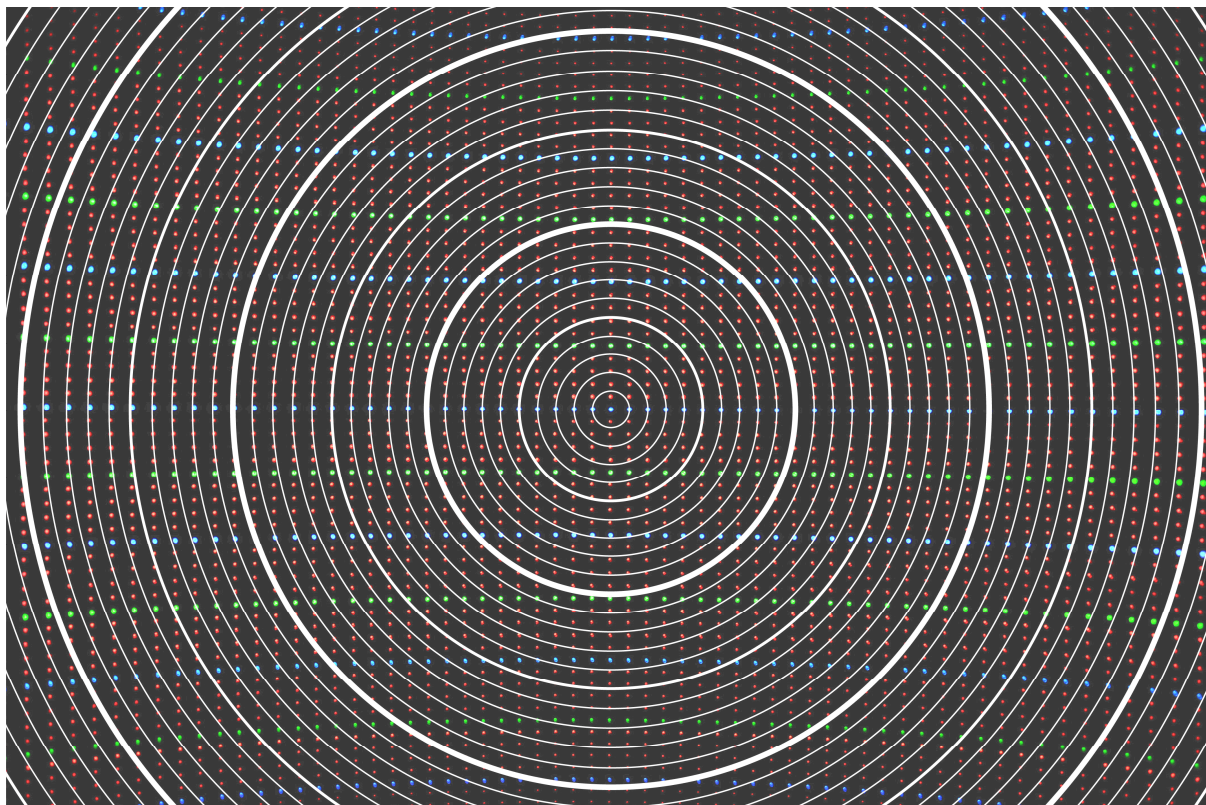
Zde objektiv nevykazoval žádnou anomálii, proto lze u něj předpokládat použitelnost k dalšímu měření. Pro určení úhlu dopadu paprsku do objektivu je ještě zapotřebí zjistit závislost mezi úhlem dopadu paprsku a pozicí pixelu na snímači potažmo v digitální fotografii. Ta není lineární, jak dokazuje obrázek 9.

Pozice pixelu v závislosti na úhlu od středu objektivu



• obrázek 36 Závislost pozice pixelu na úhlu dopadu paprsku od středu objektivu.

Pomocí „KALIBRAČNÍ CENTIMETRICKÉ TYČE“ lze provést přesnou kalibraci objektivu na úhly dopadů paprsku viz obrázek 10.



• obrázek 37 Určení úhlu dopadu paprsku z digitální fotografie (případ pro 1°).

Pokud bychom chtěli dosáhnout přesnějších výsledků při určování úhlu dopadu paprsku do objektivu, museli bychom počítat i s bodem zaostření (viz výše), který ovlivňuje přirozeně i lehce ohniskovou vzdálenost a tím pádem i zorný úhel. Na tomto problému se v současné době intenzivně pracuje a v nejbližší době lze očekávat přesnější výsledky. Ty přispějí k věrnějšímu stanovení například čar svítivosti pomocí digitálního fotoaparátu. Níže je pro kompletnost uveden náhled „KALIBRAČNÍ CENTIMETRICKÁ TYČ“, obrázek 11.



• obrázek 38 „KALIBRAČNÍ CENTIMETRICKÁ TYČ“

Závěr

Použití digitálního fotoaparátu ve fotometrii přináší dozajista nový způsob měření do této oblasti. Jeho správné nakalibrování může významnou měrou přispět ke zpřesnění dat užívaných při návrhu osvětlovacích soustav. Díky tomu lze osvětlovací soustavy navrhovat přesněji a šetrněji k životnímu prostředí. Déle pak lze pomocí digitálního fotoaparátu kontrolovat a hodnotit již stávající osvětlovací soustavy. Zautomatizování každého kroku nesporně vede k rychlejší a efektivnější práci. Proto, pokud budeme schopni pomocí dnes už běžně užívaného digitálního fotoaparátu stanovit rozměry, vzdálenosti a vzájemnou polohu snímaných objektů, přispěje to k efektivnosti práce a v konečném důsledku i k nižší spotřebě energie.

Měření vzdálenosti pomocí digitální fotografie ovlivňuje mnoho aspektů (kvalita objektivu, správné ostření, při stanovení úhlů i ohnisková vzdálenost), které je zapotřebí znát a zvládnout. Tato problematika není jednoduchá, ale je z výsledků dosavadního bádání zvládnutelná.

Poděkování

V článku byl představen funkční vzorek „KALIBRAČNÍ CENTIMETRICKÁ TYČ“, jež je jedním z výsledků projektu MSM0021630516. Rovněž celý článek vnikl za podpory tohoto projektu financovaného z prostředků ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy.

Literatura a odkazy

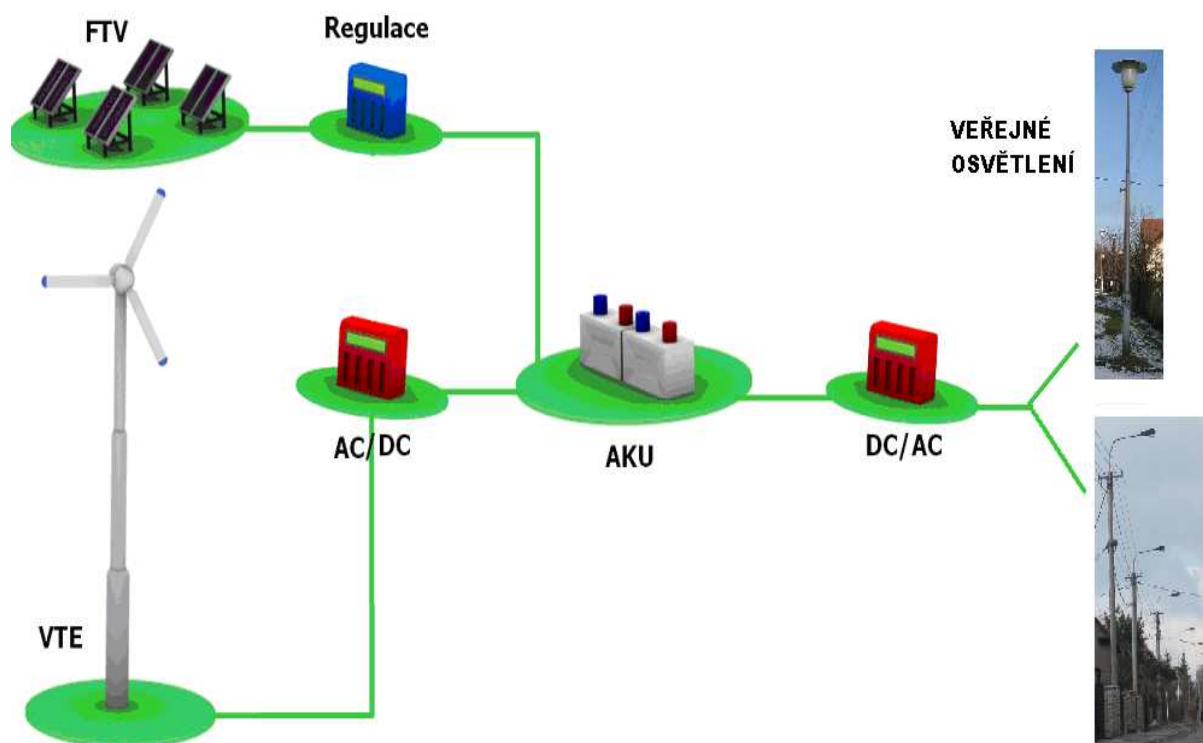
- [1] BAXANT, Petr. LumiDISP : jasová analýza pomocí digitální fotografie [online]. c2004 [cit. 2008-09-21]. Dostupný z WWW: <www.lumidisp.eu>.
- [2] Metadata [online]. 2010, 30.4.2010 [cit. 2010-09-22]. Wikipedia, otevřená encyklopedie. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Metadata>>.
- [3] Exif [online]. 2010, 11.6.2010 [cit. 2010-09-22]. Wikipedia, otevřená encyklopedie. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Exif>>.
- [4] Nikon Tags [online]. 2010, 16.9.2010 [cit. 2010-09-22]. Nikon LensData. Dostupné z WWW: <<http://owl.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/TagNames/Nikon.html#LensData01>>.
- [5] PIHAN, Roman. Digimánie [online]. 2008, 15.10.2008 [cit. 2010-09-22]. Digitální zrcadlovky na cestě časem - 3. díl. Dostupné z WWW: <http://www.digimanie.cz/art_doc-CEBAE6DE9EFBDB8DC12574E20031B823.html>. ISSN 1214-2190.
- [6] Nikon [online]. 1997/2007 [cit. 2010-09-22]. Objektivy Nikkor. Dostupné z WWW: <<http://www.nikon.cz/tmp/CZ/2419865273/3760176746/2391246626/34910176/2824971629/1937168551/4208907298/551967397/2252792677/4141789621/600503304.pdf>>.

Hybridní systém napájení veřejného osvětlení v menších obcích

Jaroslav Šnobl, Ing., František Dostál, Ing.,
Daniel Diviš, Ing., Stanislav Mišák, doc.Ing. Ph.D.
VŠB-TU Ostrava

Úvod

V rámci projektu SGS 4100021 řešeného v tomto roce na VŠB-TU Ostrava se realizujeme hybridní systém využívající obnovitelné zdroje energie (fotovoltaika a větrná elektrárna). Tyto zdroje se aplikují na napájení domácnosti o definované spotřebě. Soustava je tvořena větrnou elektrárnou o výkonu 12kW a solárními panely o výkonu cca 2kWp. Koncepte hybridního systému pro napájení veřejného osvětlení v malých obcích vychází z navrženého modelu realizovaného na VŠB-TU Ostrava. Cílem je modifikovat tento systém tak, aby dokázal zásobovat elektrickou energií veřejné osvětlení malé obce. Abychom mohli využít tento systém celoročně, musí být navržen na provoz v zimních měsících, kdy veřejné osvětlení spotřebovává elektrickou energii až 16 hodin denně.



Statistické údaje o spotřebě

Údaje o spotřebě elektrické energie byly získány rozsáhlým průzkumem měst a obcí v rámci České republiky. Obdržená data byla statisticky zpracována a vyhodnocena. Výsledky pro malé a střední obce jsou v následující tabulce *Tab. 1*.

velikost obce	spotřeba el. energie na 1 SM	spotřeba el. energie na 1 obyvatele	instalovaný příkon na 1 světelné místo	instalovaný příkon na obyvatele	počet světelných míst na 100 obyvatel
-	kWh/SM	kWh/obyvatele	W/SM	W/obyvatele	SM/100obyvatel
< 500	329	57	78	14	17
500 - 1000	320	49	76	12	14
1000 - 5000	377	56	90	13	13

1. Tabulka 1. Statistické údaje o spotřebě elektrické energie pro male a střední obce

Z hodnot uvedených v Tab.1 vyjádříme průměrný počet světelných míst a průměrný instalovaný příkon pro veřejné osvětlení. Z tabulky vyplývá, že s rostoucím počtem obyvatel obce nám klesá počet světelných míst.

velikost obce	počet světelných míst na 100 obyvatel	průměrný počet SM	průměrný instalovaný příkon VO obce
-	SM/100obyvatel	ks	kW
< 500	17	85	6,63
500 - 1000	14	140	10,64
1000 - 5000	13	650	58,5

2. Tabulka 2. Vypočítané údaje pro veřejné osvětlení

Návrh hybridního systému pro napájení VO obce

S ohledem na možnou realizaci a investiční náklady uvažujeme pro výpočet, obci ve které žije 500 a méně obyvatel. U této kategorie obcí je průměrný instalovaný příkon na světelné místo 78W, počítáme s 85 světelnými místy veřejného osvětlení. Dostáváme tím instalovaný příkon veřejného osvětlení obce 6,63kW. Odběr energie z akumulátorových baterií je dimenzován na dvou denní provoz po 16 hodinách (zimní období) bez dobíjení. Spotřeba po tuto dobu je pak 212kWh.

Jednotlivé části systému	Parametry	Odhad ceny	Počet kusů	Celkem
AKU baterie gelová	12V/200Ah FG12-200G	14 000 Kč	88	1 232 000 Kč
Fotovoltaické panely	polykrystalické, 210Wp	13 000 Kč	29	377 000 Kč
Větrná elektrárna	12kW	1 500 000 Kč	2	3 000 000 Kč
Střídač	do 25kW	300 000 Kč	1	300 000 Kč
Usměrňovač	do 25kW	70 000 Kč	1	70 000 Kč
Regulátor	na 6kW	50 000 Kč	3	150 000 Kč
Hrubý odhad ceny				5 129 000 Kč

3. Tabulka 3. Parametry a ceny hybridního systému

Tento systém slouží pro ilustraci cenových nákladů takového prototypu a má za úkol zamyslet se zda je výhodnější použít kabelovou přípojku ze vzdálené rozvodné soustavy nebo vybudovat třeba takovýto místní hybridní ostrovní systém. V obou případech se počítá s tím, že veřejné osvětlení se nově buduje nebo dojde k jeho kompletní rekonstrukci. Cena samotného veřejného osvětlení zde není uvažována. Dále provedeme výpočet a vzájemné porovnání s variantou vzdálené přípojky a spotřebou elektrické energie pro napájení po dobu 20 let, což je doba života našeho hybridního systému.

Parametr	Cena
Cena kabelu CYKY 3x2,5	20 Kč/m
Výkopové práce	340 Kč/m
Spotřeba elektřiny po dobu 20 let (tarif C62d pro VO)	691400 Kč

4. Tabulka 4. Parametry a ceny elektrické přípojky

Pro představu porovnáme různé délky napájecí přípojky s cenou hybridního systému. V následující tabulce můžeme vidět, že hybridní systém se vyplatí za podmínek, kdy délka napájecí přípojky s přírodním kabelem přesáhne 5km. Ve výpočtu jsou uvažovány standardní sazby elektřiny pro veřejné osvětlení pro rok 2010, které jsou ponechány fixní po 20 let.

Délka trasy	Cena včetně platby za spotřebu po 20 let
500m	861 400 Kč
1000m	1 031 400 Kč
5000m	5 157 000 Kč
10000m	10 314 000 Kč

5. Tabulka 5. Ceny elektrické přípojky pro různé vzdálenosti

Závěr

Tento příspěvek ukazuje teoreticky možné řešení samostatného napájecího systému pro veřejné osvětlení. Porovnává dvě různé možnosti jak danou lokalitu napájet a zásobovat ji tak elektrickou energií. Uvádí hrubý odhad nákladů na výstavbu elektrické přípojky a náklady na vybudování ostrovního hybridního systému. Z výsledků vyplývá, že pokud délka přípojky přesáhne 5 km, investiční náklady na tyto projekty se rovnají. Bereme-li však v úvahu životnost hybridního systému 20 let a životnost přípojky (kabelu) 40 let je potom vybudování přípojky z délkou 5 km z ekonomického hlediska daleko výhodnější. Pro přípojky se vzdáleností větší než 10 km je však výhodnější instalovat ostrovní hybridní systém.

Tato aplikace se dá použít zejména pro špatně přístupné oblasti s takovým terénem, kde by se výkopové práce značně prodražili s ohledem na typ podloží a značně odlehlé oblasti, tzn. odlehlá dálniční parkoviště a odpočívadla, horské chatové oblasti, vesnice či farmy.

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SP/201073, “Využití hybridních obnovitelných zdrojů elektrické energie”

Literatura a odkazy

- [1] Mišák, S., Prokop, L.: Analýza technických a ekonomických parametrů hybridních systémů. In 11th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2010; (EPE 2010), 2010.
- [2] Novák T., Mišák S., Sokanský, K.: Využití obnovitelných zdrojů energie k napájení svítidel veřejného osvětlení. In 11th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2010; (EPE 2010), 2010.

Indukční osvětlení

Miroslav Tyrpa

BRACE s.r.o. Bořivojova 878/35, Praha 3, 130 00, www.lvdosvetleni.cz

Úvod

Stále častěji se objevují požadavky na regulaci osvětlovacích soustav ať již u veřejného osvětlení, či osvětlovacích soustav v různých podnicích, skladech, sportovištích apod., jejichž cílem je úspora elektrické energie zejména v době, kdy není potřeba 100 % osvětlení. Systémy stmívání často ignorují skutečné potřeby a následky mohou vést k ohrožení zdraví nebo i života. S ohledem na jejich složitost a provozní náklady nejsou úspory těchto systémů takové jakých by jejich uživatelé chtěli dosáhnout. Možnost častého spínání či ovládání pohybovým čidlem nelze u běžných vysokotlakých výbojkových světelných zdrojů využít.

Dosavadní stav

V současné době jsou nejběžnější halogenidové výbojky s měrným výkonem kolem 80 – 100 lm/W, s fyzickou životností 10 000 – 15 000 hodin a indexem podání barev Ra v rozmezí 65 – 82. U vysokotlakých sodíkových výbojek je měrný výkon 90 – 110 lm/W, s životností v rozpětí 16 000 – 25 000 hodin a indexem podání barev Ra 25. V těchto příkladech jsou uvedeny především nejrozšířenější světelné zdroje halogenidové, užívané ve výrobních závodech kde je požadováno kvalitnější osvětlení, případně sodíkové, ve veřejném osvětlení.

Nové řešení

Původně jde o systém Pana Tesly, který však využívá současné technologie. Indukční výbojky pracují na principu vysokofrekvenčního elektromagnetického pole, jenž v trubici výbojky naplněné směsí plynů zažehne výboj. K tomu není potřeba aby v trubici výbojky byly jakékoli elektrody nebo žhavicí vlákna. Tento výboj je zajištěn pomocí elektronického předřadníku, cívek umístěných vně trubice a směsi plynů v trubici. V trubici naplněné směsí plynů vznikne výboj, který vytváří UV záření. To se pak průchodem přes luminofor mění na viditelné záření. Pracovní kmitočet indukčních výbojek LVD je 210 kHz. Díky minimálním výkyvům uvedené pracovní frekvence předřadníku, nevznikají žádné rušivé interference emitované zpět do elektrické sítě.

Indukční výbojky LVD jsou vyráběné ve 3 základních provedeních

- Kompaktní provedení



Vyrábí se se závitem E 27 nebo E 40. Tento typ již obsahuje elektronický předřadník, a tak se může použít do těles s uvedenými závity. Nepotřebují žádné jiné zařízení v tělese. Uplatnění nacházejí mimo jiné také v domácnostech, bodových svítidlech, svítidlech umístěných do chodníku apod. Jejich životnost je 60 000 hodin, a záruka je 3 roky.

- Separované provedení



Jedná se o výbojky kruhového resp. obdélníkového tvaru. Jejich elektronický předřadník je umístěn zvlášť, v osvětlovacím tělese.

Kruhové provedení se nejčastěji používá pro kruhové reflektory, halová závěsná tělesa, případně pro jiné komerční osvětlení jak vnější, tak i vnitřní.

Obdélníkové provedení nalézá největší uplatnění v symetrických či asymetrických reflektorech, veřejném osvětlení, tunelových tělesech apod.

Kromě tvaru, mají tyto dva typy výbojek stejné vlastnosti. Jejich životnost je 100 000 hodin a záruka 5 let. Díky této životnosti, která je až 10 x delší než u jiných běžných světelných zdrojů, lze náklady na údržbu minimalizovat.

Vlastnosti indukčních výbojek LVD

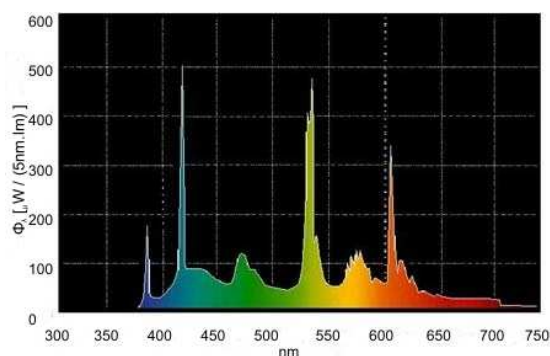
Všechny tři základní typy mají další společné vlastnosti. Jejich doba náběhu na jmenovitý světelný tok je 20 vteřin. U nižších příkonů je doba náběhu kratší. Měrný světelný výkon je 96 lm/W. Počáteční světelný tok ihned po startu je však velmi vysoký. Jejich světelný tok je možno regulovat skokově na 30, 50 a 70% jmenovitého světelného toku, vyjma závitových provedení. Stejně jsou i úspory el. energie.

Další nedostižnou výhodou je, že tyto zdroje lze vypnout a okamžitě opět zapnout a to bez jakéhokoli dalšího zařízení. Nepotřebují zchladnout a poté opět nažhavit. Časté spínání jim nezkracuje životnost a ani neovlivňuje pokles svítivosti. Mohou tedy být ovládány např. čidlem pohybu. Při této aplikaci paradoxně tedy dosahujeme delší životnosti výbojky, oproti jiným zdrojům světla.

Také jejich úbytek svítivosti je nízký, pouhých 5 % po 2000 hod. Tím se maximálně sblížila doba praktické použitelnosti výbojky s její fyzickou dobou života. Není tedy potřeba provádět tak často preventivní výměnu výbojek a tím lze ušetřit nemalé investice.

Indukční výbojky LVD fungují v širokém rozmezí napětí v síti. Například v provedení 230 V pracují v rozmezí 175 – 265 V. Vyrábějí se rovněž v provedení 12 a 24 V, např. pro solární systémy, nouzové osvětlení apod. Tyto výbojky nemají při startu zvýšený odběr elektrické energie. To je nesporná výhoda pro elektrickou síť, navíc mají nízké rušení sítě.

K dalším výhodám patří např. velmi dobré barevné podání Ra činí až 85. Veškeré typy výbojek jsou k dostání v těchto náhr. teplotách chromatičnosti: 2 700 K, 3 500 K, 4 000 K, 5 000 K a 6 500 K. Rozmezí vyráběných příkonů je od 23 W do 300 W. Na obrázku je uveden příklad spektra indukční výbojky LVD, $T_e = 5000$ K, $R_a = 85$.



Důležitá je také absence stroboskopického efektu a spolehlivé sepnutí až do teploty -35°C . Díky těmto vlastnostem lze tyto zdroje použít pro veřejné osvětlení, u rotačních strojů, pro jemnou práci vyžadující kvalitní osvětlení či rozeznání barev apod. Díky nízkému zatěžování okolí teplotou je jejich použití velmi vhodné také tam, kde se musí prostory chladit, např. masný průmysl, sklady potravin apod. Tyto výbojky mají povrchovou teplotu od 38°C do 85°C . Díky této výhodě v podstatě nemůže dojít k požáru, nebo úrazu popálením a to ani při rozbití výbojky, kdy nehrozí ani úraz el. proudem.

Světelné výsledky z praxe.

V několika podnicích bylo nahrazeno halové závěsné těleso s halogenidovou výbojkou o příkonu 400 W (těleso celkem 475 W), halovým závěsným tělesem LVD s indukční výbojkou o příkonu 200 W (těleso celkem 212 W) se stejnými světelnými výsledky.



Aplikace LVD osvětlení ve výrobním podniku. výška závěsu 7m, 350 Lx



těleso aplikované ve výrobním podniku s výbojkou 200 W / 5000 K

V jiném případě bylo pro osvětlení přechodu pro chodce použito těleso se 120 W indukční výbojkou na místo 250 W halogenidové výbojky. Výsledek je velmi dobrý. Uvedený reflektor je navíc v době od 23:00 do 5:00 hodin ovládán pohybovým čidlem, takže úspory na této aplikaci jsou značné.

Další aplikace indukčních výbojek je ve veřejném osvětlení, kde 40 W výbojka (celková spotřeba svítidla 45 W) nahradila 70 W sodíkovou výbojku (celková spotřeba svítidla 85 W). Při aplikaci indukčních výbojek ve veřejném osvětlení je jejich životnost téměř 24 let (4 200 hodin svícení / rok). S ohledem na již uvedenou nízkou pracovní teplotu rovněž i tělesa určená pro indukční výbojky, zvláště jejich optika, mají velmi dlouhou životnost. Výčet jejich předností je opravdu velký.

V celosvětovém měřítku se již indukční výbojky LVD používají více než 8 let. Za tu dobu mají tisíce aplikací v Asii, Americe i Austrálii.

Závěr

Díky nízkému příkonu spolu s vysokým světelným tokem, aplikovatelností stmívání, možností častého spínání a nízkému poklesu svítivosti lze při použití indukčních výbojek LVD dosáhnout značné úspory jak na elektrické energii – i přes 50 %, tak na údržbě osvětlení. Díky těmto úsporám se vložené investice rychle navrátí.

Výbojky LVD jsou zároveň minimální zátěží pro životní prostředí, protože neobsahují rtuť, ale pouze neškodný amalgám rtuti a to v množství 0,1 mg. Výbojky jsou sice rozměrově náročnější, ale díky tomu při pohledu do této výbojky nedochází k nepříjemnému oslnění. Také nevytvářejí „opálené konce“ známé z jiných flourescentních zdrojů, kterými posléze proniká UV záření z trubice ven. Jsou tedy velmi vstřícné i vůči lidskému zdraví.

Díky svým nesporným výhodám je použití indukčních výbojek vhodné v mnoha aplikacích. Jejich používáním jednak snížíme náklady na osvětlení, což jsou v současnosti hlavní snahy investorů, ale rovněž významně snížíme zatížení životního prostředí ať již toxickou rtuť, množstvím vzniklého odpadu, ale také snížením spotřeby elektrické energie.

Osvětlování venkovních rozvodů v elektrických stanicích ČEPS, a.s.

Ing. Ivo Ullman, Ph.D.

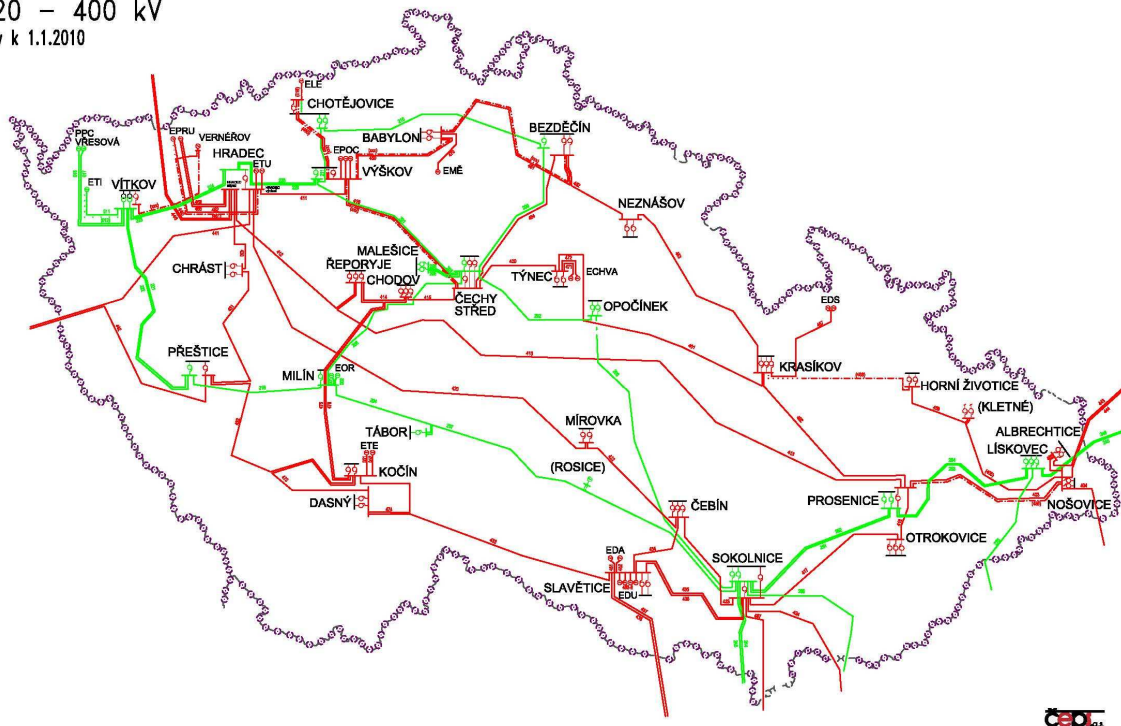
ČEPS, a.s., Elektrárenská 774/2, 101 52 Praha 10,

www.ceps.cz, ullman@ceps.cz

Úvod

V současné době probíhá v přenosové soustavě rekonstrukce a obnova elektrických stanic za účelem přechodu na dálkové ovládání. V rámci investiční výstavby jsou stavěny i nové elektrické stanice, např. Transformovna Kletné v oblasti Moravskoslezského kraje. Při těchto akcích je rekonstruováno osvětlení areálu celé elektrické stanice. Dosavadní osvětlení bylo instalováno podle původních norem a předpisů a nevyhovuje současným požadavkům na osvětlení venkovních prostorů. Rekonstruované rozvodny a transformátory jsou provozovány v režimu dálkového ovládání a jsou dohlíženy kamerovým systémem z místa dohledu stálé služby a dispečinku. Tato skutečnost stanovuje požadavky na kamerové osvětlení pro dálkový dohled na elektrickou stanici.

SCHÉMA PŘENOSOVÝCH SÍTÍ ČR
220 – 400 kV
stav k 1.1.2010



Obr.č. 1 Schéma přenosových sítí ČR 220 – 400 kV

Nová technická norma ČEPS pro venkovní osvětlení

Rekonstrukce a výstavba nových elektrických stanic v přenosové soustavě ČEPS, a.s. je prováděna sekci Realizace akce. V průběhu projektové přípravy akce je zpracováván a konzultován projekt, jehož součástí je stavební objekt SO 340 Vnější osvětlení. Pro vytvoření jednotnosti zpracovaných projektů byly vytvořeny standardy ve formě technických norem ČEPS, které definují zásady provedení díla.

Pro projektování a realizaci osvětlení byla vydána technická norma ČEPS, a.s. **TN 59 Venkovní osvětlení v elektrických stanicích PS**, s účinností od 30.6.2009. S ohledem na nové požadavky na ovládání osvětlení je nyní tato norma aktualizována.

Tato technická norma zahrnuje požadavky nové normy ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlování – Část 2 Osvětlení pracovních prostorů – Venkovní pracovní prostory a dále také požadavky normy ČSN CEN/TR 13201-1-4 Osvětlení pozemních komunikací.

Obecné technické zásady osvětlení

Ve stanicích přenosové soustavy jsou používány tyto druhy vnějšího osvětlení:

- Hlídací osvětlení
- Osvětlení komunikací
- Provozní osvětlení
- (Přídavné osvětlení)

Každý druh osvětlení je proveden dle zásad definovaných v normě TN 59. Při návrhu osvětlení se doporučuje maximální využití podpěrných bodů pro více druhů osvětlení. V případě potřeby – pro práce za snížené viditelnosti – se použije přídavného osvětlení (přenosné osvětlovací stojany).

Omezení rušivého světla

U všech druhů osvětlení při návrhu svítidel je nutno respektovat požadavky na omezení rušivého světla podle ČSN EN 12464-2. Elektrické stanice (transformovny) jsou zařazeny podle tabulky 2 jako zóna 2 – oblasti s velmi malým jasem, jako průmyslové a obytné venkovské zóny. Pro toto zařazení je předepsáno, že světelný tok, jdoucí ze svítidel přímo do horního poloprostoru může být maximálně 5 % celkového světelného toku.

Hlídací osvětlení

Slouží k osvětlení perimetru areálu a vnitřních ploch elektrické stanice tak, aby byla zajištěna funkčnost kamerových systémů dálkového dohledu ostrahy objektu. Hlídací osvětlení je instalováno podél venkovního oplocení transformovny, u vchodu a vjezdu do areálu stanice (u hlavní brány). Dále je hlídací osvětlení instalováno podél provozního oplocení, pokud toto odděluje prostory stanice cizího vlastníka.

Požadavky na osvětlení

Druh prostoru, úkonu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]	U_o -	GR_L -	R_a -
Venkovní rozvodny	5	0,40	45	20

\bar{E}_m udržovaná osvětlenost je hodnota osvětlenosti, pod kterou nesmí průměrná osvětlenost na určené rovině klesnout

U_o rovnoměrnost osvětlení je poměr minimální osvětlenosti (jasu) k maximální osvětlenosti povrchu

GR_L mezní hodnota činitele oslnění je maximální hodnota přímého oslnění svítidly venkovních osvětlovacích soustav

R_a index podání barev je zavedený všeobecný index podání barev. R_a maximální = 100. Ověřené hodnoty indexu poskytuje výrobce světelného zdroje

Umístění měřících bodů

Při posuzování plochy pole se vytváří síť bodů o rozteči 5 nebo 10 m. Posuzuje se horizontální osvětlenost ve výšce 0 m, tj. na terénu.

Svítidla

Pro hlídací osvětlení je vhodné použít výbojková svítidla opatřená vysokotlakou sodíkovou výbojkou. Životnost světelného zdroje je požadována minimálně 7000 provozních hodin. Svítidla jsou osazena na dřívku ocelového, žárově zinkovaného stožáru ve výšce minimálně 4 m nad terénem.

Osvětlení komunikací

Slouží k osvětlení vnitřních komunikací, cest a chodníků ve venkovních prostorech transformovny tak, aby byl zajištěn bezpečný pohyb a provoz osob a mechanizace za snížené viditelnosti (např. v nočních hodinách).

Požadavky na osvětlení

Rozvodny jsou zařazeny jako prostory s vysokým stupněm rizika, a to jak z hlediska ochrany zdraví osob, tak z pohledu zabezpečení rozvodu proti vniku cizích osob.

- 1) Komunikace v rozvodnách, kolem stanovišť transformátorů a příjezdní komunikace od hlavní brány k centrálnímu domku.

Pro osvětlení komunikací ve venkovních pracovních prostorech jsou dle ČSN EN 12464-2 tab. 5.1 požadovány hodnoty:

Druh prostoru, úkonu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]	U_o -	GR_L -	R_a -
Komunikace vyhrazené pro pomalu jedoucí vozidla (max. 10 km/hod), i chodce	10	0,40	50	20

- 2) Ostatní komunikace mimo rozvodny – např. objízdňá komunikace kolem rozvodny – budou osvětleny dle ČSN EN 13201-2 (tabulka 3) ve třídě S4, která předepisuje:

Udržovanou osvětlenost $\bar{E}_m \geq 5 \text{ lx}$ a minimální osvětlenost $E_{\min} \geq 1 \text{ lx}$

- 3) Osvětlení komunikace u vstupní brány musí splňovat hodnotu osvětlenosti $\bar{E}_m \geq 50 \text{ lx}$, aby byla možná kamerová identifikace přijíždějících vozidel a vstupujících osob.

Umístění měřících bodů

Měřící body se umísťují vždy do středu komunikace a rozteč se volí 10 m. Posuzuje se osvětlenost ve výšce 0 m, tj. na komunikaci.

Svítilna

Pro osvětlení komunikací se doporučuje použití svítidel s vyzařovací charakteristikou pro osvětlování komunikací opatřené vysokotlakou sodíkovou nebo halogenidovou výbojkou. Životnost použitého světelného zdroje je požadována minimálně 2000 hodin. Svítidla na ocelových, žárově zinkovaných stožárech jsou osazena ve výšce min. 4 m nad komunikací. Na stěnách objektů jsou svítidla připevněna pomocí výložníku 4 m nad komunikací.

Osazení svítidel ve výšce minimálně 4 m umožňuje použít stejné stožáry ve venkovních rozvodnách s lanovými i trubkovými přípojnici.

Svítidla musí být umístěna tak, aby byly zajištěny i dobré podmínky pro fungování kamerového systému, tj. musí zajistit dostatečnou osvětlenost a současně zamezit výskyt vysokých jasů v operačním poli kamery.

Provozní osvětlení

Slouží k osvětlení technologických celků tak, aby mohla být na těchto částech prováděna celková kontrola zařízení. V případě nestandardních situací (kontrola, oprava, údržba apod.), kdy je potřeba provádět práce pod umělým osvětlením, je provozní osvětlení doplněno mobilním osvětlovacím zařízením.

Provozním osvětlením jsou osvětlovány tyto provozní celky:

- Prostor přípojnících odpojovačů
- Prostor vypínačů
- Prostor vývodů
- Prostor stanoviště transformátorů a tlumivek

Požadavky na osvětlení

Pro osvětlení venkovních pracovních prostor elektrických stanic jsou podle ČSN EN 12464-2 tab. 5.11 požadovány tyto hodnoty:

Druh prostoru, úkonu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]	U_o -	GR_L -	R_a -
Provoz chodců v elektricky bezpečných prostorech	5	0,25	50	20
Celková kontrola	50	0,40	50	20
Oprava elektrických zařízení (za použití mobilního osvětlení)	200	0,50	45	60

Umístění měřících bodů

Při posuzování plochy (např. rozvodny) se vytváří síť bodů o rozteči 5 nebo 10 m. Měří se horizontální osvětlenost v úrovni 0 m, tj. v úrovni terénu.

Při posuzování vybraných pracovních míst (např. stanoviště transformátoru) se měří **horizontální i vertikální osvětlenost**.

Měření horizontální osvětlenosti se provádí ve výšce srovnávací roviny (místo zrakového úkonu).

Vertikální osvětlenost se měří v místě zrakového úkonu (např. na boku příslušného přístroje).

Svítilna

Venkovní rozvodny:

Pro provozní osvětlení je vhodné používat svítidla opatřená vysokotlakou sodíkovou nebo halogenidovou výbojkou. Životnost použitého světelného zdroje je u sodíkové výbojky min. 8000 hod. a u halogenidové výbojky min. 2000 hod.

Jako orientační osvětlení po obnově krátkodobého výpadku napájecího napětí jsou instalovány světlometry s halogenovou žárovkou.

V polích rozvodny jsou svítidla umístěna na stožáru hlavní ocelové konstrukce tak, aby jejich obsluha a údržba byla možná bez omezení provozu zařízení vvn a zvn.

Prostor přípojnicových odpojovačů a vypínačů je osvětlen svítilny, umístěnými na stožárech HOK a nasměrovanými na uvedené přístroje.

Pokud není pro osazení svítidel použito HOK, jsou svítidla umístěna na vrcholu osvětlovacích stožárů minimálně 8,2 m nad terénem.

Stanoviště transformátorů a tlumivek:

Transformátory a tlumivky tvoří jedno z nejdůležitějších částí transformovny, proto je třeba se věnovat jejich řádnému osvětlení. Je nutno osvětlit všechny plochy transformátorů, a to jak boční plochy s měřicími přístroji, tak zvláště horní část stroje včetně průchodek.

Je třeba dodržet požadavek na horizontální i vertikální osvětlenost 50 lx. Vzhledem k tomu, že je velká pravděpodobnost výskytu barevných značek zobrazovacích jednotek na plášti transformátoru, doporučuje se použít svítidla s halogenidovou výbojkou. Životnost je požadována minimálně 2000 hodin.

Svítilna budou upevněna na stožárech HOK nebo na požární stěně ve výšce cca 7 m nad terénem.

Je rovněž vhodné chránit svítidla proti přepětí a indukovanému napětí. Pokud je přívodní kabel ke svítilně veden v souběhu nebo v blízkosti vodičů vvn nebo zvn doporučuje se použít stíněný kabel. Stínění kabelu bude uzemněno u svítilny.

Přídavné osvětlení

Pro detailní osvětlení jednotlivých přístrojů (např. v případě opravy zařízení), zejména v prostoru vypínačů, přípojnicových odpojovačů a vývodů, mohou být použity mobilní osvětlovací jednotky.

Zde pak bude dosaženo požadované osvětlenosti 200 lx pro opravy elektrických zařízení nebo diagnostiku za snížených světelných podmínek (měření do večerních hodin apod.).

Vazba venkovního osvětlení na kamerový systém zabezpečení stanice

V dálkově ovládaných elektrických stanicích zaujímá kamerový systém významný podíl při zabezpečení stanice – Technický systém fyzické ochrany (TSFO), ale rovněž napomáhá dispečinku a stále službě pro provozní účely. Kamery zprostředkovávají celkový přehled o dění v elektrické stanici ve dne i v noci.

Funkčnost kamery spočívá v tom, že snímá jasy osvětlovaných předmětů. Největšího jasu je dosaženo v případě, že světelný tok dopadá na osvětlovaný objekt ze směru pohledu kamery. Standardně používané bezpečnostní kamery dosahují citlivost pro barevné snímání $E=0,4$ lx, pro černobílé snímání $E=0,05$ lx. Jedná se o hodnoty velmi nízké a jejich zevšeobecnění může zapříčinit nesprávnou funkci kamer (např. přechod barevné kamery do černobílého režimu). Dle vyjádření specialistů jsou hodnoty pro barevnou kameru 15 lx a pro černobílou 10 lx, přičemž takto osvětleno musí být minimálně 70 % plochy zabírané scénou.

Z těchto skutečností vyplývá význam správné volby umístění svítidel vůči kamerám. Ideálním umístěním svítidel, která zajišťují kamerovou osvětlenost, je v blízkosti kamer se svícením shora.

Z výše uvedených skutečností se jako optimální považují následující hodnoty a výrobky:

Intezita osvětlení: min. 10 lx, měřeno ve výšce 1 m nad zemí a 25 % světelné odrazivosti snímaného povrchu země.

Vyváženost intenzity osvětlení: max. 4:1 (poměr maximální intenzity osvětlení k minimální intenzitě osvětlení v 70 % kamerou snímané scéně)

Umístění: osvětlovací tělesa umístit do vyšší vertikální hladiny než kamery

Při zpracovávání projektu v rámci projektové přípravy akce je nutná **spolupráce projektanta osvětlení s projektantem kamerového systému**.

Projektant kamerového systému poskytne projektantovi osvětlení podklady o:

- Rozmístění a typech kamer
- U pevných kamer předpokládaný směr a úhel záběru
- U otočných kamer definování předpokládaných zájmových oblastí pro kamerou snímané scénou
- Požadavky na způsob zapínání, vypínání a blokaci osvětlení z TSFO
- Svítidla musí být umístěna tak, aby nezpůsobila oslnění kamery a její přechod do saturevaného stavu

Dokumentace venkovního osvětlení

Projektová dokumentace je zpracovávána v rámci projektové přípravy realizace akce a je úměrná stupni zpracovávání akce. Řešení osvětlení elektrické stanice vychází z technické normy TN 59 a je začleněno do stavebních objektů jako SO 340 Vnější osvětlení.

- A)** Nejprve je vnější osvětlení zpracováno v projektové **Dokumentaci pro stavební povolení (DSP)** dle vyhl. 499/2006 a stanovuje řešení stavby mimo jiné z hlediska stavebně technického. Slouží jako podklad pro vydání stavebního povolení a svou funkcí nahrazuje bývalý úvodní projekt.

Osvětlení venkovních prostorů je zde již rozděleno na:

- Hlídací osvětlení (kolem vnějšího oplocení a kolem provozního osvětlení oddělující cizího vlastníka)
- Osvětlení komunikací (vnitřní a objízdná komunikace, vstupní a vjezdová brána)
- Provozní osvětlení (venkovní rozvodny a stanoviště transformátorů a tlumivek)

Návrh osvětlení již vychází ze světleného výpočtu na základě předepsaných parametrů jednotlivých druhů osvětlení. Jsou zde určena svítidla, včetně typu použitých světelných zdrojů. V textu technické zprávy je popsán způsob ovládání a provozování jednotlivých druhů osvětlení.

Při schvalování projektové dokumentace pro stavební povolení se setkáváme s vyjádřením právních subjektů, jako je např. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Ministerstvo životního prostředí, které pro chráněnou krajinnou oblast předepisují:

Osvětlení transformovny bude provedeno způsobem minimálně zatěžujícím okolí záměru (orientace světelného kužele směrem k zemskému povrchu s minimálním rozptylem světla do okolí, zvážení použití jiného než bílého světla - např. červené).

Požadavek na omezení rušivého světla je dán novou normou ČSN EN 12464-2. Při schvalování DSP je třeba tento požadavek doložit u elektrických stanic v blízkosti letišť.

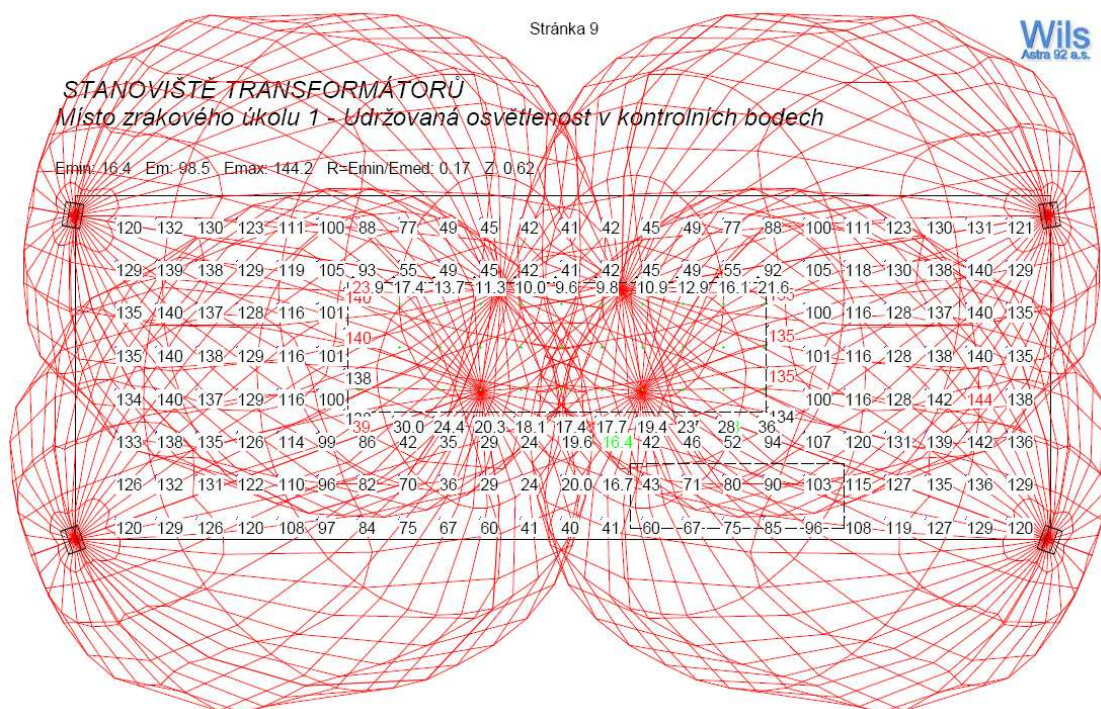
B) Dalším stupeň zpracování projektu je **Dokumentace pro provádění stavby (DPS)**, která rozpracovává DSP a upřesňuje technická, konstrukční, materiálová a dispoziční řešení. Svou funkcí nahrazuje bývalý realizační projekt a slouží pro výběr dodavatele stavby, její realizaci a jako podklad pro zpracování Dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS).

Dokumentace obsahuje podrobný světlý výpočet pro jednotlivé druhy osvětlení.

- Udržovaná osvětlenost \bar{E}_m , rovnoměrnost osvětlení U_o (E_{min} , E_{max})
- Rozložení činitele oslnění GR_L

Dále tato dokumentace obsahuje schémata rozvaděčů (samostatný rozvaděč ANE), dispozice umístění stožárů svítidel a rozvodů pro osvětlení (kabelové trasy). Konstrukční výkres definuje upevnění svítidla na stožáru nebo na domku a hlavně úhel naklonění a natočení svítidel.

Jako příklad výpočtu uvádím osvětlení stanoviště transformátoru:



Obr.č. 2 Zobrazení vypočtené osvětlenosti stanoviště transformátoru

Závěr

Technická norma ČEPS, a.s. – TN 59 Venkovní osvětlování v elektrických byla zpracována na základě zkušeností z měření osvětlení ve stanicích přenosové soustavy, které prováděla odborná skupina VŠB – Technická univerzita Ostrava. TN ve svých ustanoveních vychází z požadavků normy ČSN EN 12464-2 a definuje požadavky na světelné parametry pro jednotlivé druhy osvětlení, zvláště na omezení rušivého světla. TN je podkladem pro zpracování projektu a realizace akce při rekonstrukci stávajících a při výstavbě nových elektrických stanic.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12464-2 – Světlo a osvětlování – Osvětlování pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory
- [2] Sokanský, K., Novák, T., Ullman, I., Medvec, Z. Osvětlování venkovních elektrických stanic. Světlo 2/2009, FCC Public, Praha 2009, str. 42-44, ISSN 1212-0812
- [3] Sokanský, K., a kol.: Lighting of outdoor electrical stations philosophy, EPE 2009, VŠB-TU, Ostrava, 2009
- [4] Novák, T., Ullman, I., Sokanský, K. Osvětlování venkovních pracovních prostor v kombinaci s kamerovými systémy, Kurz osvětlovací techniky XXVII, Kouty nad Desnou, 29.9.-1.10.2009, str. 316-322, ISBN 978-80-248-2087-3

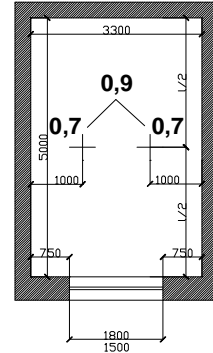
Test programů pro denní osvětlení

Martina Zapletalová, Ing. Ph.D.

CVUT Praha, Fakulta stavební, www.fsv.cvut.cz, martina.zapletalova@fsv.cvut.cz

Vzhledem ke snaze TNK 76 zprůhlednit výpočtové programy a jejich metody mě napadlo provést jednoduchý test. Zkouška byla provedena na místnosti odpovídající běžnému obývacímu pokoji velikosti 3,3x5,0x2,6m s velikostí okenního otvoru 1,8x1,5m a výškou parapetu 0,9m. Požadavkem bylo splnění minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti D_{min} [%] pro obytnou místnost podle „ČSN 730580-2 Denní osvětlení budov“.

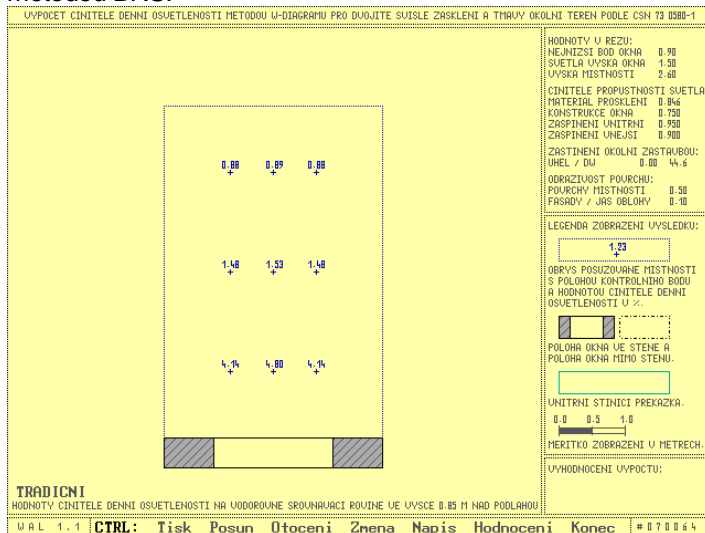
Obr. č.1 Posuzovaná místnost, minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti v polovině hloubky místnosti 1m od stěny $D_{min} = 0,7$ [%], průměr obou hodnot $D_{min} = 0,9$ [%]



Pro výpočet byly použity programy, s nimiž jsem měla možnost se blíže seznámit.

1.1.1 Wall (Kaňka, Pelech)

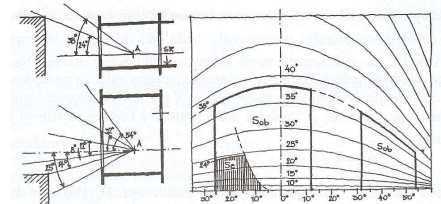
K výpočtu oblohové a vnější odražené složky používá Waldramovu metodu, vnitřní odražená složka D_i je počítána metodou BRS.



$$D_s = \frac{S_s}{S_o} \cdot \tau_{0,nor}$$

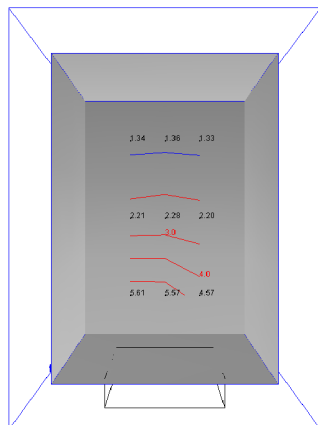
$$D_{we} = \frac{S_e}{S_o} \cdot k \cdot \tau_{0,nor}$$

$$\tau_{0,nor} = \tau_{s,nor} \cdot \tau_k \cdot \tau_z$$



- Obr. č.2 Wall- obytná místnost – velikost otvoru 1,8x1,5m, $D_{min}=1.48$
- Obr. č.3 Schéma výpočtu podle Waldramova diagramu [2]

1.1.2 Wdls (P. Staněk, Astra 92, a.s.)

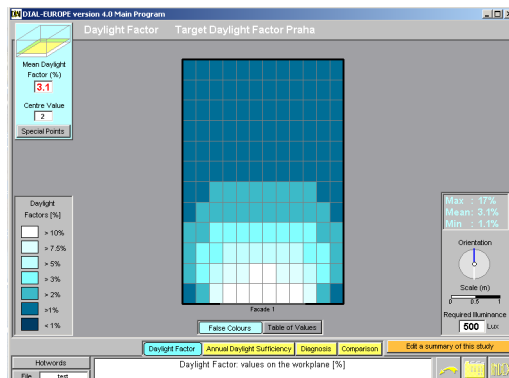
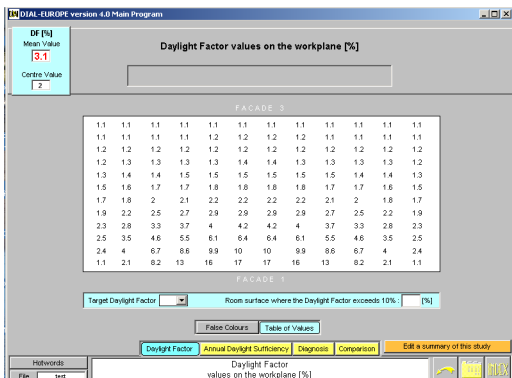


K výpočtu používá metodu vícenásobných odrazů. Intuitivní aplikace pod Windows kompatibilní s CAD systémy, což velmi urychluje zadávání dat a rychlost výpočtu. Vyhodnocení je možné v bodech, ploše. Bohužel místnost nelze natočit což někdy komplikuje zadávání, naopak výhodou je možnost zadávání horních i šikmých osvětlovacích systémů.

- Obr. č.4 Wdls- obytná místnost – velikost otvoru 1,8x1,5m, $D_{min}=2.2$ v polovině hloubky místnosti, ve vzdálenosti 1m od stěny.

1.1.3 Eurodial

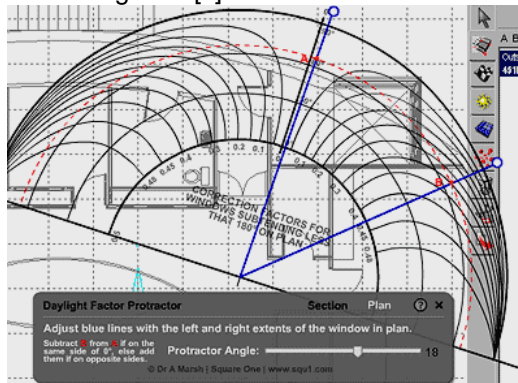
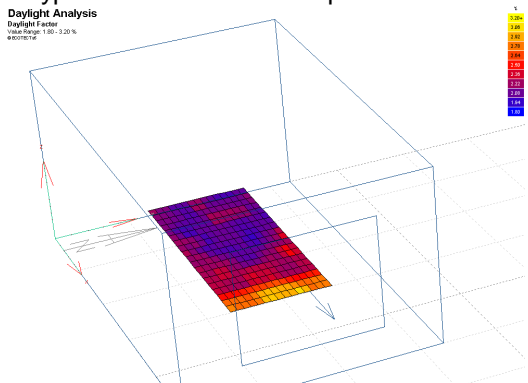
Velmi jednoduchý program pro rychlé předběžné vyhodnocení při navrhování objektů z hlediska denního osvětlení, umělého osvětlení a návrhu orientace ke světovým stranám z hlediska tepelné techniky. Slouží pro vytvoření první představy o tepelné charakteristice místnosti. (Například počet dní, kdy bude nutné v dané místnosti zapnout klimatizaci, nebo stáhnout žaluzie či navrhnout římsu nad oknem z důvodu nadměrného slunečního záření).



• Obr. č.5,6 Eurodial - obytná místnost – velikost otvoru 1,8x1,5m, D_{min}=1.8%

1.1.4 Ecotect Dr. A. J.Marsh

K výpočtu denního osvětlení používá Protraktory podle Kittlerova diagramu [4]



• Obrázek 7 Ecotect- obytná místnost – velikost otvoru 1,8x1,5m, D_{min}=2,22%,
Obrázek 8 Ecotect- protraktory využívající Kittlerova diagramu [3]

Tabulka 1: Porovnání výsledků výpočtů minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti D_{min} v posuzované místnosti pomocí vybraných programů.

Program	Činitel denní osvětlenosti			
	V polovině místnosti D _{min} =0,7%,	Ø D _{min} = 0,9%	Nárůst v procentech oproti Wall [%]	Vyhoví ČSN 730580-2
Wall	1,48	1,48	0	+
Wdls	2,2	2,20	48	+
Eurodial	1,8	1,80	21	+
Ecotect	2,22	2,22	50	+

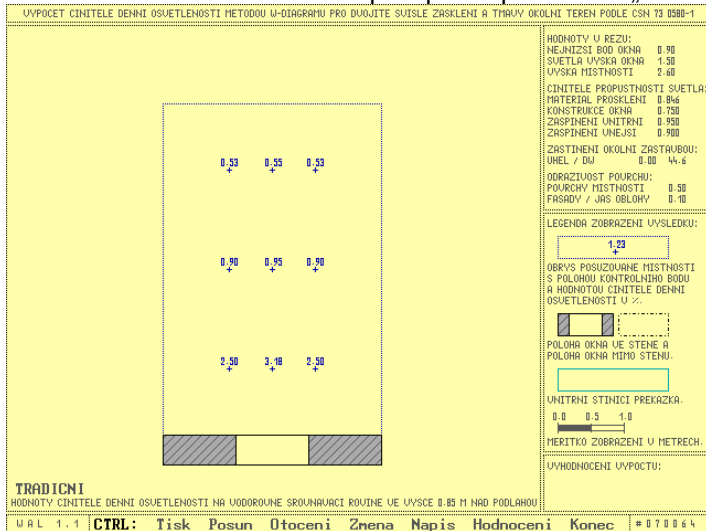
Výsledky se liší až o 50%. Rozdělit výsledná čísla na jednotlivé složky by mohlo ozřejmit v čem se jednotlivé výpočty liší.

1.2 Minimální velikost okenního otvoru

Další úlohou bylo najít minimální velikost okenního otvoru v zadané místnosti odpovídající běžnému obývacímu pokoji velikosti 3,3x5,0m pomocí vybraných programů pro splnění požadavků ČSN „730580 denní osvětlení budov“ bez stínící překážky.

1.2.1 Wall 1.1

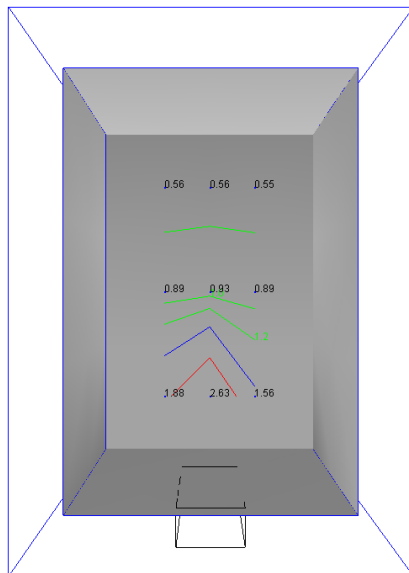
Minimální šířka okenního otvoru pro splnění požadavků „ČSN 730580 denní osvětlení budov“ činí 1,1m.



Obrázek 8 Wall 1.1 min.šíře otvoru činí 1,1m

1.2.2 Wdls 4.1

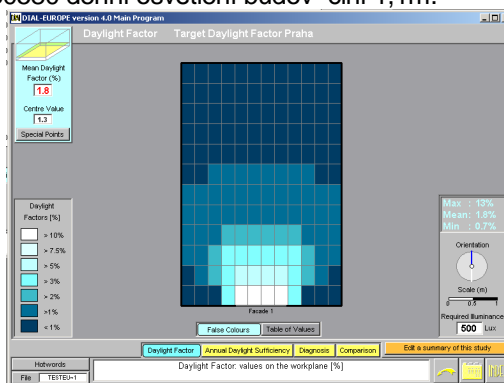
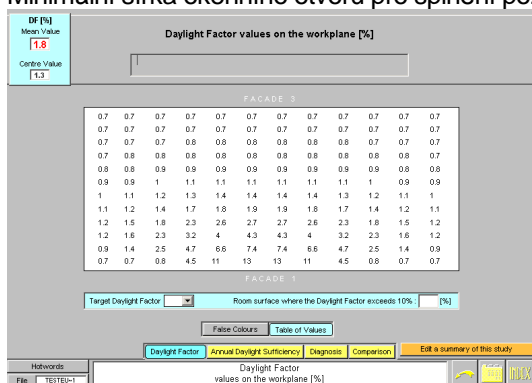
Minimální šířka okenního otvoru pro splnění požadavků ČSN „730580 denní osvětlení budov“ činí 0,8m.



Obrázek 9 Wdls 1.1 min.šíře otvoru činí 0,8m

1.2.3. Eurodial

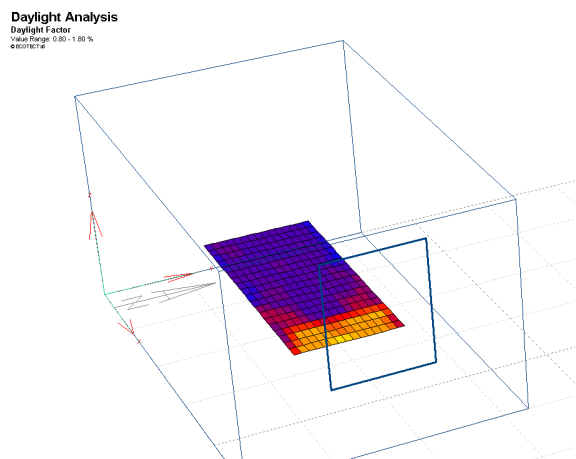
Minimální šířka okenního otvoru pro splnění požadavků „ČSN 730580 denní osvětlení budov“ činí 1,1m.



• Obrázek 10 Dial europe 40 min šíře otvoru 1,1m

1.2.4 Ecotect

Minimální šířka okenního otvoru pro splnění požadavků „ČSN 730580 denní osvětlení budov“ činí 1,2m.



• Obrázek 11 Ecotect min šíře otvoru 1,2m

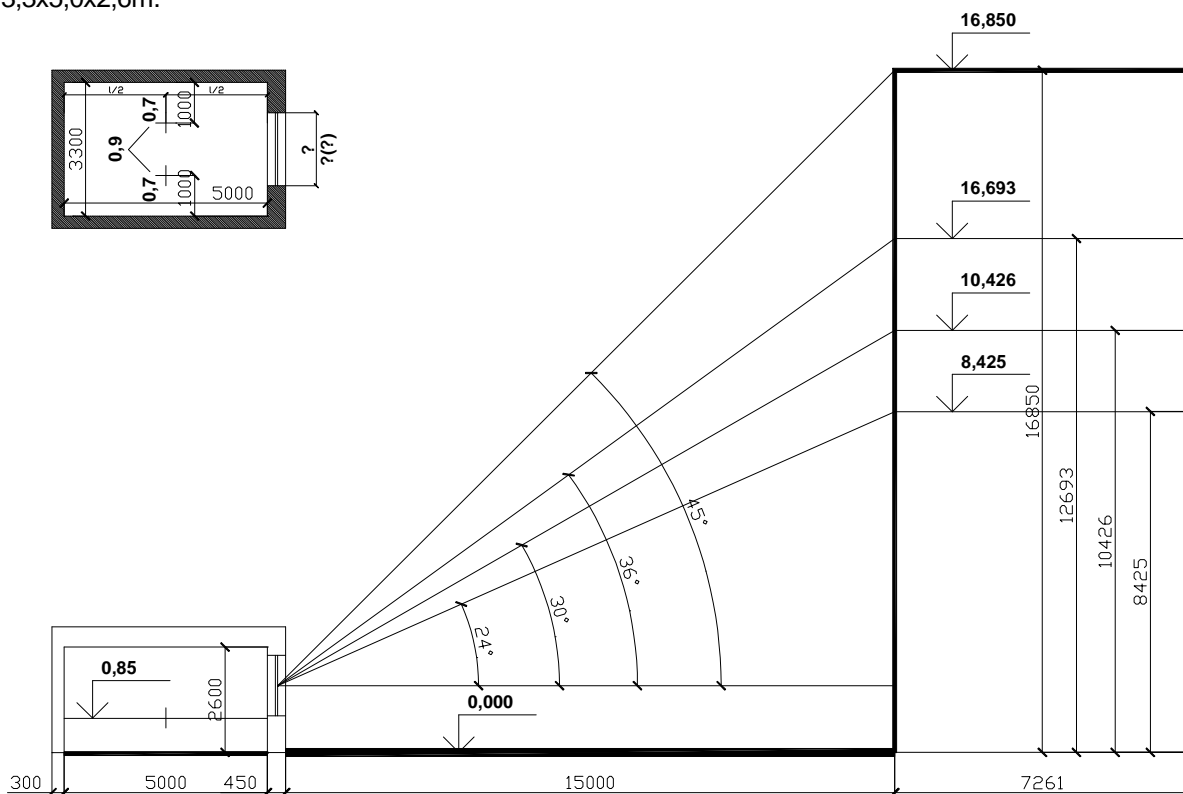
Program	Činitel denní osvětlenosti			
	V polovině místnosti $D_{min} = 0,7\%$,	$\varnothing D_{min} = 0,9\%$	Minimální velikost okenního otvoru [m]	Vyhoví ČSN 730580-2
Wall	0,9	0,9	1.1	+
Wdls	0,89	0,89	0.8	+
Eurodial	0,9	0,9	1.1	+
Ecotect	0,9	0,9	1,2	+

• Tabulka 2: Minimální velikost okenního otvoru v posuzované místnosti při splnění požadavků ČSN „730580 Denní osvětlení budov“ na min. hodnotu činitele denní osvětlenosti D_{min} pomocí vybraných programů.

Rozdíl v minimální velikosti okenních otvorů činí 30cm, což je poměrně hodně. Při složitějších geometriích posuzovaných místností a při různých způsobech řešení osvětlení bohužel některé programy vůbec není možné použít. Zůstává tedy na zhodnocení světelného technika, kdy jaký program použít a zda výsledky jsou reálné. Přestože, že metodika výpočtů a způsoby zobrazení jsou rozdílné.

1.3 Vliv stínící překážky

Další úlohou bylo najít minimální velikost okenního otvoru pro splnění požadavků tabulky B1 „ČSN „730580 Denní osvětlení budov“ při různých výškách stínících překážek odpovídajících úhlu stínění v tabulce B1. Test byl proveden různými výpočtovými programy pro místnost odpovídající běžnému obývacímu pokoji velikosti 3,3x5,0x2,6m.



• Obrázek 12. Posuzovaná místnost a velikost úhlu stínění ϵ (°) a výšky stínící překážky [1]

kategorie	Typ posuzovaného prostoru, charakter lokality	Nejnižší D_w (%)	Odpovídá úhlu stínění ϵ (°)
1	Prostory s vysokými nároky na denní osvětlení (denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu, učebny škol apod.)	35	24
2	Běžné prostory s trvalým pobytem lidí	32	30
3	Prostory s trvalým pobytem lidí v souvislé řadové zástavbě v centrech měst	29	36
4	Prostory s trvalým pobytem lidí v mimořádně stíněných podmínkách historických center měst	24	45

• Tabulka B1 - Nejnižší požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w (%) a nejvyšší přípustné hodnoty úhlu stínění ϵ (°).

Program	Činitel denní osvětlenosti (výška překážky 8,425m a úhel stínění $\epsilon=24^\circ$)				
	V polovině místnosti $D_{min}=0,7\%$,	$\varnothing D_{min} = 0,9\%$	Nárůst v procentech oproti nejmenší vypočtené velikosti okenního otvoru [%]	Minimální velikost okenního otvoru (výška parapetu) [m]	Vyhoví ČSN 730580-2
Wall	0,91	0,91	31	1,90x1,5(0,9)	+
Wdls	0,93	0,935	0	1,45x1,5(0,9)	+
Eurodial	0,9	0,9	24	1,80x1,5(0,9)	+
Ecotect	0,89	0,93	17	1,70x1,5(0,9)	+

Tabulka 3: Minimální velikost okenního otvoru při použití různých výpočtových programů, při výšce překážky 8,425m a úhlu stínění $\epsilon=24$

Program	Činitel denní osvětlenosti (výška překážky 10,426m a úhel stínění $\epsilon=30^\circ$)				
	V polovině místnosti $D_{\min}=0,7\%$,	$\varnothing D_{\min} = 0,9\%$	Nárůst v procentech oproti nejmenší vypočtené velikosti okenního otvoru [%]	Minimální velikost okenního otvoru (výška parapetu) [m]	Vyhoví ČSN 730580-2
Wall	0,91	0,91	22	2,7x1,5(0,9)	+
Wdls	0,91	0,91	5	2,3x1,5(0,9)	+
Eurodial	0,9	0,9	0	2,2x1,5(0,9)	+
Ecotect	-	-	-	-	

Tabulka 4: Minimální velikost okenního otvoru při použití různých výpočtových programů, při výšce překážky 10,426m a úhlu stínění $\epsilon=30^\circ$

Program	Činitel denní osvětlenosti (výška překážky 12,693m a úhel stínění $\epsilon=36^\circ$)				
	V polovině místnosti $D_{\min}=0,7\%$,	$\varnothing D_{\min} = 0,9\%$	Nárůst v procentech oproti nejmenší vypočtené velikosti okenního otvoru [%]	Minimální velikost okenního otvoru (výška parapetu) [m]	Vyhoví ČSN 730580-2
Wall	0,9	0,9	20	3,0x1,5(0,9)	+
Wdls	0,9	0,9	16	2,9x1,5(0,9)	+
Eurodial	0,9	0,9	0	2,5x1,5(0,9)	+
Ecotect	-	-	-	-	

Tabulka 5: Minimální velikost okenního otvoru při použití různých výpočtových programů, při výšce překážky 12,693m a úhlu stínění $\epsilon=36^\circ$

Program	Činitel denní osvětlenosti (výška překážky 16,850m a úhel stínění $\epsilon=45^\circ$)				
	V polovině místnosti $D_{\min}=0,7\%$,	$\varnothing D_{\min} = 0,9\%$	Nárůst v procentech oproti nejmenší vypočtené velikosti okenního otvoru [%]	Minimální velikost okenního otvoru, (výška parapetu) [m]	Vyhoví ČSN 730580-2
Wall	0,9	0,9	0	3,3x1,65(0,75)	+
Wdls	0,92	0,92	36	3,3x2,25(0,35)	+
Eurodial	0,9	0,9	24	3,0x2,25(0,35)	+
Ecotect	-	-	-	-	

Tabulka 6: Minimální velikost okenního otvoru při použití různých výpočtových programů, při výšce překážky 16,850m a úhlu stínění $\epsilon=45^\circ$

1.4 Závěr

Každý výpočtový program má výhody i nevýhody. U prostorů se složitější geometrií jsou výpočtové programy obrovskou pomocí. V případě možných soudních sporů je výhodnější použít program s ověřenou výpočtovou metodikou. Pro posouzení zdravotních účinků je přesnost výpočtů dostatečná.

Literatura a odkazy

- [1] Kaňka, J. ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov, červen 2007,
- [2] Kaňka, J. Stavební fyzika 1, Zvuk a denní světlo v architektuře, 2003, Česká republika, ISBN 80-01-02645-0
- [3] <http://www.squ1.com/archive/index.php?http://www.squ1.com/archive/daylight/df-ecotect.html>

Astronomická kamera s aktivním chlazením čipu pro měření nízkých úrovní jasů

Petr Závada¹, Karel Sokanský¹, Tomáš Novák²

VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky ¹⁾

Katedra elektrotechniky ²⁾

17. listopadu 15, 70833 Ostrava-Poruba, Česká Republika

e-mail: petr.zavada@vsb.cz

karel.sokansky@vsb.cz

tomas.novak1@vsb.cz

[http:// www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

Abstrakt

Měření nízkých úrovní jasů noční oblohy pomocí digitální fotografie pořízené CCD kamerou určenou pro astronomická měření je přesnější a z hlediska ovládání a řízení snadnější. CCD kamera má čip chlazený pomocí Peltierových článků (ochladí čip až o 50°C pod okolní teplotu) a proto je možné dosáhnout veliké citlivosti i při nízkých úrovních osvětlenosti a zamezení tak vniku šumu do vyhodnocovaného snímku. Cílem měření je kvantifikace rušivého světla a srovnání jeho úrovně v obydlých průmyslových oblastech a mimo ně. Pro dlouhodobá měření nízkých úrovní jasů (cca 10^{-3} cd/m²) je nutné používat nejen měřící přístroje s velkou citlivostí, ale také se zcela autonomní možností ukládání naměřených dat.

Klíčová slova CCD kamera, rušivé světlo, jasový analyzátor, jas

Úvod

Hlavním cílem tohoto článku je seznámení s možností měření jasů pomocí upravené astronomické CCD kamery chlazené Peltierovými články. Námi vybraný typ CCD kamery používá čtvercový černobílý chlazený čip s vysokým rozlišením a s 16-ti bitovým A/D převodníkem, což zaručuje vysokou citlivost a velký dynamický rozsah. Dalším důležitým faktorem je, že tato kamera je schopna spolupracovat s programem pro vyhodnocování jasů LumiDISP. Pořízené snímky přímo vyhodnotí, převede do jasových map a uloží do přednastavené databáze. Tímto způsobem lze nastavit dlouhodobá měření, popřípadě ovládat tato měření i na dálku (schopnost komunikace přes internet).

Popis CCD kamery G2-4000 jako vysoce citlivého jasového analyzátoru

Tato kamera byla vybrána pro měření nízkých úrovní jasů z několika důvodů:

- prvním důvodem je její vysoká citlivost, která je dosažena chlazeným CCD čipem,
- druhý velmi důležitý důvod je možnost vkládání různých optických filtrů před černobílý CCD snímač, což umožňuje optické přizpůsobení křivce citlivosti lidského oka V_λ pro fotopické vidění, ale také (při použití jiných filtrů) přizpůsobení mezopickému a skotopickému vidění,
- třetím důvodem volby je možnost výměny optik a zejména použití rybiho oka na snímání jasů celého horního poloprostoru,
- poslední důvod využití tohoto typu snímače pro vyhodnocování jasů je možnost automatického ovládání a ukládání dat do vyhodnocovacího software.



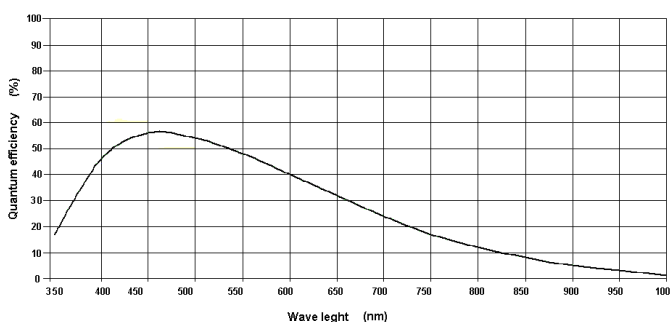
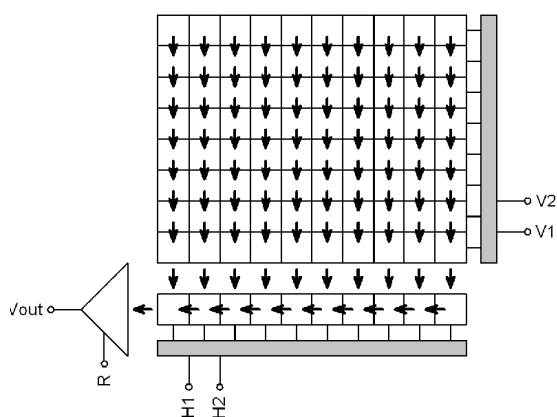
• Obrázek 1. CCD kamera vybavená objektivem Fish Eye a umístěná na stativu pro snímání jasů celého horního poloprostoru.

Pro vlastní měření jasů je nutné kameru připojit k počítači a použít spolu s optickým zařízením (objektiv, dalekohled, mikroskop a filtr). Pro měření jasů noční oblohy je kamera vybavena bajonetem pro objektivy CANON a filtrovým kolem pro 5 filtrů v 1,25 palcových objímkách se závitem. Do filtrového kola lze umístit až 5 různých optických filtrů.

V současné době je pro vyhodnocování jasů použit filtr s charakteristikou pro přizpůsobení křivce V_{λ} . V blízké budoucnosti se uvažuje o využití filtrů, které po spojení s křivkou kvantové účinnosti CCD čipu závislé na vlnové délce přizpůsobí citlivost měřicího zařízení nejen citlivosti lidského oka pro fotopické vidění V_{λ} , ale také vidění skotopickému V'_{λ} , popřípadě vidění mezopickému V''_{λ} .

Parametry CCD kamery

Model G2-4000 používá 4 megapixelový čtvercový čip CCD Kodak KAI-4022. Rozlišení čipu je 2056 x 2062 pixelů. Velikost jednoho pixelu je $7,4 \times 7,4 \mu\text{m}$ a obrazová plocha $15,2 \times 15,2 \text{ mm}$. Plná kapacita pixelu je přibližně 40 000 elektronů a plná kapacita výstupu přibližně 100 000 elektronů. Temný proud výrobce udává $0,3 \text{ e}^-/\text{s}/\text{pixel}$ při 0°C . Ke zdvojení temného proudu dochází při 7°C .

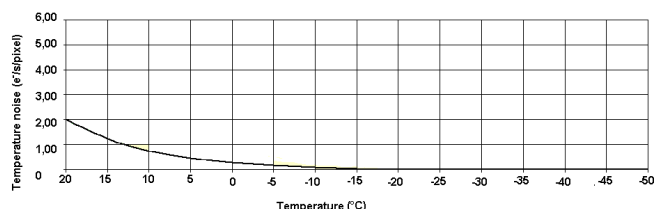


• Obrázek 2. Schéma CCD čipu KAI 4022 použitého u CCD kamery (vlevo) a kvantová účinnost (vpravo).

Po kalibraci CCD kamery lze předpokládat rozsah měřených jasů od $10^{-4} \text{ cd}/\text{m}^2$. Maximální měřená hodnota jasu je omezena rychlostí uzávěrky, která se pohybují okolo 0,1 sekundy.

Chlazení CCD čipu

Regulované dvoustupňové termoelektrické chlazení dokáže ochladit CCD čip až o 50°C pod okolní teplotu. Horká strana Peltierových článků je chlazená ventilátorem.



• Obrázek 3. Graf s průběhem temného proudu v závislosti na teplotě ochlazeného čipu

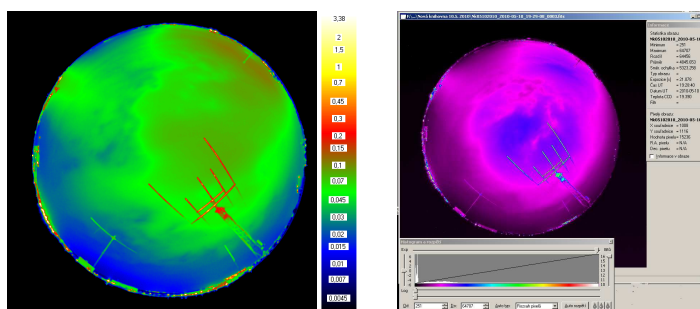


• Obrázek 4. Umístění ventilátoru pro chlazení Peltierových článků a vnitřek CCD kamery s filtrovým kolem pro 5 různých filtrů

Teplota CCD čipu je regulována s přesností $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Účinné chlazení minimalizuje vlastní temný proud CCD čipu a přesná regulace teploty dovoluje správnou kalibraci pořízených snímků. Hlava kamery obsahuje dva tepelné senzory – první měří přímo teplotu CCD čipu, druhý senzor měří teplotu vzduchu chladicího horkou stranu Peltierových článků.

Porovnání možností měření CCD kamerou a jasovým analyzátořem LMK Mobile Advanced

16 bitový A/D převodník u CCD kamery s korelovaným dvojitým vzorkováním zajišťuje vysoký dynamický rozsah a čtecí šum na úrovni samotného CCD čipu. Jasový rozsah jednoho snímku pak umožňuje rozlišení až 65535 úrovní, kdežto jasový analyzátoř s 12 bitovým převodníkem umožňuje rozlišení pouze 4096 úrovní v jednom snímku.



• Obrázek 4. Ukázka měření jasů noční oblohy pomocí jasového analyzátořu LMK Mobile Advanced s objektivem Fish Eye (vlevo) a měření jasů noční oblohy pomocí CCD kamery s objektivem Fish Eye (vpravo).

Pro porovnání vyhodnocení snímků pořízených CCD kamerou jsou zde uvedeny snímky pořízené jasovým analyzátořem LMK Mobile Advanced s objektivem Fish Eye. Na obrázku 4 jsou vidět hodnoty jasů přiřazené jednotlivým barvám. Jasové mapy zpracované v programu LMK 2000 jsou získávány numerickým přizpůsobením 4 barevných pixelů (R,G,B,G) křivce citlivosti lidského oka a mají rozlišení cca 1730 x 1150 pixelů. U snímků pořízených CCD kamerou se přizpůsobení křivce citlivosti lidského oka provádí pomocí optických filtrů (výměnou filtru lze realizovat i měření ve skotopické oblasti vnímání atd.) a i rozlišení čipu odpovídá díky čtvercové konstrukci rozlišení snímku pořízeného objektivem s rybím okem s rozměrem 2056 x 2062 pixelů. Dynamický rozsah obou zařízení lze rozšiřovat překládáním snímků s různou dobou expozice tak, aby se vyhodnocovaly jasy pouze z oblastí, kdy odezva čipu na dopadající záření je lineární.

Na obrázku 4 vpravo je v programu SIMS zobrazen snímek pořízený CCD kamerou s objektivem Fish Eye. CCD kamera komunikuje přímo s počítačem a jednotlivé snímky je pak možné různě upravovat. Na snímku s histogramem je jasně patrné využití celého dynamického rozsahu, aniž by byl čip v saturaci a bylo nutné využití překrývání s novým snímkem s jinou dobou expozice. Při pozorném prohlédnutí jasové mapy pořízené jasovým analyzátořem LMK Mobile Advanced (viz obr. 4 vlevo) zjistíme, že příliš jasné body v oblasti horizontu jsou již v saturaci a tudíž není možné určit přesně jejich jas. Pro vyhodnocení jasové mapy jsou jakékoliv softwarové úpravy nežádoucí. Pod pořízeným snímkem je uvedena barevná paleta s histogramem, která přiřazuje k jednotlivým hodnotám velikosti vybuzení pixelu (vybuzení je závislé na délce snímání světelného zdroje) specifickou barvu. Z tohoto je patrné, že hodnota vybuzení většiny pixelů v obrázku se pohybuje v první pětině možného vybuzení.

Pro připojení CCD kamery k počítači slouží rychlé USB rozhraní, které dovoluje stažení snímku během několika sekund (cca 8 s). Maximální délka USB kabelu je 5 m. Tato délka může být prodloužena na 100 m použitím USB rozbočovače nebo aktivního USB prodlužovacího kabelu. Pak lze kameru umístit na vyšší měřicí místo a počítač ponechat v místnosti, kde jeho činnost nebudou ovlivňovat povětrnostní podmínky.

Stanice pro dlouhodobé měření jasů noční oblohy se vyvíjí a bude se instalovat ke stávajícím měřicím přístrojům na budově Nová knihovna VŠB-TU Ostrava.

Závěr

V současné době je astronomická kamera ve stádiu kalibrace a sestavování měřicího stanoviště. Aby bylo možné kameru provozovat i za nepříznivých povětrnostních podmínek, je nutné ji umístit pod průhledný kryt, který mít co nejlepší optické parametry, aby nedošlo k velkému zkreslení měřené oblasti. Dílčím výzkumem je rovněž vyhotovení optických filtrů pro přizpůsobení křivce citlivosti lidského oka jak pro mezopické, tak i pro skotopické vidění.

Poděkování

Tento článek vznikl za podpory – GA ČR 102/09/1986 – „Výzkum rušivých účinků umělého venkovního osvětlení“.

Literatura a odkazy

- [1.] Dostál, F., Sokanský, K., Novák, T.: Long-term measurement of obtrusive light in campus VŠB-TUO. In sborníku EPE 2009, Ostrava:VŠB-TUO, 2009, 3, Skupina ČEZ, Dalkia Česká republika, a.s.,Československá sekce IEEE, Ministerstvo průmyslu a obchodu, , ISBN 978-80-248-1947-1
- [2.] Dostál, F., Novák, T., Sokanský, K.: Měření rušivého světla v areálu VŠB-TUO. In sborníku EEE 2009, 27.-29.5.2009. Ed. František Janíček, Daniela Reváková, Ivan Darul'a, Juraj Kubica, Igor Šulc, Bratislava:Slovak University of Technology in Bratislava, 2009, 8, ISBN 978-80-89402-08-3
- [3.] Dostál, F., Novák, T., Sokanský, K.: Město a jeho vliv na hodnoty osvětlení v nočních hodinách. Ve sborníku Kurz osvětlovací techniky XXVII, Ostrava:VŠB-TUO, 2009, 30-36, ISBN 978-80-248-2087-3
- [4.] LumiDISP, Software for luminance analyse [on-line]. [cit. 2009-09-20]. Dostupné na WWW: <http://www.lumidisp.eu>
- [5.] Manuál astronomické kamery G2-4000, dostupné na: <http://ccd.mii.cz/>
- [6.] Závada, P., Sokanský, K., Novák, T., Instrumentation for Long Term Measuring of Parameters Under Night Sky. Ve sborníku WOFEX 2010, Ostrava: VŠB-TUO Michal Krátký, Jiří Dvorský, Pavel Moravec, 44-49, ISBN: 978-80-248-2276-1

Porovnání uličních osvětlovacích soustav s vysokotlakými sodíkovými výbojkami a se světelnými diodami

Ing. Petr Žák, Ph.D.¹⁾, Doc. Ing. Jiří Plch, CSc.²⁾

¹⁾ ETNA s.r.o., email: zak@etna.cz, ²⁾ Světelná technika Brno jiri_plch@volny.cz

1. Úvod

Veřejné osvětlení je jednou z aplikačních oblastí, kde lze v relativně krátké době očekávat přechod od klasických výbojových světelných zdrojů k novým světelným zdrojům, světelným diodám. Tento přechod sebou přinese nejen nové technické prostředky, tedy světelné zdroje a svítidla, ale také změny přístupů v projektování, kdy bude kladen větší důraz na omezení rušivých účinků venkovního osvětlení a na jeho energetickou náročnost. Současně lze očekávat, že návrhy osvětlení budou ovlivněny novými poznatky o zrakovém vjemu při mezopických podmínkách vidění, tj. při nízkých hladinách osvětlení.

2. Světelné diody (LED)

Po několika letech rychlého technologického vývoje, kdy byla oblast světelných diod poměrně nepřehledná, se začala v průběhu loňského a letošního roku stávat čitelnější. Je to dáno jednak postupně přijímanou standardizací a také zavedením světelných diod 1 W (350 mA) do nabídky většiny hlavních výrobců LED. Pro posuzování energetické účinnosti se u světelných zdrojů používá tzv. *měrný výkon* η (lm/W), který uvádí jaké množství světla v lumenech Φ (lm) se získá z jednoho wattu elektrického příkonu P_D (W). Pro posouzení stávajícího stavu jsou v tabulkách 1. a 2. uvedeny hodnoty měrných výkonů sériově vyráběných bílých LED a běžných světelných zdrojů používaných ve veřejném osvětlení.

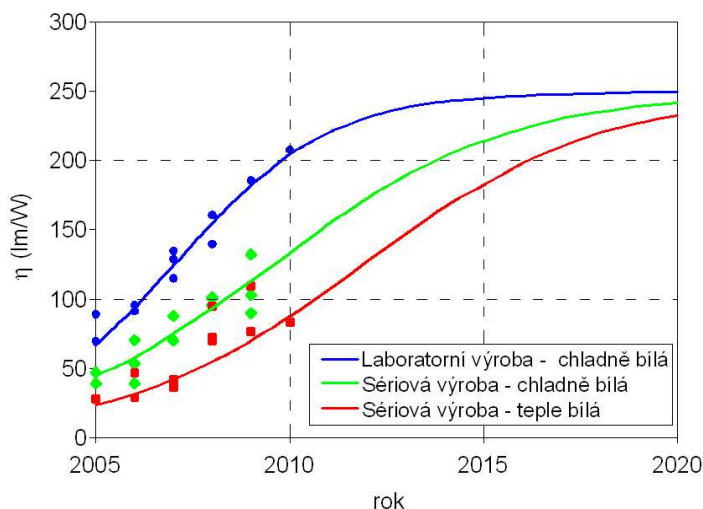
Tab. 1 Parametry vybraných typů světelných diod 1 W (350 mA)

Barva světla	Výrobce	Typ	Parametry		
			P_D (W)	Φ (lm)	η (lm/W)
Chladně bílá	Cree	XP-G	1.05	139	132
	Nichia	Top Emitting	1.16	130	113
	Osram	Golden dragon plus	1.12	130	116
	Philips	Rebel	1.05	105	130
Neutrálně bílá	Cree	XP-G	1.05	130	124
	Osram	Golden dragon plus	1.12	130	116
	Philips	Rebel	1.05	105	125
Teple bílá	Cree	XP-G	1.05	107	102
	Nichia	Top Emitting	1.16	95	82
	Osram	Golden dragon plus	1.12	97	87
	Philips	Rebel	1.05	73	81

Tab. 2 Parametry běžných výbojových světelných zdrojů používaných ve veřejném osvětlení

Světelný zdroj	Parametry		
	P_D (W)	Φ (lm)	η (lm/W)
Vysokotlaká sodíková výbojka	70	6 600	94
	100	10 700	107
	150	17 500	117
Vysokotlaká halogenidová výbojka	73	6 500	89
	100	9 000	90
	150	14 200	95
Vysokotlaká výbojka Cosmopolis	45	4 300	96
	60	6 800	113
	90	10 450	116
	140	16 500	118

Porovnáním měrných výkonů v tabulkách 1 a 2 je zřejmé, že světelné diody již v dnešní době mají srovnatelný měrný výkon jako výbojové zdroje běžně používané ve veřejném osvětlení. Měrný výkon světelných diod se významně zvětšuje každý rok. Prognózy vývoje v oblasti polovodičových světelných zdrojů jsou velmi detailně zpracovány v publikaci, kterou každoročně vydává Ministerstvo energetiky USA (DOE). V prognózách z března letošního roku je zřejmý velmi zajímavý trend sblížení měrných výkonů světelných diod odlišných barevných tónů (obr. 1). V tomto roce se očekává, že budou do sériové výroby uvedeny světelné diody s měrným výkonem 160 lm/W (350mA) [1].



Obr. 1 Předpokládaný trend vývoje měrného výkonu bílých LED (350mA) [1]

Velmi důležitým parametrem, který ovlivňuje rychlost zavádění světelných diod do sériové výroby a na trh, je jejich cena, respektive cena světelného toku, které vyprodukují. Očekává se, že náklady na jednotku světelného toku klesnou v roce 2012 oproti dnešním cenám na polovinu [1].

3. Svítidla s LED pro veřejné osvětlení

Situace týkající se vývoje světelných diod a vývoje svítidel je třeba odlišit. Mezi uvedením světelných diod s novými parametry do sériové výroby a jejich použitím ve svítidlech je určité časové zpoždění, které se však díky stále dokonalejším výrobním technologiím a technickým zařízením neustále zkracuje. Pokud budeme předpokládat, že se u sériově vyráběných diod dosáhne měrného výkonu 200 lm/W v roce 2012, pak svítidla s těmito světelnými diodami se na trhu objeví nejdříve koncem roku 2013 nebo v průběhu roku 2014. Někdy v tomto období lze, vzhledem k trendu poklesu cen LED očekávat, že se použití svítidel s LED ve veřejném osvětlení stane rentabilní a to jak ve srovnání se zastaralými osvětlovacími soustavami, tak při porovnání s moderními svítidly pro vysokotlaké výbojové zdroje.

I když vývoj LED ještě nedosáhl cílového stavu (obr. 1), řada firem již do svého výrobního programu zavádí svítidla se světelnými diodami. Svítidla s LED pro osvětlení silničních komunikací se začínají poměrně výrazně prosazovat v USA a asijských zemích, kde jsou již běžnou součástí nabídky výrobců svítidel (BetaLED, Kim Lighting, Lumec, Lighting Science, Everlight a další). První typy těchto svítidel se začínají objevovat i v nabídkách evropských výrobců a řada nových typů byla představena na veletrhu Light & Building v dubnu letošního roku ve Frankfurtu n. Mohanem (Philips, iGuzzini, Indal, Siteco, Schreder, Thorn Lighting). Způsob jakým jsou svítidla s LED pro veřejného osvětlení zaváděna do praxe se v jednotlivých zemích liší a lze je geograficky rozdělit do třech oblastí: USA a Kanada, asijské země a Evropa.

V USA je postup zavádění svítidel s LED do praxe velmi propracovaný a je zde zřejmá snaha o maximální korektnost a dostupnost veškerých informací týkající se parametrů svítidel, jejich hodnocení i použití v praxi. Klade se důraz na objektivní nezávislé hodnocení technických parametrů svítidel, kdy se do praxe vedle certifikačních značek klasických zkušeben, postupně zavádějí další nástroje ve formě známek kvality (Lighting Facts, LM-79, apod.) nebo nových technických ukazatelů (FTE), které usnadňují projektantů i zákazníkům výběr svítidel a jejich vzájemné porovnávání. Současně vzniká řada fondů a grantů prostřednictvím, kterých se zajišťuje financování nových osvětlovacích soustav se svítidly pro světelné diody. Centrálním zdrojem informací jsou internetové stránky Ministerstva energetiky USA – DOE [4]. Informace o současné úrovni zavádění svítidel s LED do praxe podávají specializované portály [2], [3].

Naopak v asijských zemích, hlavně v Číně, kde je nasazování svítidel s LED masové, výrobci neposkytují dostatečné technické údaje, nabídka je velmi neprůhledná, dostupnost technických informací je velmi omezená, deklarují se zavádějící a nekorektní informace o výhodách svítidel LED v porovnání s klasickými svítidly pro vysokotlaké výbojové zdroje. Velmi nepřesvědčivé jsou také doklady o certifikaci výrobků, což je základní podmínka pro jejich uvedení na trh. Velká řada již realizovaných osvětlovacích soustav veřejného osvětlení se svítidly s LED v Číně má, podle dostupných informací, nízkou kvalitativní úroveň.

V Evropě se začínají velmi pomalu objevovat první pilotní projekty se svítidly pro LED ve veřejném osvětlení a také první programy na podporu budování osvětlovacích soustav veřejného osvětlení s těmito svítidly (např. LITES). Některé země samy iniciovaly národní programy na podporu využití světelných diod ve veřejném osvětlení. Například v Německu byla vypsaná soutěž na 10 projektů veřejného osvětlení, které se zúčastnilo 141 německých měst a obcí. Vyhodnocení proběhlo v dubnu letošního roku a deset vybraných měst obdrží dotaci do výše 2 milionů Eur [5]. Na rozdíl od USA je ale přístup k informacím o této technologii omezenější. Z pohledu hodnocení svítidel jsou v Evropě běžné pouze certifikáty zkušeben, které posuzují svítidla s ohledem na elektrickou bezpečnost a elektromagnetickou kompatibilitu, ale nezahrnují ověření světelně technických vlastností a energetické náročnosti.

Dnešní situace na českém trhu svítidel s LED pro veřejné osvětlení je charakteristická širokým rozsahem kvalitativní úrovně, přičemž nižší kvalitativní úroveň je bohužel v převaze. Pokud jsou použita nekvalitní svítidla s LED nebo se nevhodně aplikují, osvětlovací soustava nevykazuje předchozí deklarované vlastnosti týkající se životnosti, úspor elektrické energie i světelně technických parametrů. To vede k negativním zkušenostem a nedůvěře k nové technologii a limituje její zavádění do praxe.

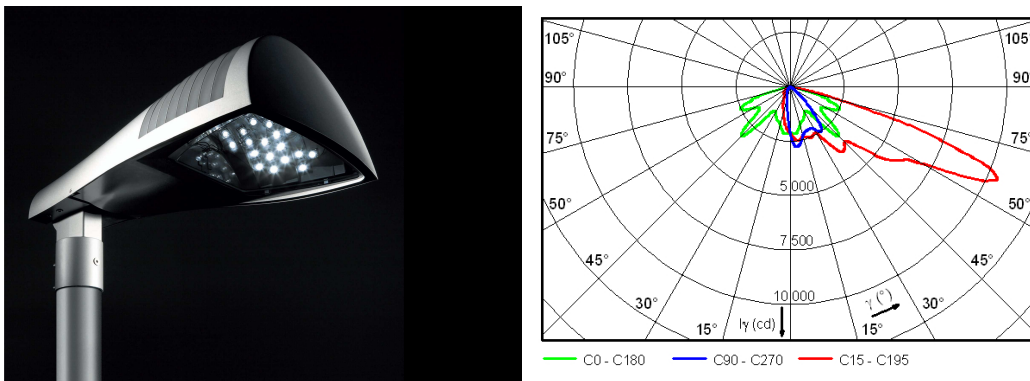
4. Porovnání soustavy se sodíkovými výbojkami a světelnými diodami

Pro získání objektivních zkušeností se svítidly LED se jako velmi užitečné jeví provést porovnávací měření mezi původní osvětlovací soustavou a novou soustavou s LED a monitorování změn světelně technických parametrů v čase. Takováto měření jsou prováděna v rámci pilotního projektu v Písku, jehož součástí je rekonstrukce veřejného osvětlení v ulici Zborovské. Na tomto pilotním projektu se společně podílejí Městské služby Písek s.r.o. a společnost Etna s.r.o..



Obr. 2 Porovnání původní a nové osvětlovací soustavy

V červenci 2009 bylo v rámci první etapy pilotního projektu osazeno 10 svítidel s LED a v dubnu 2010 v rámci druhé etapy dalších 14 svítidel. Podle projektu byla ulice Zborovská stavebně zatříděna jako sběrná komunikace kategorie B1/I. Z hlediska světelně technického odpovídá světelně situaci B1 a třídě osvětlení ME4b. Požadované světelně technické parametry pro tuto třídu osvětlení jsou uvedeny v tabulce 4. V rámci rekonstrukce veřejného osvětlení, při které bylo vyměněno kabelové vedení, stožáry i svítidla bylo zachováno původní rozmístění stožárů i výšková úroveň svítidel. Celková délka řešeného úseku je 690 m. Vizuelní porovnání původní a nové osvětlovací soustavy je zachyceno na obr. 2. Původní osvětlovací soustavu, jejíž stáří bylo větší než 15 let, tvořila svítidla pro sodíkové výbojky 150 W. V rámci pilotního projektu byla použita svítidla Archilede 84x1 W LED, iGuzzini (obr. 3). Porovnání parametrů původních i nově navrhovaných svítidel je uvedeno v tabulce 3.



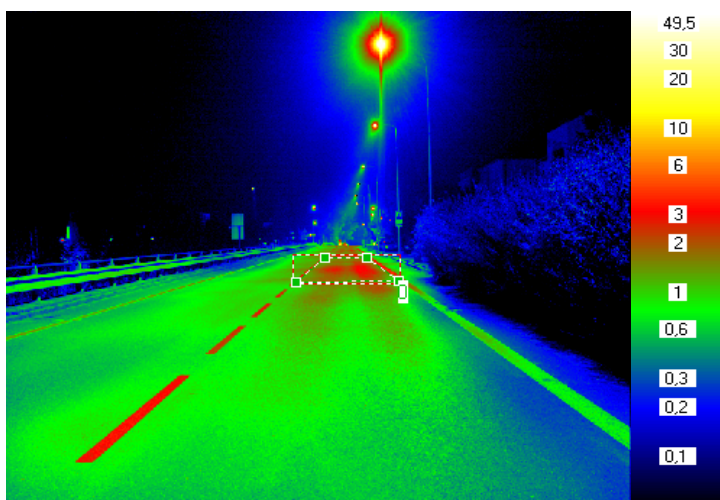
Obr. 3 a) Svítidlo Archilede 84x1W LED, b) křivka svítivosti svítidla Archilede 84x1W LED

Tab. 3 Porovnání technických parametrů svítidel

Parametr	Původní svítidlo *)	Nové svítidlo *)
Světelný zdroj	HST 150W	LED 84x1W
Světelný tok zdroje (lm)	15 000	9 408
Příkon světelného zdroje	150	94
Měrný výkon zdroje (lm/W)	100	100
Účinnost svítidla (%)	75	68
Příkon svítidla (W)	189	111
Světelný tok svítidla	11 250	6 400
Měrný výkon svítidla (lm/W)	60	58
Účinník (-)	0,96	0,97
Teplota chromatičnosti (K)	2 000	6 000
Index podání barev (-)	25	70

*) Technické parametry původní a nových svítidel byly ověřeny ve světelné laboratoři na ČVUT FEL v Praze.

Před zahájením vlastního projektu byl proveden výpočet osvětlení, který potvrdil možnost použití svítidel s LED pro řešenou komunikaci. Po osazení svítidel bylo provedeno přesné zaměření osvětlovací soustavy vůči komunikaci a byl proveden nový ověřovací výpočet v definované síti kontrolních bodů, ve kterých bylo následně provedeno měření osvětlenosti. Výsledky ověřovacího výpočtu jsou uvedeny v tabulce 4.



Obr. 4 Jasová analýza Zborovské ulice v Písku osvětlené svítidly s LED (Archilede, iGuzzini)

Po realizaci první etapy pilotního projektu bylo v říjnu 2009 provedeno první měření světelně technických parametrů nové i původní osvětlovací soustavy. V době měření měla nová osvětlovací soustava nasvíceno 900 h, venkovní teplota byla 3°C a stáří povrchu silniční komunikace bylo 15 měsíců. U nové osvětlovací soustavy bylo provedeno měření jasů (obr. 4) i osvětlenosti, u původní osvětlovací soustavy byla měřena pouze osvětlenost. Druhé měření osvětlenosti u svítidel s LED bylo provedeno v červenci letošního roku, tj. po 4 100 h provozu.

Tab. 4 Souhrnné výsledky světelně technických výpočtů a měření

Osvětlovací soustava	Světelně technické parametry								
	E_0 (lx)	E_m (lx)	r (-)	L_0 (cd/m ²)	L_m (cd/m ²)	U_0 (-)	U_L (-)	TI (%)	SR (-)
ČSN EN 13201 (ME4b)	x	10	0,4	x	0,75	0,4	0,5	15	0,5
Ověřovací výpočet									
Svítilna LED	20,9	13,6	0,4	1,36	0,88	0,6	0,7	9	0,4
Měření									
Svítilna HST	x	11,8	0,5	x	x	x	x	x	x
Svítilna LED, 900 h, 3°C	23,9	x	0,5	1,34	x	0,41	0,64	x	x
Svítilna LED, 900 h, korekce na 25°C	22,7	x	0,5	1,27	x	0,41	0,64	x	x
Svítilna LED, 4100 h, 26°C	20,4	x	0,5	x	x	0,41	0,64	x	x

V rámci pilotního projektu bylo provedeno porovnání provozních nákladů původní a nové osvětlovací soustavy (tab. 5). Výpočet provozních nákladů vychází z místních podmínek a zahrnuje náklady na elektrickou energii i náklady na údržbu svítidel. Z porovnání obou osvětlovacích soustav je zřejmé, že lze v současné době svítidla s LED dosáhnout normou požadovaných světelně technických parametrů a zároveň nižších nákladů na elektrickou energii i údržbu v porovnání se staršími osvětlovacími soustavami pro vysokotlaké sodíkové výbojky. V rámci pilotního projektu se neposuzovala návratnost LED svítidel, jelikož pilotní cena svítidel neodpovídá běžné reálné ceně svítidel.

Tab. 5 Porovnání provozních nákladů původní a nově navrhované osvětlovacích soustav s 24 svítidly

Parametr	Původní svítidla HST	Nová svítidla LED
Roční provozní náklady na el. energii	39 208 Kč	23 282 Kč
Roční provozní náklady na údržbu	5 874 Kč	960 Kč
Roční náklady	45 082 Kč	24 242 Kč
Roční úspora pro 24 svítidel	20 840 Kč	

5. Závěr

Při porovnání výsledků měření a výpočtu po 900 hodinách vychází, že naměřené hodnoty osvětlenosti jsou o 14% vyšší než hodnoty vypočtené. Tento rozdíl je způsoben dvěma faktory. Prvním je nižší teplota okolí (3°C) v porovnání s teplotou při fotometrickém měření svítidel v laboratoři (25°C). Podle údajů výrobce LED odpovídá uvedený rozdíl teplot nárůstu světelného toku o cca. 5%. Druhým faktorem je rezerva, která se u fotometrických údajů většiny výrobců pohybuje v rozsahu od 5% do 10%. V tabulce 4 je provedena korekce světelně technických veličin na teplotu okolí 25°C. Při druhém měření po 4 100 hodinách, byl zaznamenán pokles osvětlenosti o 10%. V intervalu mezi měřeními nebylo provedeno čištění svítidel. Vzhledem k tomu, že se jedná o relativně frekventovanou komunikaci, lze předpokládat, že určitý podíl na poklesu světelného toku má i zašpinění svítidel. V dalších fázích pilotního projektu bude provedeno měření svítidel při neočištěných i při očištěných svítidlech.

Literatura a odkazy

- [1] Bardsley Consulting, Navigant Consulting, Inc., Radcliffe Advisors, Inc. SB Consulting a Solid State Lighting Consulting Inc., Solid-State Lighting Research and Development: Multi-Year Program Plan, March 2010
- [2] www.newstreetlights.com
- [3] www.ledcity.org
- [4] www1.eere.energy.gov/buildings/ssl
- [5] www.osvetle.cz

Návrh optiky zářivkového svítidla

Zdislav Žwak, Ing.

Jiří Harabiš, Ing.

Visteon-Autopal s.r.o., Nový Jičín,

www.visteon.com, zzwak@visteon.com, jharabis@visteon.com



Úvod

Rozvoj počítačů jak z hlediska výpočetního výkonu, tak i z hlediska rozmanitosti programového vybavení nám umožňuje podstatně zjednodušit práci a snížit čas strávený na vývoji produktů z oblasti světelné techniky. Projektováním s využitím počítačů se zjednoduší vývoj svítidla, ať už se jedná o automobilovou svítilnu či světlomet, interiérová svítidla, signalizační zařízení, průmyslová svítidla nebo veřejné osvětlení aj. Zjednodušení práce a úspora času má také vliv na prostředky vynaložené na vývoj.

Zadání a požadované výstupy

Jako podklad pro návrh interiérového zářivkového svítidla byl použit třírozměrný model v elektronické podobě, který obsahoval veškerou výzbroj potřebnou pro funkci svítidla. Nosná část svítidla byla vyrobena z plechu povrchově úpraveného práškovou bílou barvou. Model krycího skla definoval tvar a požadovaný profil skla. Zdroji světla byly dvě nízkotlaké rtuťové zářivky T8 4100K s výkonem 18W.

Úkolem bylo napočítat na vnitřní stranu krycího skla optické prvky takovým způsobem, aby výsledná křivka svítivosti navrženého zářivkového svítidla co nejvěrněji odpovídala požadované křivce svítivosti dodané zadavatelem. Při návrhu se musel respektovat tvar optiky vývojově starších modelů, aby jim nejnovější zástupce modelové řady stylisticky odpovídal a zapadl do „rodiny“. Z hlediska parametrů svítidla byl kladen důraz na dosažení co nejvyšší možné účinnosti svítidla.

Použité softwarové vybavení

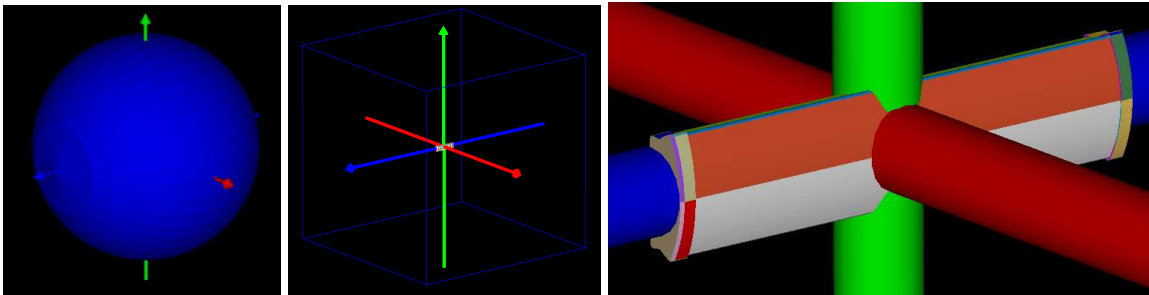
Pro návrh veškerých optických prvků, a to jak odrazných, tak lámavých používáme (Visteon – Autopal) několik programů:

- EXPOSE – program vyvinutý programátory Visteon - Autopalu „na míru“ sloužící k přesnému konstruování optických částí. Umí na základě vstupních proměnných spočítat optiku tak, aby světlo odrážela nebo lámala žadáním směrem.
- Dassault Systèmes CATIA – 3D CAD program využívaný pro mechanické konstruování. S jeho pomocí skládáme jednotlivé optické i konstrukční části dohromady a připravujeme export jednotlivých částí do podoby vhodné k simulaci. K drobným úpravám využíváme 3D CAD program Rhinoceros.
- ASAP – optický program, který zpracovává konstrukční části svítidel, přiřazuje jim povrchové a objemové vlastnosti, definuje zdroje světla a realisticky počítá dráhu paprsku od zdroje optickou soustavou směrem k detektoru. Vhodný pro časté opakování iterací.
- Lucid Shape – optický program, využívaný pro okamžitou analýzu optiky v reálném čase.
- Beam Analyzer - program vyvinutý programátory Visteon - Autopalu „na míru“ sloužící k zobrazování isocandellových map.

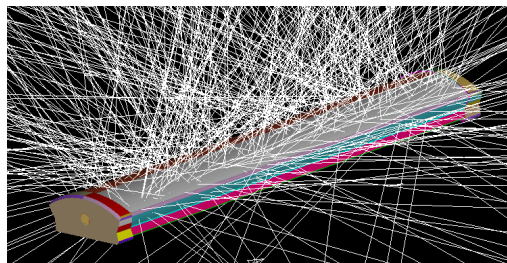
Praktická část

Praktický návrh interiérového zářivkového svítidla se skládal z několika hlavních kroků:

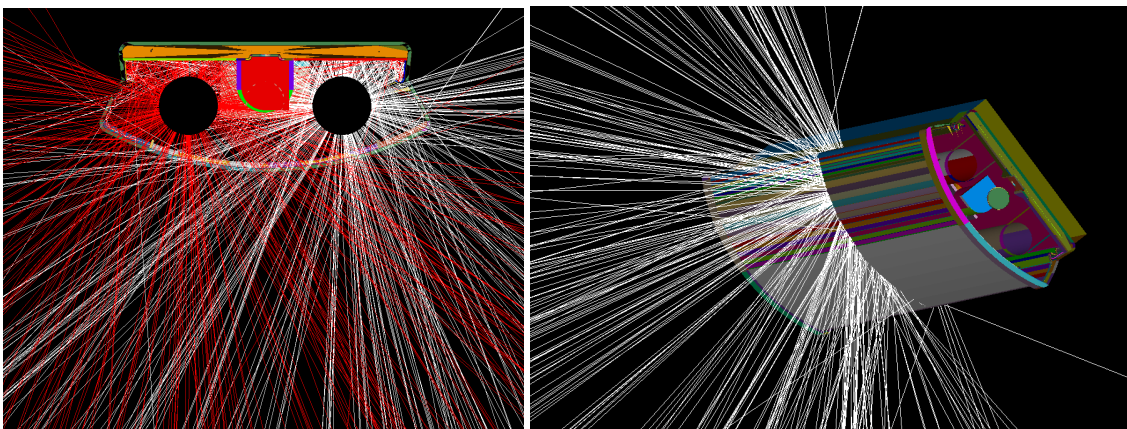
- Příprava dat do podoby stravitelné pro použité programové vybavení.
- Vytvoření fyzikálního a geometrického modelu zářivky spolu s vyzařovací charakteristikou zdroje.
- Základní návrh optických elementů v CATII, které se dále ladily v závislosti na tvaru křivek svítivosti.
- Definování odrazných a propustných vlastností použitých materiálů. V případě odrazných materiálů se definovala difusní křivka a činitel odrazu. Pro propustné materiály index lomu a činitel absorpce.
- Simulace funkce svítidla. Výpočet dráhy paprsku je proveden pomocí programu ASAP. Uspořádání je podobné jako při měření na fotometrické lavici. Jako detektor (luxmetr v realitě) je využita koule o poloměru 3 m, která má ve svém středu analyzované svítidlo. ASAP počítá dráhu paprsku od zdroje skrze optickou soustavu a ukončí ji při setkání s detektorem. Výsledkem je úhlová mapa pro prostor 4π , která obsahuje absolutní hodnoty svítivosti (cd) s krokem 1° . Z isocandelové mapy se poté odečtou hodnoty svítivosti pro roviny C0, C30, C60 a C90, které se následně podělí součtem toků zdrojů. Výsledkem je křivka svítivosti v cd/klm.
- Předání dat konstrukční dílně pro posouzení vyrobiteľnosti



• Kulový detektor (vlevo); osy X, Y, Z (uprostřed); detail 3D modelu (vpravo)



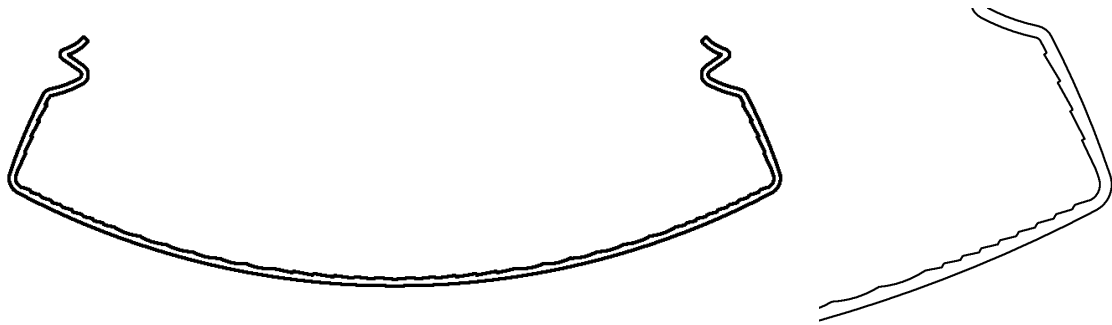
• Simulace dráhy paprsků



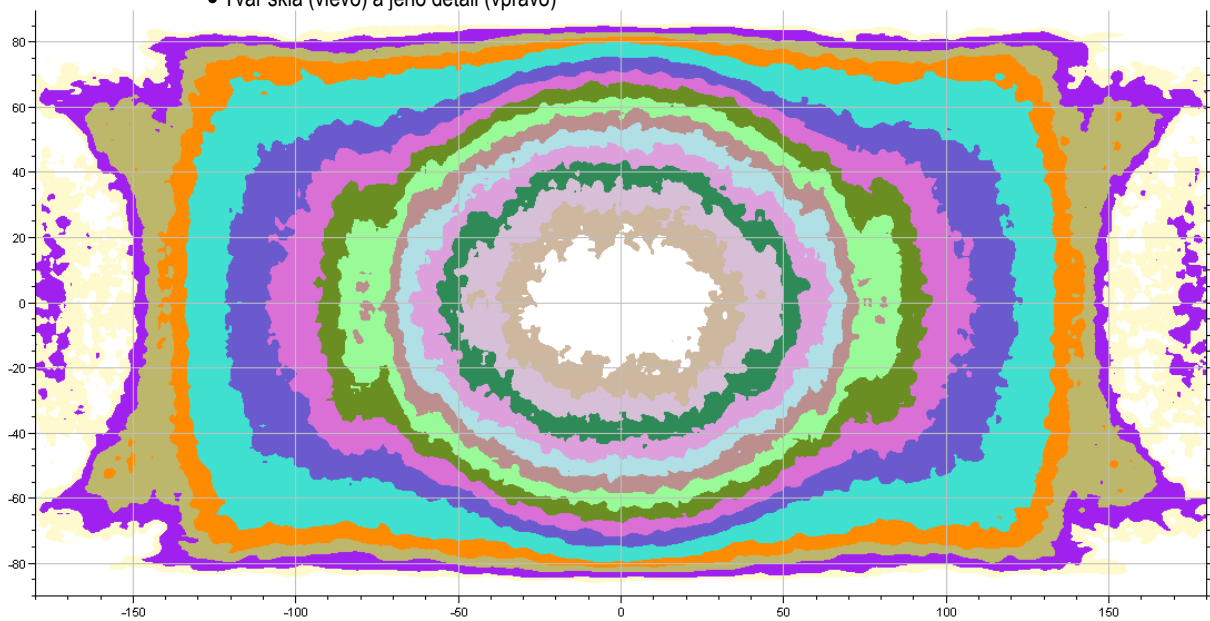
• Řez svítidlem a simulace dráhy paprsků v rovině ZX

Závěr

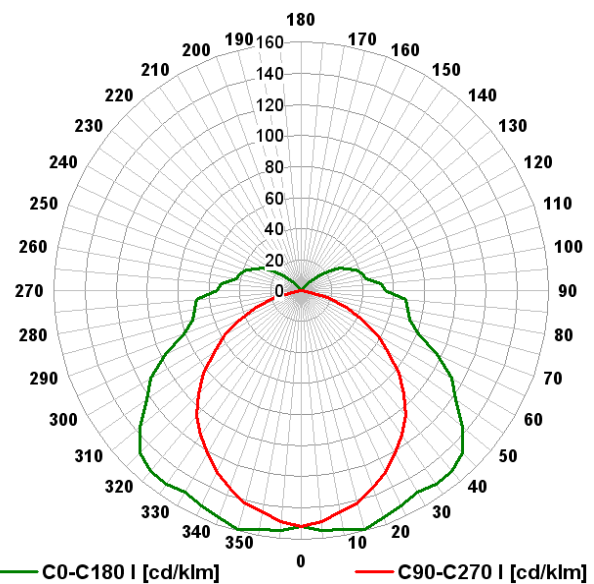
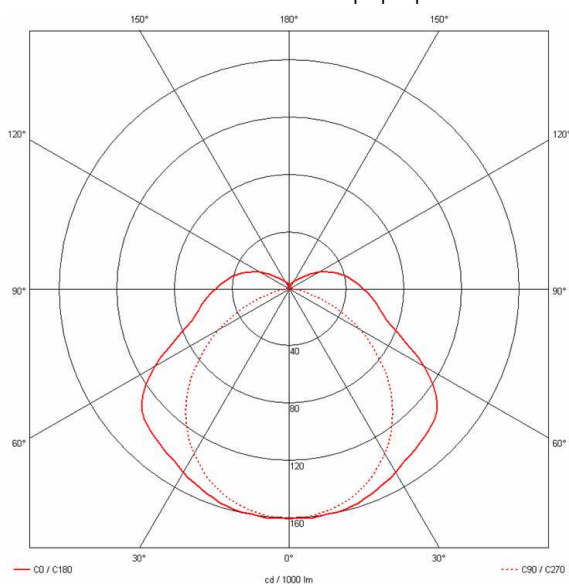
Dle zadaných vstupů se podařilo namodelovat optiku na skle svítidla tak, aby výsledná křivka svítivosti odpovídala požadované křivce. Odchytky od žádané křivky svítivosti jsou způsobeny mimo jiné maximální tloušťkou skla, do které se měla vměstnat optika skla a zároveň zachovat minimální tloušťku materiálu, aby nedocházelo k praskání skla při mechanickém namáhání. Po předání optických dat byla nástrojovou dílnou vyrobena forma a funkční vzorky. Měření reálného kusu svítidla vykázalo vysokou shodu se simulací.



• Tvar skla (vlevo) a jeho detail (vpravo)



• Isocandelová mapa pro prostor 4Π



• Výsledné křivky svítivosti. Naměřená na funkčním vzorku (vlevo) a simulace (vpravo).

Novela nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Motyčková Pavla

pavla.motyckova@mzcr.cz

Přestože od vydání nového nařízení vlády č. 361/2007 Sb. neuplynulo mnoho času, je tady jeho první novelizace. V zásadě lze shrnout, že k novelizaci citovaného nařízení vlády bylo přistoupeno z věcných důvodů, zejména pak v těch oblastech, kde je snaha zjednodušení právního rámce.

Upravované oblasti, které jsou předmětem novelizace sice splňují požadavky na jejich aplikaci v praxi, avšak jejich vyjádření se jeví částečně jako vysoce odborné, což pro zaměstnavatele, kterým je určeno, působí určité problémy. To se týká zejména problematiky posuzování zátěže teplem na pracovišti a její eliminace pomocí stanovení kratší pracovní doby a pracovního úkonu, souběžně pak i problematiky poskytování ochranného nápoje z důvodu tepelné zátěže, jehož nárok je třeba prokazovat.

V oblasti prokazování míry tepelné zátěže pro účely poskytování ochranného nápoje, stávající právní úprava je výslovně upravena pro uzavřená pracoviště a stanoví jediné kritérium, a to zjištění úrovně operativní teploty, která se vypočítává z naměřených ukazatelů. Přestože tento princip je odborně správný, pro účely poskytování ochranného nápoje je poněkud těžkopádný, neboť není reálné při přetrvávajících teplotních podmínkách každodenně provádět požadovaná měření, pakliže tato mohou navíc provádět jen akreditovaná a autorizovaná pracoviště a je logické, že při početním zastoupení takto exponovaných míst, není ani reálné toto měření kapacitně zajistit.

Je sice možné i v současné době, aby si zaměstnavatel orientačně teploměrem s běžným tepelným čidlem ověřil teplotu na pracovišti, avšak toto měření může použít jen tehdy, byla-li již na něm stanovena operativní teplota na základě odborně provedeného měření a současně mezi tím nedošlo ke změně podmínek práce. Tento způsob je aplikován zejména tam, kde je výskyt tepelné složky celoroční a kde se tato měření a stanovení operativní teploty provádí automaticky a bez větších výhrad.

Jiný problém však vzniká na těch pracovištích, kde tepelná složka není celoročně přítomna a vliv tepelné zátěže se v podstatě redukuje jen na teplé období roku. Přestože zákon č. 309/2006 Sb. v § 7 stanoví zaměstnavateli podmínku, aby v případě, že nelze překročení nejvyšších přípustných hodnot rizikových faktorů vyloučit omezovat jejich působení technickými, technologickými a jinými opatřeními, kterými jsou zejména úprava pracovních podmínek, doba výkonu práce, zřízení kontrolovaných pásem, používání vhodných osobních ochranných pracovních prostředků nebo poskytování ochranných nápojů, nezmiňuje povinnost upravit samotnou stavbu, tzn. zajistit izolaci proti teplu. Tento fakt pak akceptuje i citované nařízení vlády, když nabízí možnosti opatření ke snížení míry rizika zátěže teplem prostřednictvím zkrácení doby výkonu práce a poskytnutím ochranného nápoje.

Používání ukazatele operativní teploty jak pro účely prokazování nároku na ochranný nápoj, tak pro stanovení dlouhodobě a krátkodobě únosné doby práce zejména s přihlédnutím k náročnosti jejího zjišťování vedlo k hledání nového způsobu mikroklimatických podmínek.

Navrhovaná novela proto zavádí oddělení zjišťování limitní teploty pro účely dlouhodobě a krátkodobě únosné doby práce a pro teplotní minima a maxima na pracovišti po celý kalendářní rok, od zjišťování okamžité teploty na pracovišti, pro účely poskytování ochranného nápoje.

Mikroklimatické podmínky

Jako problematické se ukázala současná úprava zejména části věnující se tepelné zátěži, tedy mikroklimatickým podmínkám na pracovišti. Ta je správná v tom, že váže vznik nároku na ochranný nápoj na prokázání překročení hygienických limitů pro tepelnou nebo chladovou zátěž tedy mikroklimatických podmínek, jak požaduje zákoník práce v § 104 odst. 2, avšak stanovený způsob průkazu u tepelné zátěže se ukazuje jako obtížně aplikovatelný v praxi. Obtížnost spočívá v tom, že je postaven výhradně na výsledcích komplexního měření, které ovšem nemůže provádět zaměstnavatel, ale jen osoba akreditovaná, pakliže jí není on sám.

Žádoucího stavu má být dosaženo tak, **že se oddělují měření určená pro stanovení dlouhodobě a krátkodobě únosné doby práce včetně měření ověřujících dodržování minimální a maximální teploty na pracovišti, od měření určeného pro ověření, zda nenastaly takové tepelné podmínky, které navozují, že vzniká zaměstnanci nárok na ochranný nápoj.** Dále se zároveň stanoví již definované ztráty tekutin odvislé od druhu práce podle třídy práce, jež se váží nejen k samotnému tepelnému prostředí, ale zejména k energetickému výdeji, který je jedním z ukazatelů, který ztrátu tekutin významně ovlivňuje. Pochopitelně tam, kde jsou nebo budou prováděná i nadále komplexní měření, lze využít k ověření přetrvávající úrovně zátěže teplem pouze měření aktuální teploty, pakliže v mezidobí nedošlo ke změnám podmínek práce.

Oproti stávající úpravě se při hodnocení zátěže teplem upřesňují způsoby jejího hodnocení pro účely pravidelného zjišťování úrovně mikroklimatických podmínek a stanovuje se, za jakých podmínek je možné měření tepelné zátěže uskutečňovat a kdy je možné považovat průběžné výsledky měření za validní.

Protože nařízení vlády nemůže podrobně stanovit jednotlivé postupy při měření, odkazuje se při jejím zjišťování na metodu měření (*poslední byla uveřejněna ve Věstníku MZDR č. 1/2009 a bude novelizována po přijetí této novely*).

Novela dále upřesňuje možnost ověření, zda i nadále přetrvávají mikroklimatické podmínky, které byly již jednou vyhodnoceny měřením operativní nebo výsledné teploty, a to kalibrovaným teploměrem, který splňuje požadavky zvláštního právního předpisu, kterým se rozumí zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii, ve znění pozdějších předpisů, což umožní zaměstnavateli, aby si prakticky mohl průběžně sledovat úroveň mikroklimatických podmínek sám.

Oproti stávajícímu textu dochází k úpravě vyjádření „práce a odpočinku“, jako režimových opatření přijímaných k ochraně zdraví před tepelnou zátěží v souladu se zákoníkem práce, který tímto režimovým opatřením má na mysli uplatňování „bezpečnostních přestávek“ mezi jednotlivými úseky výkonu práce. Současně se upravují podmínky pro stanovení dlouhodobě a krátkodobě únosné doby práce v případech, kdy zadávací parametry uvedené v tabulkách 1a až 2c neodpovídají údajům zde uvedeným a upřesňuje se, jaké vyšetření nebo metodu lze pro takové stanovení použít. Zároveň se upozorňuje, kdy nelze metodu tepelného stressu použít.

Navrhovaná úprava upřesňuje, za jakých podmínek lze pracovat v zátěži chladem na nevenkovním pracovišti (v uzavřeném prostoru) a na venkovním pracovišti, a jakým způsobem se na těchto pracovištích zátěž chladem hodnotí.

Dále se pak upřesňuje, že práci v zátěži chladem lze jako práci trvalou vykonávat jen za podmínky, že jde o práci s energetickým výkonem vyšším než $106 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ vykonávanou na pracovišti, kde je uměle udržovaná minimální teplota $t_{\text{omin}} 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší nebo jde o práci na venkovním pracovišti i se stejným teplotním minimem, čímž se vylučuje, aby bylo možné v zátěži chladem vykonávat práci vsedě.

Uvádí se do souladu aplikace ochranných opatření před účinky chladové zátěže pro všechna pracoviště a stanovuje se celková doba nepřetržité práce v chladové zátěži tak, aby bylo vyloučeno, že bude taková práce vykonávána na nevenkovním pracovišti, kde zaměstnavatel nezajišťuje dodržení minimální požadované teploty, ale jen tam, kde jde o teploty uměle udržované z technologického hlediska nebo na venkovním pracovišti.

Upravují se požadavky na pracoviště z hlediska minimální a maximální teploty, a to jak operativní, tak teploty kulového teploměru u zátěže teplem a teploty operativní a teploty vzduchu u zátěže chladem, pro celý kalendářní rok. Výjimku tvoří jen pracoviště, vyžadující zvláštní tepelné podmínky, a pracoviště, na něž nelze technickými prostředky odstranit zátěž teplem a v případě chladové zátěže pak pracoviště, kde je nutná udržovaná teplota.

Ochranný nápoj

Navrhovaná úprava směřuje ke zjednodušení analýzy mikroklimatických podmínek při práci ze strany zaměstnavatele, a to výslovně jen pro účely poskytování ochranného nápoje. To je vázáno vždy na průkaz, zda v daný pracovní den resp. směně došlo k překročení hygienických limitů zátěže teplem nebo chladem, tedy mikroklimatických podmínek ve smyslu zákoníku práce. U zátěže chladem je zjišťování jednodušší v tom, že stačí pouhé měření aktuální teploty, a to buď na uzavřeném pracovišti, například v budově, ale také v kabině řidiče nebo měření venkovní teploty, jde-li o práci na venkovním pracovišti, neboť jednotčím hygienickým limitem je teplota $t_a 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Její překročení pak avizuje, že vznikl nárok na ochranný nápoj, který je na rozdíl od nárokového množství při tepelné zátěži jednotný, a to $\frac{1}{2}$ litru teplého nápoje za osmihodinovou směnu.

Naproti tomu zátěž teplem nemá jednotný limit, neboť je posuzována v závislosti na energetickém výdeji, který zaměstnanec při dané práci vynakládá a ztráta tekutin je proto diferencovaná. Tento aspekt pak při hodnocení míry zátěže teplem zároveň s dalšími posuzovanými kritérii, jako jsou všechny teplotní složky, vlhkost vzduchu a proudění vzduchu v praxi ztěžuje včasné prokázání překročení zátěže teplem, které je klíčové pro vznik nároku na ochranný nápoj, neboť takový průkaz je možné získat jen na základě komplexního měření. Tento průkaz je odborně správný, nicméně v praxi těžkopádný, neboť měření musí být provedeno akreditovaným pracovištěm a i když prokáže, že byl překročen limit pro tepelnou zátěž, tj. t_{\max} , míjí se tento údaj s okamžitou aplikací ochranného nápoje v den měření. Je sice i v současné době možné, aby si zaměstnavatel orientačně potvrdil měřením teploty t_a na pracovišti, že v daný den přetrvávají nevyhovující mikroklimatické podmínky, ale pouze tehdy, bylo-li na tomto pracovišti již komplexní měření v minulosti provedeno a mezi tím se podmínky práce nezměnily.

S ohledem na kolísání venkovní teploty, zejména v letním období roku, se ukazuje jako obtížné ze strany zaměstnavatele určit jen na základě hodnocení rizika, zda na daném pracovišti může docházet k překročení tepelné zátěže vlivem slunečního záření a je tedy nezbytné zjistit jeho okamžitou úroveň komplexním měřením. Jednodušší se naopak jeví posuzování tepelné zátěže na pracovišti, kde je celoročně přítomna sálavá složka tepla, například u tavičů, sklářů apod., kde právě tento vliv je klíčovým ukazatelem pro stanovení skutečné úrovně zátěže teplem, která je vždy ověřována komplexním měřením.

Navrhované řešení vychází vědomě z toho, že je nutné bezprostředně určit, zda v probíhající pracovní směně dochází k překročení hraniční hodnoty tepla a je možné přistoupit k okamžitému poskytování ochranného nápoje, neboť ztráta tekutin překročila hygienický limit 1,25 l za osmihodinovou směnu. Proto mimo navržených teplot na pracovišti pro daný druh práce podle třídy práce se **zároveň pro zjednodušení přidává definovaná ztráta tekutin v příloze č. 1 části A tabulce č. 1**, z níž pak může zaměstnavatel vycházet při určení přesného množství náhrady ztráty tekutin, která činí 70 % z dané ztráty.

Tento princip platí obecně pro všechny druhy práce zařazené do třídy I až V podle přílohy č. 1 části A tabulky č. 1 mimo prací, při nichž je zaměstnanec povinen nosit ochranný speciální oblek a oblek, který brání odpařování potu a nelze je použít rovněž na pracovištích, kde je vlhkost vzduchu vyšší, než 80 %. Pro takové případy i nadále bude platit, že pro zjištění skutečné ztráty tekutin je nezbytné provést komplexní měření.

Pro stanovení maximální teploty, která ještě platí pro definovanou ztrátu tekutin podle přílohy č. 1, části A tabulky č. 1 se stanovuje určité teplotní rozpětí. Při překročení poslední možné teplotní hranice se pak navrhuje, aby **náhrada ztráty tekutin byla navýšena ze 70 % na 80 %**.

Odstraňuje se taxativní požadavek vždy zajistit, aby přístup k ochrannému nápoji byl bezpečný, což v případě, že si ochranný nápoj musí pořídit sám zaměstnanec až na místě skutečného výkonu práce, zejména v případech, kdy je vysílán mimo vlastní provozovnu, nebylo možné dodržet. Tento požadavek není nutné nadále ponechávat v obecné rovině, neboť poskytované nápoje jsou většinou zaměstnavatelem distribuovány v uzavřených nádobách a pro případy vyloučení možné kontaminace, např. u oliva, je princip poskytování ochranného nápoje upraven samostatně.

Upřesňuje se, že **ochranný nápoj definovaný hygienickým limitem nenáleží zaměstnanci, který vykonává práci odpovídající třídě práce I a IIa, když druhy prací v těchto třídách nevyžadují významný energetický výdej, a proto ztráta tekutin tento limit nepřesahuje**.

Nově se naopak upravuje princip poskytování ochranného nápoje ve vztahu k objemu ztráty tekutin, zejména však minerálních látek, a to formou buď přímého odečtu ztráty tekutin podle třídy práce a předpokladu překročení teploty t_a upravených v tabulce č. 3 nebo ztráty změřené.

Jako ochranný nápoj, kde zejména přísun minerálních látek je klíčový, se **navrhuje jeho sjednocení na přírodní minerální vody se střední mineralizací, kterým odpovídají de facto všechny minerální vody na území ČR pro neléčebné účely**. Jelikož se ztráty tekutin liší podle třídy práce, je jejich 70 % náhrada ve formě minerální vody vždy úměrná každé z nich, a proto není na místě další diferenciace pomocí odlišného obsahu minerálních látek.

Současně návrh novely pamatuje i na jiné nápoje, které jsou poskytovány jako ochranné, a to **nápoje vytvářené z pitné vody, do níž se přidávají nejen potravní doplňky včetně vitamínů, ale i minerály, pokud je jejich obsah požadován s ohledem na standard ochranného nápoje**.

Odstraňuje se rovněž vymezení technologického důvodu pro stanovení nároku na ochranný nápoj při práci v chladové zátěži v souladu se změnou v § 6 odst. 1, který výslovně operativní teplotu t_o váže na všechna pracoviště, kde chladová zátěž musí být udržována.

S výše uvedenými úpravami souvisí i úprava definice resp. kritérií ochranného nápoje poskytovaného při zátěži teplem, která reaguje na skutečnost, že původně užití kritérium - obsah pevných rozpuštěných látek, který byl uváděn na etiketě jako povinný se na základě změny vyhlášky 275/2004 Sb., vycházející ze směrnice Rady 80/777/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se využívání a prodeje přírodních minerálních vod již uvádět nemusí a tato ani nenabízí možnost jiného společného ukazatele, který by bylo možné pro účely jednoduché informace pro zaměstnavatele, použít.

To, že je v zásadě kritériem ochranného nápoje chránícího před účinky tepelné zátěže právě obsah minerálních látek vychází z principu jeho ochranné funkce, kterou je mimo doplnění tekutin ztracených potem a dýcháním i doplnění o minerální látky, které člověk zejména při vyšší zátěži teplem spojené navíc s vyšší fyzickou zátěží rovněž ztrácí.

Jelikož je nezbytné akceptovat nenavyšování administrativní zátěže zaměstnavatelů a ani jim neztěžovat jejich činnost, je nutné stanovit takový jednotný ukazatel, který by nenutil zaměstnavatele složitě zjišťovat výsledky rozboru daného nápoje a další údaje, ale naopak jim výběr ochranného nápoje maximálně ulehčil.

Z tohoto důvodu se **navrhuje upravit ochranné nápoje tak, aby šlo primárně o přírodní vody podle vyhlášky č. 423/2001 Sb.**, (vyhláška o zdrojích a lázních), které ovšem neslouží k léčebným účelům a protože existuje možnost doplnit jiné nápoje o minerální látky, lze i tyto považovat za ochranné, pokud objem minerálních látek bude stejný, jako u přírodní minerální vody.

Změnou kritérií se také návrh musel zabývat podmínkami nároku na ochranný nápoj. Ty se stanoví jednotně, a to po splnění překročení hygienického limitu ztráty tekutin, tedy vyšší než 1,25 litru za osmihodinovou směnu, avšak se budou lišit v množství, neboť povinná 70% náhrada bude odlišná při ztrátě 1,25 litru, kdy bude činit cca 0,9 litru ochranného nápoje, od ztráty například 4 litry, kdy náhrada bude činit 2,8 litru.

Protože princip poskytování ochranného nápoje je v ČR dlouhodobým trendem a zejména u ztrát překračujících 2 litry za osmihodinovou směnu se většinou podávají minerální vody, nelze spatřovat v navrhované úpravě zásadních rozdílů.

K rozlišení typu pracoviště pro účely odlišného posouzení zátěže teplem nebo chladem ve spojitosti s nároky na ochranný nápoj **se zavádí mimo již užívaný termín „venkovní pracoviště“ ještě termín „nevenkovní pracoviště“, kterými jsou všechna pracoviště, která jsou chráněna před venkovními vlivy počasí.** Protože měření teplot na pracovišti nemá jen význam pro zjištění nebo přiřazení definované ztráty tekutin pro určení výše její náhrady, ale je určujícím kritériem pro zásadní ochranné opatření, stanovuje se režim práce a bezpečnostních přestávek, vypočítaný podle postupu uvedeném v příloze č. 1 části B. Navrhovaná úprava však dává zejména v této věci do souladu se zákoníkem práce princip režimových opatření, kterým se rozumí střídání práce a bezpečnostní přestávky a nikoliv práce a odpočinku.

Ztráty tekutin jsou odstupňované a standardně odpovídají druhu práce s odpovídajícím energetickým výdejem, u níž pak zaměstnavatel následně podle přílohy č. 1 části B tabulek 1a až 2c určuje dobu trvání směny a dobu trvání jednotlivého výkonu práce tzv. dlouhodobě a krátkodobě únosnou dobu práce. Protože nejvyšší ztráta tekutin se vymezuje 4 litry za osmihodinovou směnu pro nejtěžší druh práce zařazené podle třídy práce ve smyslu přílohy č. 1 části A tabulky č. 1 do třídy V a tomu odpovídají stanovené dlouhodobě a krátkodobě únosné doby práce, je nutné, aby v případech, **že ztráta tekutin bude vyšší než 4 litry za osmihodinovou směnu, bylo postupováno pro stanovení režimu práce a bezpečnostní přestávky individuálně podle výpočtu** uvedeném v české technické normě o ergonomii tepelného prostředí.

Azbest

Navržená úprava odpovídá stavu, kdy již musí být plněny jmenovité požadavky při práci s azbestem, neboť jeho průkaz byl potvrzen a nikoliv stavu, kdy je teprve předpoklad, že v rámci odstraňování stavby nebo její části nebo rekonstrukce mohou připadat v úvahu i práce spojené s odstraněním azbestu. Principiálně postup při výskytu azbestu v rámci odstraňování stavby řeší stavební zákon, který rovněž upravuje, jakým způsobem lze azbest odstraňovat vlastníkem stavby a stavebním podnikatelem. Protože stavební zákon neřeší odstraňování azbestu jinak, než v rámci odstranění stavby, pamatuje toto nařízení vlády i na jiné zdroje se starou zátěží azbestem, například odstraňování starých protipožárních nátěrů a umožňuje tak aplikovat opatření k ochraně zdraví při práci i na ně.

Navrhuje se, aby měření k ověření přítomnosti a úrovně azbestu na pracovišti bylo prováděno vždy, **vyjma prací, které jsou ojedinělé s krátkodobou expozicí azbestu ve smyslu vyhlášky č. 394/2006 Sb.** Ověření úrovně azbestu v ovzduší vychází ze směrnice 2003/18/ES, která sleduje cíl, vyloučení možné expozice azbestu pro ty zaměstnance, kteří vstupují do prostor, v nichž bylo prováděno odstraňování azbestu, aby tam vykonávali jiné práce související s rekonstrukcemi nebo odstraňováním staveb, zařízení apod. Měření je proto považováno za jediný průkaz, že ovzduší na takovém pracovišti není kontaminováno azbestem a v pracích lze pokračovat.

Fyzická zátěž, lokální svalová zátěž, pracovní polohy a ruční manipulace s břemenem

Další oblast navrhovaná k úpravě zahrnuje celkovou fyzickou zátěž, lokální svalovou zátěž, pracovní polohy a ruční manipulaci s břemeny. Jmenované faktory jsou sice definovány podle ukazatelů a jsou pro ně stanoveny hygienické limity, avšak tyto v současnosti nařízení vlády váže na tzv. charakteristickou směnu, což v případě těchto faktorů se jeví jako obtížné. Charakteristická směna totiž vymezuje celoroční nebo časově vázaný standard, což v případě jmenovaných rizikových faktorů není možné aplikovat. U těch se musí směna stanovit tak, aby zohledňovala stálé měnící se podmínky, které přímo vyplývají z charakteru dané práce, a proto je nutné takovou směnu definovat odlišně, a to jako směnu průměrnou. Rovněž tak se upřesní, že pouze u průměrných hygienických limitů lze tyto procentuálně navýšit za určitých podmínek, pokud půjde o směny delší než osmihodinové nebo o nerovnoměrně rozloženou pracovní dobu.

Mimo upřesnění definic ukazatelů celkové fyzické zátěže se upravují hygienické limity jako přípustné a průměrné, minutové, směnové a roční stejně tak jak se vymezuje, že tyto **limity se stanovují na průměrnou směnu**. Tato vymezení odpovídají odlišnému hodnocení míry rizika, neboť reflektují na měnící se podmínky při této zátěži, kterým je zaměstnanec vystavován během výkonu práce, včetně směnnosti. Hygienické limity se dále stanovují odděleně pro ženy a muže, neboť logicky musí odpovídat rozdílné fyziologii obou pohlaví. I nadále **se stanovuje možnost překročení průměrných hygienických limitů podle skutečné směnnosti, avšak u směn 12tuhodinových a delších toto navýšení nesmí přesáhnout 20 %**. Navýšení hygienického limitu se nevztahuje k přípustným hygienickým limitům.

Obdobně jako u celkové fyzické zátěže se stanovují přípustné a průměrné hygienické limity na průměrnou směnu včetně možnosti jejich časového navýšení u lokální svalové zátěže. Doplňuje se jednotné ustanovení § 25a, které řeší minimální požadavky na ochranu zdraví při práci s celkovou fyzickou a lokální svalovou zátěží.

Upřesňuje se textově, **co se rozumí pracovní polohou**, která je ze zdravotního hlediska nevhodná a v § 27 se upřesňují jednotlivé hygienické limity pro definované pracovní polohy jako průměrné. Stejně jako u celkové fyzické zátěže a lokální svalové zátěže se stanoví, za jakých podmínek lze průměrné hygienické limity navýšit. Návrhem se dále **doplňují do ust. § 27a chybějící minimální opatření k ochraně zdraví při práci v podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních polohách**.

Dochází pouze k obsahové úpravě ruční manipulace s břemenem, bez změn v dosavadních hygienických limitech. **Upřesňuje se však možnost navýšení průměrných hygienických limitů obdobně jako u celkové fyzické zátěže, lokální svalové zátěže a pracovních poloh**. Dále se **doplňuje do § 30 odstavec 2, který upravuje chybějící minimální opatření k ochraně zdraví při práci s břemenem**. Byla rovněž provedena technická úprava tažných a tlačných sil pro ženy a muže.

Navrhuje se, aby se sjednotila opatření k ochraně zdraví při práci obdobně jako u celkové fyzické zátěže, lokální svalové zátěže, v nepřijatelných a podmíněně přijatelných pracovních polohách, práce spojené s ruční manipulací s břemenem také u psychické zátěže, zejména pak u práce spojené s monotonií a práce vykonávané ve vnuceném pracovním tempu a dále u práce spojené se zrakovou zátěží, neboť jde o faktory, jejichž minimalizaci vlivu na zdraví lze omezovat v zásadě jen režimovými opatřeními.

Bezpečnostní přestávka

Navrhuje se upravit stávající text tak, aby bylo zřejmé, že bezpečnostní přestávka má být skutečně umožněna **nejen u práce rizikové, ale také u práce, při níž musí zaměstnanec povinně používat osobní ochranný pracovní prostředek, který svou konstrukcí nebo svými vlastnostmi ztěžuje zaměstnanci pohyb, dýchání, vidění a další fyziologické funkce**. V obou případech je jednotícím kritériem druh ochranného pracovního prostředku včetně kombinace více ochranných prostředků, které svými vlastnostmi působí negativně na pocitové vnímání zaměstnancem. Na straně druhé existují další ochranné prostředky, které musí zaměstnanec používat po celou dobu výkonu práce, například boty s kovovou špičkou, zástěru apod., avšak jejich používání není spojeno s významným negativním dopadem na pocitové vjemy. Navrhovaným zněním se, aby určujícím kritériem ztěžování fyziologické funkce bylo zhodnocení, zda nošení prostředku nebrání jejímu základnímu využívání.

Větrání

Upřesňuje se, že větrání je nutno vždy zajistit tak, aby jeho účinnost byla zachována jak je požadováno s ohledem na pracovní noxy, avšak s ohledem na dodržení požadavků na mikroklimatické podmínky podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 3, tzn., aby nedocházelo vlivem větrání k takovému snížení teplot, které by byly pod požadované minimum. Zrušuje ustanovení § 43 a příloha č. 6, které stanovovaly požadavky na větrání pracovišť se zvláštními nároky na čistotu ovzduší, z důvodu, že zvláštní nároky na čistotu ovzduší lze stanovit podle českých technických norem.

Čištění zdrojů osvětlení

Návrh novely se doplňuje o stanovení frekvence čištění zdrojů osvětlení a frekvenci úklidu a malování pracovišť a sanitárních a pomocných zařízení, které v současné právní úpravě je částečně upraveno jen pro čištění zdrojů osvětlení, avšak jen odkazem na české technické normy, úklid a malování není v současné době upraveno vůbec. Tato úprava reaguje na fakt, že pouhé vyjádření pravidelnosti podle zákona č. 309/2006 Sb. nespĺňuje jeho záměr, a to zajistit, aby na pracovištích a v dalších prostorách byla nejen udržována čistota obecně, ale aby ty zdroje, které mají bezprostřední negativní vliv na úroveň pracovního ovzduší jako je prach a chemické látky nebo vliv na požadovanou intenzitu osvětlení, byly včas eliminovány. Přestože se má za to, že běžný denní úklid je samozřejmostí, stejně tak, jako udržování čistoty stěn a stropů, ukazuje se v praxi, že ne vždy toto platí. Zdravotním hlediskem je pak možnost, že při absenci běžného úklidu nelze vyloučit zvýšené riziko výskytu infekčního onemocnění.

V případě posuzování kvality osvětlení se touto úpravou dále odstraní zejména zdlouhavé prokazování snížení míry intenzity osvětlení prostřednictvím měření v případech, kdy je oprávněná pochybnost o tom, že míra znečištění zdrojů osvětlení, ale také odrazových ploch k ní přispívá. V takových případech nese finanční náklady za toto měření zaměstnavatel, pakliže tato pochybnost byla prokázána. Stanovením ukazatelů znečištění a k nim přiřazených časových vymezení nejenže umožňuje zaměstnavateli stanovit si rozvrh těchto úkonů a včas zajistit jejich realizaci, ale zároveň omezí zmiňovaná měření na minimum.

Navrhovaná úprava směřuje k rámcovému výčtu frekvence čištění osvětlovací otvorů, osvětlovací soustavy zajišťující umělé osvětlení a části vnitřních prostor pracoviště odrážející světlo, a to na základě obdobného klíče, kterým je činitel znečištění podle české technické normy pro denní a umělé osvětlení. Na rozdíl od definovaného činitele znečištění podle jmenovaných ČSN se zjednodušená navrhovaná podoba činitele znečištění opírá sice stejně od míry znečištění, tedy malé, střední a velké, avšak pro jejich určení ještě upřesňuje jejich zdroje. Přestože se touto úpravou nabízí zaměstnavateli nová varianta pro určení míry znečištění, ponechává se mu zároveň možnost, aby i nadále mohl postupovat ve stanovení lhůt na čištění podle činitele znečištění jako jednoho z ukazatelů upraveného v české technické normě pro denní a umělé osvětlení.

Hygienická smyčka

V části sanitárních zařízení se navrhuje úprava v příloze č. 10 týkající se zřízení tzv. hygienické smyčky, kterou by po úpravě nebylo nutné zřizovat vždy, kdy jde o činnost epidemiologicky závažnou podle zákona o ochraně veřejného zdraví. Zde se má na mysli, že kadeřnické nebo kosmetické služby lze provádět v prostředí, které jsou pro tuto činnost vyčleněny ze soukromých prostor a bylo by nelogické, aby se zde praktičovalo oddělení čistého a špinavého provozu.

Předpokládá se proto, že zejména technologické požadavky ze strany zaměstnavatele budou diferencovat, kdy je zřízení hygienické smyčky nezbytností a kdy lze naopak od jejího zřízení ustoupit. Textová úprava byla použita v této souvislosti i v příloze č. 10 tabulce č. 2.

Úklid a malování

Jelikož zákon č. 309/2006 Sb. pouze stanoví, že úklid a údržba, mezi níž se řadí i malování, se provádí pravidelně, což v praxi působí potíže při určení, zda lhůty navržené zaměstnavatelem dostatečně pokrývají záměr udržovat čistotu, navrhuje se jednotná lhůta pro úklid pracovišť, sanitárních a pomocných zařízení a diferencované lhůty pro malování s přihlédnutím ke zdrojům znečištění. Současně se nejzazší lhůta pro malování navrhuje prodloužit o 2 roky tam, kde počet zaměstnanců celkově nepřesahuje 5 osob. Pochopitelně se vymezuje, na jaký druh pracoviště nelze uplatnit povinnost jej malovat (důlní pracoviště). Očekává se, že navrhovaná úprava přispěje k tomu, aby bylo možné ze strany zaměstnavatele plánovat malování podle ukazatele znečištění a zároveň přispěje k tomu, aby bylo možné sankcionovat zaměstnavatele v případě, že pravidelnost čištění a malování si stanovil ve lhůtách, které pak zcela popírají původní záměr předkladatele nařízení, a to zajistit určitou kvalitu samotného pracoviště.

Příloha č. 1, část A, tabulka č. 1

V příloze č. 1 tabulce č. 1 se doplňuje další kolona pro ztráty tekutin za osmihodinovou směnu, zařazují zpět do třídy práce IIb profesionální řidiči vybraných vozidel a doplňuje práce řidiče spojená s nakládkou a vykládkou zboží. Do třídy IIa i IIb se navrhuje obsluha některých drážních vozidel, o jejímž správném zařazení bude rozhodovat až zaměstnavatel. Tento návrh vychází ze zjištění, že například práce strojvedoucího Pendolina vykazuje při měření energetický výdej cca $90 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, což odpovídá třídě IIa, nicméně s ohledem na strojový park, je předpoklad, že u dalších, ne takto technicky vybavených vozidel, může být energetický výdej vyšší.

V nové tabulce č. 2 se upravují maximální teploty pro danou třídu práce, které jsou ukazatelem pro ztrátu tekutin podle tabulky č. 1.

V nové tabulce č. 3 jsou pak upraveny minimální a maximální teplotní požadavky na pracoviště, vyjma těch pracovišť, kde je teplota udržovaná nebo přítomna z technologického zdroje nebo ji nelze technicky odstranit.

Optimální teploty ve stávajícím nařízení vlády uváděné v tabulce č. 2 byly odstraněny, neboť jsou považovány za údaj ryze technický a nikoliv, jak je zmocněním dáno, za stanovení hygienického limitu.

Příloha č. 1, část B

V příloze č. 1 části B se vypouští údaje a tabulka upravující limity dlouhodobě únosné zátěže teplem pro osmihodinovou směnu pro aklimatizovaného a neaklimatizovaného zaměstnance, které pro zaměstnavatele ani zaměstnance nemají vypovídající hodnotu, neboť postačuje, aby tato kritéria byla sledována jen v souvislosti s rozsahem měření podle metodiky. V dalším textu v části B se navrhuje v souladu se zákoníkem práce užití termínu „bezpečnostní přestávka“ místo „odpočinek“.

Příloha č. 1, část D

Jde o technickou opravu textu v tabulce, neboť se má za to, že k vyjádření chladové zátěže pomocí korigované teploty postačuje teplota vzduchu do $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Předpokládá se, že novela citovaného nařízení vlády nabude účinnosti v měsíci březnu 2010. Zároveň lze předpokládat, že v souvislosti s novou evropskou legislativou pro oblast chemických látek bude pravděpodobně přistoupeno v roce 2010 k další novele nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

Srovnání svítidel osazených klasickými světelnými zdroji a LED

Petr, Höchsmann, Ing., Ph.D.

HALLA, a.s., www.halla.cz, hochsmann@halla.cz

V tomto příspěvku chci přiblížit stav, který panuje na našem trhu se svítidly osazeným klasickými světelnými zdroji a LED. Používat LED zdroje a svítidla je velice žádoucí a moderní. Vyplatí se nám nahradit hlavní osvětlení s klasickými zdroji za LED svítidla?

V blízké budoucnosti určitě ano. Ale jaká je současnost?

Svítidla pro klasické světelné zdroje

Klasické světelné zdroje se vyznačují všesměrovou charakteristikou vyzařování světelného toku. S touto vlastností pracují všechna svítidla. Pro optimální návrh svítidla se musí pracovat ve všech kvadrantech jeho optické části. Jak dobře je navržena, charakterizuje optická účinnost.

Dalším parametrem je měrný výkon. Tato hodnota popisuje efektivitu vlastního světelného zdroje. Vývoj všech zdrojů jde neustále kupředu. Bohužel stávající situace je taková, že vývoj a pokrok již není tak výrazný, jak tomu bylo v minulosti. Prodlužuje se doba životnosti, snižují se ztráty na předřadných přístrojích a zvyšuje se měrný výkon zdrojů. Bohužel je to již pouze o jednotky procent.

Mezi „nové“ světelné zdroje s vylepšenými technickými parametry patří:

- Halogenidové výbojky – prodloužení životnosti a podání barev
- T5 a T8 lineární zářivky (označení ECO) – cca 10% snížení příkonu při zachování světelného toku
- Kompaktní zářivky (označení ECO) – cca 30% snížení příkonu při zachování světelného toku

Zářivky toto navýšení stavějí na předpokladu vyšších teplotních poměrů ve svítidle, min 35°C. U výbojek jde o tvar hořáku a plynu, kterým je výbojka naplněna.

Bohužel s vývojem klasických světelných zdrojů jsme již závěrečné fázi.

Svítidla pro LED zdroje

Světelné zdroje pracující na základě polovodičové technologie neustále překračují svoje pomyslné hranice. Než se nový typ LED dostane do distribuce, je již zastaralý a má svého výkonnějšího nástupce. Můžeme zcela v klidu konstatovat, že LED, jakožto moderní zdroj světla, do 5-ti let zcela ovládne osvětlovací techniku.

V současné době je tento tlak velmi znatelný v reklamě a v dekorativním osvětlování. LED takřka vytlačili konvenční osvětlování. Hlavní osvětlení je ale nadále osazováno konvenčními světelnými zdroji. Jedním z hlavních důvodů je měrný výkon a především stále vysoká pořizovací cena LED. Pokud pomineme pořizovací náklady na LED zdroje, může tvrdit, že inkandescentní světelné zdroje mají téměř odzvoněno.

LED jsou měrným výkonem na úrovni kompaktních fluorescentních zdrojů, jejichž měrný výkon se pohybuje okolo 80lm/W (záleží na typu zdroje).

Technické parametry, které LED již dosahují:

- Měrný výkon včetně driveru až 80lm/W
- Podání barev Ra až 90
- Teplota chromatičnosti 2700 – 6500K
- Životnost 50000hod

Segment veřejného osvětlení v současnosti čelí velkému tlaku svítidel s LED technologií. Dodavatelé LED svítidel zde mají velkou šanci v brzké době uspět. Zde je totiž možno, pro výrobu svítidel, použít LED s nižším Ra a vyšší teplotou chromatičnosti. Znamená to, že použité LED mají velice vysoké měrné výkony. Vhodnou konstrukcí svítidla lze beze zbytku nahradit stávající osvětlení. Rád bych se ale věnoval svítidlům pro vnitřní prostory.

Svítlidla určená pro zvýrazňování předmětů expozice mají za úkol především zaujmout. V tomto segmentu jde především o to, aby se návštěvník cítil dobře a zaujala ho ta správná věc ... Svítidel určených pro tento druh osvětlování je již nepřehledné množství a záleží především na investoru. Velkou výhodou je využití možnosti barevných scén, které se dají velice jednoduše tvořit pomocí RGB systému.

Svítlidla určená pro plošné osvětlování, mají zatím pouze jeden segment, kde můžeme efektivně uplatnit LED technologii. Touto oblastí jsou downlighty s kompaktními zářivkami. Výše je uvedeno, že měrný výkon obou zdrojů je téměř totožný. Z toho vyplývá, že zdroje jsou na stejné energetické úrovni. V případě svítidel s přímým vyzařováním světelného toku mají LED obrovskou výhodu. Světelný tok je vyzařený pouze v přímém směru a úhlem vyzařování cca 130°, kdežto kompaktní zářivka má téměř všesměrovou vyzařovací charakteristiku. Zde je ta velká výhoda, která bude do budoucna stále významnější. Svítidlo konstruované pro LED s vhodnou optikou dosahuje vysokých optických účinností překračujících hodnotu 90%, a to s několika-ti násobnou životností. Na obrázku (1) jsou příklady LED svítidel s vysokou účinností



• Obr 1. LED svítidla s vysokou účinností (HALLA Serie 65, Zumtobel Panos, OMS Vision)

Energetická bilance

Energetická bilance hodnotí pouze spotřebu elektrické energie. Před samotným výpočtem si nejdříve musíme zjistit, že srovnání svítidel je adekvátní. Z toho důvodu je v Tab. 1 provedena analýza technických parametrů svítidel.

• Tab 1. Srovnání svítidel na konvenční zdroje a LED

Typ svítidla	Světelný tok zdroje	Příkon	Měrný výkon zdroje	Ztráty v EP / driver	Příkon chladiče	Účinnost svítidla	Měrný výkon systému	Měrný výkon svítidla	Světelný tok svítidla
	lm	W	lm/W	W	W	%	lm/W	lm/W	lm
Serie 65	2000	32	62,5	2,6	0,8	0,92	56,5	52,0	1840
Panos infinity	1968	27	72,9	2,6	0	0,96	66,5	63,8	1889
Vision	2000	32	62,5	2,6	0,8	0,95	56,5	53,7	1900
Standardní downlight - TC-DEL 2x26W	3600	52	69,2	4	0	0,58	64,3	37,3	2088

Z tabulky 1 je patrné, že LED svítidla mají nepatrně nižší výstupní světelný tok. Tento rozdíl je přibližně 10%. Vzhledem k přesnosti měření křivek svítivosti a teplotních poměrů panujících ve svítidlech, můžeme tvrdit, že svítidla jsou totožná.

Zde jsou stanovena vstupní data pro výpočet:

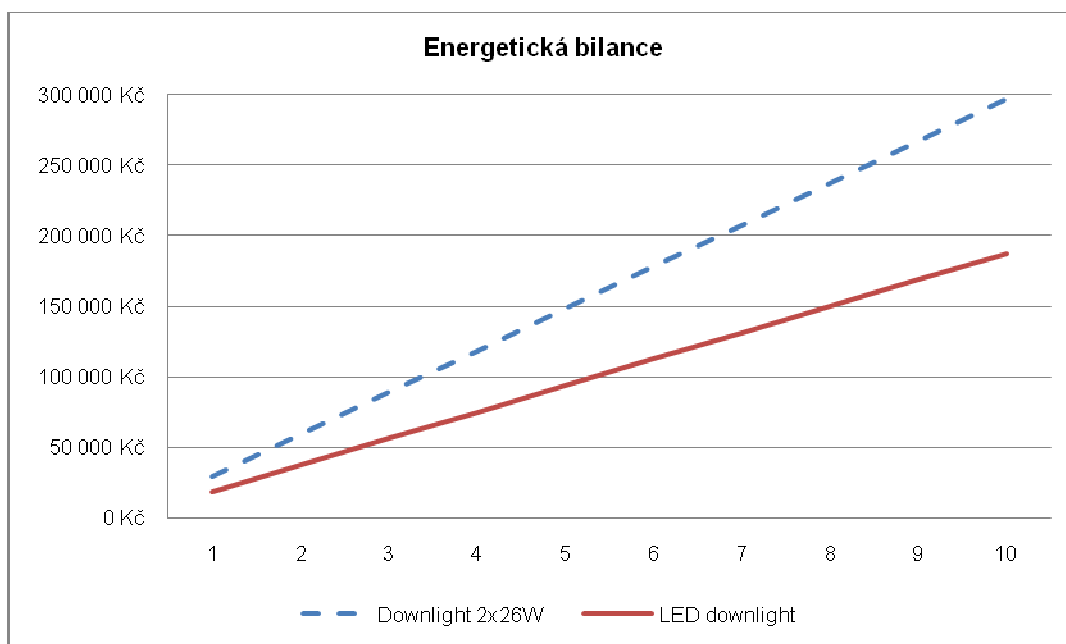
- Počet svítidel 50ks
- Doba provozu 10h/den = 3650h/rok
- Cena za 1kWh 2,9 Kč/kWh

• Tab 2. Technické parametry srovnávaných svítidel

Typ svítidla	počet	Příkon / celkem	zdroj	počet zdrojů / svítidlo	Příkon / zdroj	Životnost zdroje	počet zdrojů / celkem	předřadný přístroj	počet PP / svítidlo	Ztráty / PP
Downlight 2x26W	50	2750	PL-T 26W/840	2	26	18000	100	Elektronický předřadník	1	4,0
LED downlight	50	1665	LED 32W/840	1	32	50000	50	Driver + chlazení	1	3,4

• Tab 3. Úspory elektrické energie

Typ svítidla	Příkon elektrické soustavy (W)	Náklady za energii (kč/rok)	úspora el. en. (kč/rok)	Náklady za energii (kč/období)	úspora el. en. (kč/období)	úspora el. en. (%)
Downlight 2x26W	2 800	29 658	-	296 583	-	-
LED downlight	1 770	18 748	10 910	187 483	109 100	37%



• Graf 1. Grafické znázornění úspor elektrické energie

Z výpočtu vyplývá, že LED svítidla současného typu jsou o 37% energeticky méně náročné, než klasická svítidla. Z toho plyne, že pokud bychom uvažovali o náhradě klasických svítidel za LED svítidla, bude LED svítidlo minimálně o 37% dražší. Jak je to tedy s návratností LED svítidel? Ukážeme si modelový příklad.

Návratnost osvětlovacích soustav

Pro stanovení přesné návratnosti konkrétní osvětlovací soustavy, je nutno znát pořizovací hodnotu svítidla. Začíná velice významná hra s čísly. Ve stanovení návratnosti osvětlovacích soustav hraje významnou roli každá nepatrná částka vynaložená na provoz a údržbu soustavy. Nejvýznamnější vliv na výpočet má pořizovací cena soustavy a cena elektrické energie.

Koncová cena svítidla se může velice lišit. Pro potřeby výpočtu je stanovují následovně:

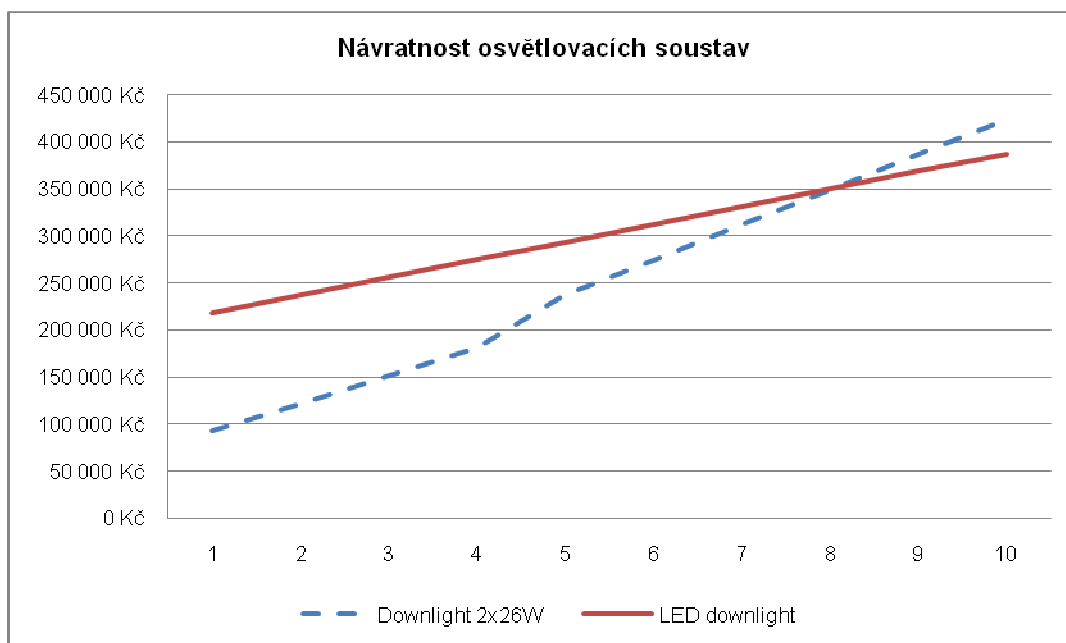
- LED svítidlo 2000lm a napájecí jednotka 4000kč
- Klasické svítidlo 2x 26W s elektronickým předřadníkem 1000kč

Vstupní data pro výpočet:

- Počet svítidel 50ks
- Doba provozu 10h/den = 3650h/rok
- Cena za 1kWh 2,9 kč/kWh
- Cena kompaktního zdroje 26W130kč
- Cena výměny světelného zdroje250kč/zdroj

• Tab 4. Celkové náklady na provoz a pořízení osvětlovací soustavy

	pořizovací náklady (kč)	Náklady za energii (kč/období)	Náklady na výměnu zdrojů (kč/období)	Celkové provozní náklady (kč/období)	Celkové náklady (kč/období)	Návratnost (rok)
Downlight 2x26W	63 000	296 583	50 729	360 691	423 691	-
LED downlight	200 000	187 483	0	187 483	387 483	7,9



• Graf 2. Grafické znázornění úspor elektrické energie

Do výpočtu jsem nepočítal cenu instalace, protože náklady jsou totožné pro oba typy svítidla. Bohužel v našich končinách je dotační systém směřován jiným směrem než například v Anglii, a proto si musíme „zaplatit úspory“ sami. Z výpočtu tedy jednoznačně vyplývá, že pokud bychom očekávali návratnost osvětlovací soustavy do 4let, cena LED svítidel musí být maximálně 2,5krát dražší než je cena konvenčních svítidel.

Závěr

Podívejme se dva roky zpět. Nikdo by si ani nepomyslel, že LED bude možno 100% použít pro hlavní osvětlování. V současnosti jsou LED na takové technické úrovni, že lze jej použít na kompletní osvětlování. Bohužel budeme si muset ještě nějakou dobu počkat, než se nám tento způsob osvětlování vyplatí i finanční stránce.

Čeká nás velice zajímavá budoucnost!!!

Literatura a odkazy

- [1] www.halla.cz
- [2] www.zumtobel.cz
- [3] www.oms.sk

Vplyv znečistenia optických častí svietidiel na zmeny ich fotometrických parametrov

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.¹ – Ing. Marek Mácha²

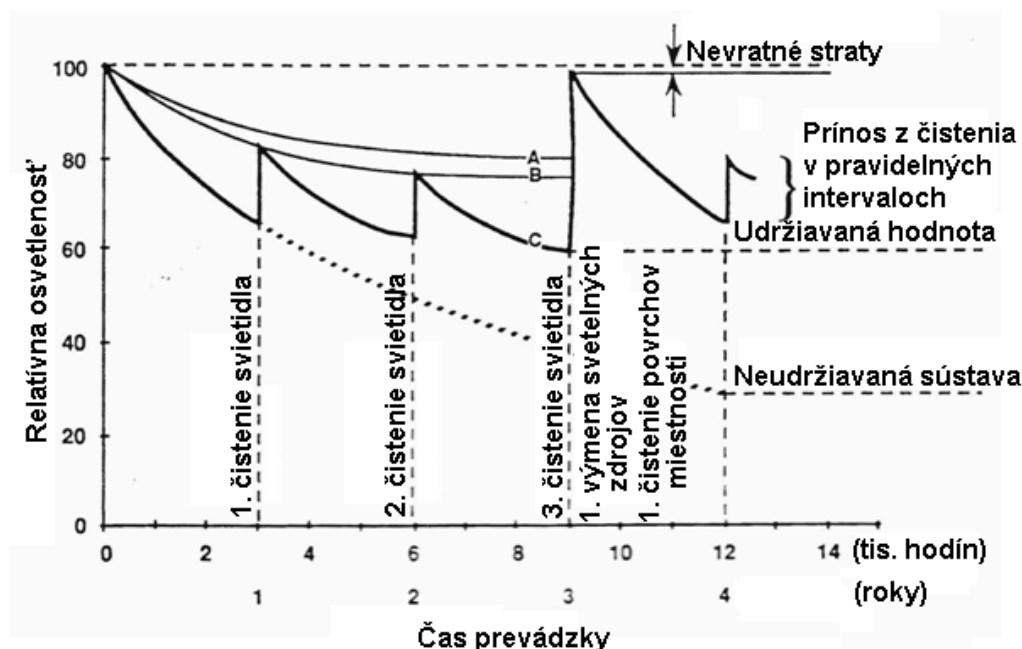
¹ Slovenská technická univerzita v Bratislave, FEI, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

² OMS, s.r.o., Dojč 419, 906 02 Dojč

Pri návrhu osvetľovacích sústav má kľúčový význam stanovenie správneho udržiavacieho činiteľa. Metodický návod na jeho určenie poskytuje publikácia CIE 97, na ktorú sa odvolávajú aj technické normy. Udržiavací činiteľ pozostáva z viacerých zložiek. Jednou z najvýznamnejších zložiek, ktorá patrí do skupiny vratných (alebo čiastočne vratných) strát svetelného toku, je činiteľ vyjadrujúci pokles svetelného toku v dôsledku znečistenia svietidla, pričom jeho určenie o.i. závisí od čistoty prostredia v rámci troch možných kategórií. Dokument CIE však neuvádza presnú špecifikáciu jednotlivých kategórií, čo sťažuje praktickú aplikáciu tohto dokumentu. V príspevku prinášame tézy aktuálnych výskumov v oblasti udržiavacieho činiteľa. Cieľom prác je definovanie kategórií čistoty, skúmanie vplyvu znečistenia na rôzne optické časti svietidiel, a to nielen z pohľadu zníženia optickej účinnosti, ale aj zmeny kriviek svetivosti znečistených svietidiel.

1. Straty svetelného toku počas života osvetľovacej sústavy

Všetky osvetľovacie sústavy sa od okamihu uvedenia do prevádzky postupne znehodnocujú (obr. 1). Straty sú spôsobené usadzovaním nečistôt, starnutím svetelných zdrojov a svietidiel atď. Ak tento jav nebudeme brať do úvahy, osvetlenosť sa postupne zníži na veľmi nízke hodnoty a sústava sa stáva energeticky neúčinnou, neestetickou až nebezpečnou. Keďže znižovanie osvetlenosti je postupné, užívatelia priestoru ho nemusia registrovať. To však za nejaký čas môže vyvolať zrakovú únavu, zvýšiť chybovosť a dokonca aj úrazy. Časovú stratu svetelného toku treba odhadnúť už v etape projektovania osvetľovacej sústavy a do výpočtu zahrnúť príslušnú opravu vo forme udržiavacieho činiteľa. Svetelnotechnický projekt musí byť vypracovaný tak, aby bral do úvahy celkový udržiavací činiteľ vypočítaný pre zvolenú osvetľovaciu sústavu, dané prostredie a stanovený plán údržby. Udržiavací činiteľ závisí od pracovných charakteristík svetelných zdrojov a predradníkov, svietidiel, charakteru prostredia a plánu údržby.



Obr. 1 Zmena osvetlenosti v priebehu života osvetľovacej sústavy: príklad pre priemyselné svietidlo s horným reflektorom pre lineárnu žiarivku pri individuálnej výmene svetelných zdrojov

Legenda:

- A:** Krivka starnutia povrchov miestnosti (činitele odrazu 70/50/20%, dolný tok DFF=0, čisté prostredie)
B: Krivka starnutia svetelného zdroja (žiarivka s trojpásmovým luminoforom, HF prevádzka)
C: Krivka starnutia svietidla (svietidlo typu C, čisté prostredie)
D: výkon neudržiavanej sústavy
MF: priebeh projektovaného udržiavacieho činiteľa znázorňujúci udržiavanú osvetlenosť

Ne vratné zmeny sú vlastné osvetľovacej sústave a nedajú sa zlepšiť bežnou údržbou a nie je ekonomické ich zlepšovať. K ne vratným zmenám patrí napr. starnutie a degradácia materiálov (žltnutie plastov, korózia kovových povrchov, strata odrazivosti hliníkových plechov...). Sú všeobecne nevýznamné (< 3%), ale pri vypracúvaní projektovej dokumentácie OS ich treba zohľadniť spolu s plánom údržby a s výberom zariadenia pre dané prostredie. V niektorých prípadoch, keď sú tieto zmeny významné a nie je hospodárne prevádzkovať ďalej osvetľovaciu sústavu ani uviesť svetelnočinné časti do pôvodného stavu, svietidlo treba vymeniť (alebo vymeniť optické časti na náhradné diely). **PRÍKLAD:** Svietidlá prevádzkované v špinavom a mastnom prostredí, kde sa častica prachu a oleja zapečú do povrchu reflektora. Ako ukázala prax, výmena optických častí s použitím náhradných dielov je neekonomickým riešením.

Vratné zmeny sa dajú zlepšiť rutinnou údržbou. Patrí sem znečistenie svietidiel, znečistenie povrchov miestností, pokles svetelného toku zdrojov atď. V pláne údržby je potrebné presne špecifikovať tieto zmeny a spôsob ich odstránenia (vrátane časového plánu).

2. Udržiavací činiteľ

Udržiavací činiteľ je potrebné stanoviť použitím týchto dokumentov:

CIE 97 (2002): Údržba vnútorných osvetľovacích sústav (interiérové osvetlenie)

CIE 115 (1995): Odporúčania na osvetlenie ciest pre motorovú a pešiu premávku (verejné osvetlenie)

Udržiavací činiteľ sa skladá z týchto zložiek:

- Činiteľ poklesu svetelného toku zdrojov (LLMF)
- Činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov (LSF) (tiež ako mortalita, predčasné zlyhanie)
- Činiteľ znečistenia svietidiel (LMF)
- Činiteľ starnutia materiálov svietidiel (LMF)
- Činiteľ znečistenia povrchov miestnosti (RSMF)

Celkový udržiavací činiteľ je násobkom jednotlivých zložiek:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF \quad (2)$$

Činiteľ poklesu svetelného toku vplyvom znečistenia svietidla LMF sa uvádza v závislosti od miery znečistenia prostredia a stupňa krytia svietidla v publikácii CIE. Pokles svetelného toku vplyvom ne vratných zmien (podľa publikácií CIE sa nerozlišuje medzi vratnými a ne vratnými zmenami a na obidve sa aplikuje zložka LMF) je v súčasnosti ešte málo preskúmanou oblasťou, zatiaľ sú spoľahlivé a hodnoverné údaje len otázkou budúcnosti. Dá sa uvažovať s poklesom toku 2 % počas životnosti, čo však platí len pre moderné svietidlá konštruované z moderných materiálov a postupmi v zmysle normy pre svietidlá, nie pre existujúce staré typy svietidiel!

Pri skúmaní schopnosti svietidiel odolávať znečisteniu treba zohľadniť konštrukčné riešenie svietidla (miera otvorenosti svietidla, poloha otvorov atď.) na jednej strane a charakteristiky prostredia na druhej strane. Kategorizáciu konštrukčných riešení svietidiel z hľadiska údržby uvádza tab. 1. Kategórie čistoty prostredia podľa dokumentu CIE 97 sú uvedené v tab. 2. Uvedené orientačné kategorizácie sú príliš všeobecné a pre praktické aplikácie často nejednoznačné. V praxi by bol veľmi užitočný jednotný a najmä jednoznačný klasifikačný systém, ktorý by mal nadväznosť na iné technické normy, ktoré sa zaoberajú charakteristikami prostredia a schopnosti svietidiel či iných elektrických zariadení týmto vplyvom odolávať.

Tab. 1 Kategorizácia (typy) svietidiel z hľadiska údržby

Kategória	Typ svietidla	Popis
A	Neclonené svietidlo	Svietidlo s necloneným svetelným zdrojom
B	Otvorené svietidlo bez horného krytu (s prirodzeným vetraním)	Priamo-nepriame svietidlo bez krytu Priamo-nepriame svietidlo s nepriamym reflektorom a uzatvorenou optickou sústavou Svietidlo na osvetlenie steny (s vertikálnym výstupným otvorom) Nástenné svietidlo otvorené hore a dole Stropné úzkouhlé svietidlo, hore otvorené
C	Svietidlo s horným krytom (nevetrané)	Zapustené svietidlo Stropné úzkouhlé svietidlo Úzkouhlý svetlomet
D	Uzatvorené svietidlo IPX2	Svietidlo na všeobecné použitie s uzatvoreným krytom a optickou sústavou
E	Prachotesné svietidlo IPX5	Svietidlo chránené proti prachu
F	Nepriame svietidlo (<i>uplight</i>)	Voľne stojace, závesné, nástenné – nepriame, dole uzatvorené
G	Svietidlo s riadenou klimatizáciou	Svietidlo s optikou používané s klimatizačnými alebo vetracími systémami

Poznámka: Svietidlá typu C, D a F sa neodporúčajú do špinavého prostredia

Tab. 2 Odporúčané intervaly údržby osvetľovacích sústav pre rôzne pracovné prostredia

Kategória čistoty	Interval údržby	Pracovisko
Veľmi čisté (VC)	3 roky	Čisté miestnosti, závody na výrobu polovodičov, nemocničné oddelenia*, výpočtové strediská
Čisté (C)	3 roky	Úrady, školy, areály nemocníc
Normálne (N)	2 roky	Obchody, laboratória, reštaurácie, obchodné domy, montážne plochy, dielne
Špinavé/znečistené (S/Z)	1 rok	Oceliarne, chemické závody, zlievárne, zvarovanie, leštenie, práca s drevom

Poznámka: * Z hygienických dôvodov sa môže vyžadovať častejšia údržba

3. Klasifikácia prostredí podľa čistoty

Najčastejšou formou znečistenia optických častí svietidiel je usádzanie prachu. **Prach** je všeobecné označenie pre pevné častice s priemerom menším ako 500 mikrometrov. Prach na Zemi nachádzajúci sa v atmosfére pochádza z rôznych zdrojov. Prachom rozumieme aj drobné častičky pevných materiálov rozptýlené v ovzduší alebo usadené na predmetoch a stenách. Tieto častičky vznikajú aj pri ťažbe, vŕtaní, mletí a opracovávaní rôznych pevných materiálov. V prachom zamorenom ovzduší sa najdlhšie udržujú častičky prevažne priemeru do dvoch mikrometrov. Tieto častičky sú z hygienického hľadiska najnebezpečnejšie, pretože prenikajú hlboko do dýchacích ciest a spôsobujú tak vážne respiračné ochorenia.

CIE 97 vzťahuje zložku LMF a požadované intervaly údržby iba na 4 kategórie čistoty, ktoré bližšie nedefinuje a uvádza len orientačné príklady priestorov, ktoré sa považujú za typických predstaviteľov jednotlivých kategórií. Projektant má potom ťažkú úlohu odhadnúť, do ktorej kategórie riešený priestor práve spadá.

Projektant v prvom rade stanovuje požiadavky na osvetlenie podľa príslušných technických noriem. Napríklad pre pracoviská použije normu STN EN 12 464-1 (vnútorné pracoviská) resp. STN EN 12 464-2 (vonkajšie pracoviská).

Pre daný riešený priestor z tabuľky vyberie požiadavky na intenzitu osvetlenia, rovnomernosť osvetlenia, požiadavky na UGR/GR prípadne ďalšie (podľa poznámok k tabuľkám). Iste by bolo užitočné, keby pracovné priestory podľa vyššie uvedených noriem boli zosúladené s CIE dokumentami čo sa týka kategórie čistoty.

Pri klasifikácii prostredí môžeme zohľadniť rôzne vplyvy, ktoré majú na znečistenie svietidiel vplyv. Tu sa dá oprieť o technickú normu STN 33 2000-5-51, ktorá rieši problematiku vonkajších vplyvov. Napríklad prach ako najdôležitejšia forma znečistenia svietidiel, je definovaný prostredníctvom vonkajšieho vplyvu AE. Pri návrhu osvetľovacej sústavy by vonkajšie vplyvy pre jednotlivé miestnosti či priestory mali byť známe, stanovujú sa komisionálne v úvodných fázach riešenia projektu (resp. v predprojektovej príprave). Vonkajšie vplyvy sú odstupňované podľa miery výskytu prachu (tab. 3). Schopnosť zariadení odolávať určitej miere výskytu prachu je daná ich stupňom krytia, ktorý sa v zmysle noriem klasifikuje systémom IP (*Ingress Protection*).

Vlastnosti prostredia definuje aj skupina noriem STN EN 60721 na základe suspenzie a sedimentácie prachu. Približný prevod medzi rôznymi systémami uvádza tab. 4.

Tab. 3 Stupne vonkajšieho vplyvu AE podľa STN 33 2000-5-51

Trieda vonkajšieho vplyvu	Trieda podľa STN EN 60721-3-3 ¹⁾	Trieda podľa STN EN 60721-3-4 ²⁾	Trieda podľa STN EN 60529 ³⁾
AE1	3S1	4S1	IP 0X
AE2	3S2	4S2	IP 3X
AE3	3S3	4S3	IP 4X
AE4	3S2	4S2	IP 5X
AE5	3S3	4S3	IP 6X
AE6	3S4	4S4	IP 6X

1) **STN EN 60721-3-3**: Klasifikácia podmienok prostredia. Časť 3: Klasifikácia skupín parametrov prostredia a stupňov ich prísnosti. Oddiel 3: Stacionárne použitie na miestach chránených proti poveternostným vplyvom

2) **STN EN 60721-3-4**: Klasifikácia podmienok prostredia. Časť 3: Klasifikácia skupín parametrov prostredia a stupňov ich prísnosti. Oddiel 4: Stacionárne použitie na miestach nechránených proti poveternostným vplyvom

3) **STN EN 60529**: Stupne ochrany krytom (krytie - IP kód)

Tab. 4 Hodnoty výskytu prachu a cudzích pevných telies podľa rôznych noriem

Trieda vonkajšieho vplyvu	Triedy a hodnoty podľa noriem STN EN 60721-3-3 (CH) a STN EN 60721-3-4 (N)							
	Trieda		Piesok (mg/m ³)		Suspenzia prachu (mg/m ³)		Sedimentácia prachu (mg/m ² .h)	
	CH	N	CH	N	CH	N	CH	N
AE1	3S1	4S1	-	30	0,01	0,5	0,4	15
AE2	3S2	4S2	30	-	0,2	-	1,5	-
AE3	3S3	3S3	300	1 000	0,4	15	15	40
AE4	3S2	4S2	30	300	0,2	5	1,5	20
AE5	3S3	4S3	300	1 000	0,4	15	15	40
AE6	3S4	4S4	3 000	4 000	4,0	20	40	80

Trieda vonkajšieho vplyvu	Spád prachu podľa STN 33 2000-5-51 (mg/m ² /deň)	
	Spodná hranica	Horná hranica
AE4	10	35
AE5	35	350
AE6	350	1 000

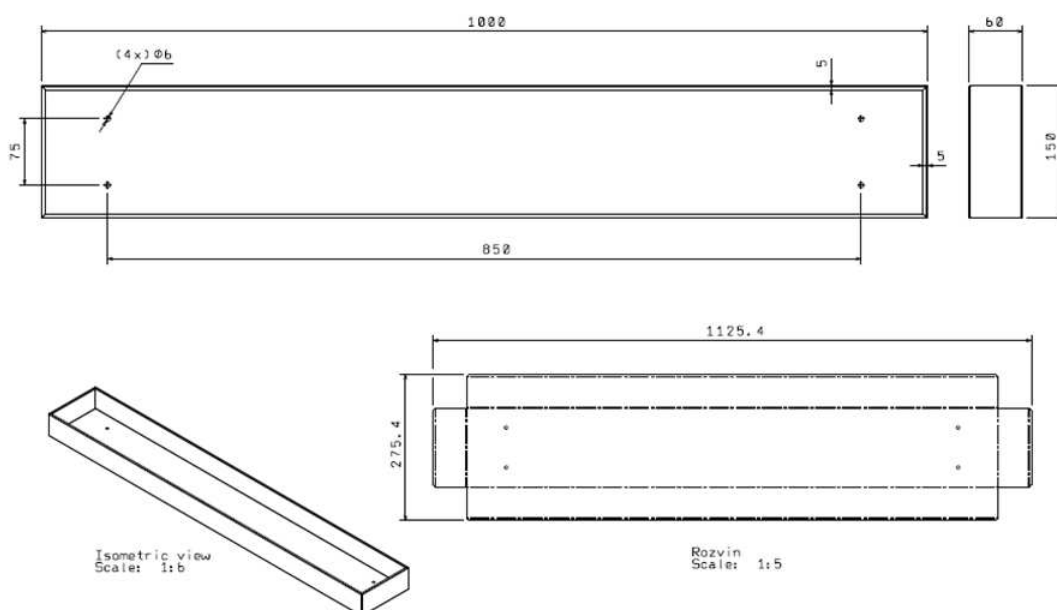
Návrh metodiky na skúmanie vplyvu znečistenia prostredia na zníženie svetelného toku svietidiel

Súčasný údaje o znížení svetelného toku svietidiel v dôsledku ich znečistenia podľa dokumentov CIE sú založené na prácach Clarka a Ajzenberga (a ďalších), ktoré boli uskutočnené v 60-tych a neskôr v 80-tych rokoch. Dnešné podmienky pracovných prevádzok sú však už podstatne lepšie, s podstatne menším znečistením.

Okrem zníženia svetelného toku je však mimoriadne dôležitý aj iný dôsledok, a to rozptyl svetla na vrstve usadeného prachu. Táto skutočnosť sa pri návrhu osvetlenia vôbec neberie do úvahy, čo je zásadná chyba v sústavách so zrkadlovými optikami – napr. v kanceláriách a podobných zrakovo náročných priestoroch so svietidlami s parabolickou mriežkou. Na konci cyklu údržby nebudú dosiahnuté požadované parametre osvetlenia nie tak v dôsledku zníženia svetelného toku, ale zmenou jeho priestorového prerozdelenia.

Okrem odrazných povrchov však rozdiely existujú aj v materiáloch difúzorov, na výrobu ktorých sa používa predovšetkým polykarbonát, polymetylmakrylát a polystyrén. Rôzne materiály majú rôznu priľnavosť prachu. Dôležitá je ale aj štruktúra povrchu – pri prizmatických difúzoroch sa v úzkych drážkach prach usádza a při čistení svietidla ho nie je možné plne odstrániť, čím sa zvyšuje miera nevratných strát.

Cieľom aktuálne prebiehajúcich výskumných úloh je podrobne analyzovať vplyv znečistenia prostredia na zníženie a rozptyl svetelného toku zo svietidiel. V súčasnosti sú započaté iba úvodné práce. Na skúmanie znečistenia rôznych prostredí boli navrhnuté vzorky materiálov, ktoré sa najčastejšie používajú pri výrobe optických častí svietidiel. Boli navrhnuté konkrétne prevádzky, kde sú resp. budú tieto vzorky umiestňované. V súčasnosti je už prvá sada vzoriek inštalovaná a prebieha proces ich prirodzeného znečistenia. V budúcnosti sa uvažuje aj s umelým naprašovaním v špeciálnej komore.



Obr. 2 Špeciálne zariadenie na zachytávanie usádzania prachu na optických častiach svietidiel

Na obr. 2 sú nákresy špeciálneho zariadenia na zachytávanie prachu v prirodzenom prostredí. Zariadenia budú inštalované vo vybraných priestoroch podobne ako svietidlá. V každom zariadení budú uložené materiály, ktoré sa najčastejšie používajú v danom priestore. Interval zberu vzoriek je navrhnutý v závislosti od aplikácie. Odobraté vzorky sa podrobia meraniu vrstvy prachu a fotometrickým meraniam.

V jednotlivých aplikáciách sa budú sledovať rôzne okrajové podmienky, ktoré môžu mať vplyv na výsledky. Ide napr. o mieru znečistenia okolia objektu, t.j. polohu objektu (pokojná časť mesta, centrum mesta, blízkosť hlavných ciest, priemyselná zóna atď.), spôsob vetrania (prirodzené, klimatizované priestory) a ďalšie. Súčasťou analýz bude aj podrobný popis prevádzky so sledovaním tvorby, výskytu a pôsobenia znečisťujúcich látok.

Záver

V tomto príspevku sú načrtnuté tézy výskumu vplyvu znečistenia prostredia na zníženie a zmenu rozloženia svetelného toku zo svietidiel. Cieľom práce je:

- podrobnejšie klasifikovať prostredia
- prepojiť rôzne normatívne dokumenty na zosúladenie prístupov
- určiť nové hodnoty zníženia svetelného toku zo svietidiel
- určiť mieru a charakter zmeny rozloženia svetelného toku zo svietidiel vplyvom znečistenia

Uvedené úlohy sú v súčasnosti len v úvodných fázach. Zistenia budú postupne publikované v ďalších príspevkoch.

Po doriešení úloh sa predpokladá, že projektant osvetlenia by při návrhu mohol plne vychádzať z protokolu o určení vonkajších vplyvov, na základe ktorého by klasifikoval čistotu prostredia a mohol by jednoznačnejšie určiť príslušnú zložku LMF udržiavacieho činiteľa.

Literatura a odkazy

1. CIE 97 (2002): Údržba vnútorných osvetľovacích sústav (interiérové osvetlenie)
2. CIE 115 (1995): Odporúčania na osvetlenie ciest pre motorovú a pešiu premávku (verejné osvetlenie)
3. STN EN 12 464-1: Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovných miest. Časť 1: Vnútorné pracovné miesta
4. STN EN 12 464-2: Osvetlenie pracovísk. Časť 2: Vonkajšie pracoviská
5. STN 33 2000-5-51: Elektrické inštalácie budov. Časť 5-51: Výber a stavba elektrických zariadení. Spoločné pravidlá
6. STN EN 60721-3-3: Klasifikácia podmienok prostredia. Časť 3: Klasifikácia skupín parametrov prostredia a stupňov ich prítomnosti. Oddiel 3: Stacionárne použitie na miestach chránených proti poveternostným vplyvom
7. STN EN 60721-3-4: Klasifikácia podmienok prostredia. Časť 3: Klasifikácia skupín parametrov prostredia a stupňov ich prítomnosti. Oddiel 4: Stacionárne použitie na miestach nechránených proti poveternostným vplyvom
8. STN EN 60529: Stupne ochrany krytom (krytie - IP kód)

LED osvětlení v obchodní jednotce

Karel, Chudoba, Ing.

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

Svítlidla s LED světelnými zdroji se v současnosti začínají využívat i pro osvětlení pracovišť. Jednak jako svítidla s kombinací se zářivkovými svítilidly nebo i samostatné osvětlovací soustavy tvořené výhradně LED světelnými zdroji.

Požadavky legislativy

Pro obchodní jednotky v současné době platí tyto hygienické předpisy, především nařízení vlády č.361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů, především části §45, který se zabývá osvětlením. Zde jsou vypsány některé odstavce:

Hlava II

Bližší hygienické požadavky na osvětlení pracoviště

§ 45

Osvětlení pracoviště

(1) K osvětlení pracoviště včetně spojovacích cest se užívá denní, umělé nebo sdružené osvětlení. Osvětlení pracoviště a spojovacích cest mezi jednotlivými pracovišti denním, umělým nebo sdruženým osvětlením musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví v souladu s normovými hodnotami a požadavky. Normovou hodnotou se rozumí konkrétní hodnota denního, umělého nebo sdruženého osvětlení obsažená v příslušné české technické normě upravující hodnoty denního, sdruženého a umělého osvětlení 16) Normovým požadavkem se rozumí technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě 16). Osvětlení nesmí být příčinou osliňování.

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

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

b) celkové umělé osvětlení vyjádřené udržovanou osvětleností $E_m = 200 \text{ lx}$.

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

(7) Na pracovištích uvedených v odstavci 6 se osvětlovací soustavy zřizují tak, aby celkové umělé osvětlení, vyjádřené intenzitou osvětlení E_m , které je jediným zdrojem osvětlení pracoviště, bylo podle zrakové náročnosti navýšeno o jeden stupeň řady uvedené v příslušné české technické normě k osvětlování vnitřních pracovních prostorů

Požadavky norem

Norma na umělé osvětlení v obchodní jednotce požaduje:

Ref. číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\dot{E}_m	UGR _L	R _a
4.1	prodejní prostory	300	22	80
4.2	prostory u pokladen	500	19	80
3.2	psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat	500	19	80

Celkové osvětlení s LED světelnými zdroji

Přednáška se bude konkrétně týkat obchodní jednotky nepotravinářského charakteru ve velkém obchodním domě, která nemá vyhovující denní osvětlení, přesněji nemá žádné denní osvětlení. Zaměstnanci pracují výhradně při umělém osvětlení a to při pracovní době do 4 hodin za den. Obchodní jednotka byla řádně zkolaudována.

Na Krajskou hygienickou stanici byla nedávno doručen podnět k šetření na několik faktorů, včetně na umělé osvětlení, kde si dotyčný stěžoval na nevyhovující umělé osvětlení. V současnosti je prováděno šetření v této záležitosti a výsledky budou předmětem této přednášky.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: - Vnitřní pracovní postupy, Český normalizační institut, březen 2004 (včetně změny Z1)
- [2] Nařízení vlády č.361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů

Osvětlování nebezpečných míst na pozemních komunikacích – příklady z praxe

Jiří Tesař

Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení , www.srvo.cz , tesarj@srvo.cz

Po dvouleté spolupráci s Centrem dopravního výzkumu , Odboru služby dopravní policie Krajského ředitelství a Policejního ředitelství Policie ČR, včetně úzké spolupráce s městem Jablonec nad Nisou , správcem veřejného osvětlení Technickými službami Jablonec nad Nisou s.r.o. , se podařilo dospět ke konečnému řešení problematiky osvětlování nebezpečných míst na pozemních komunikacích , za snížené viditelnosti . Tyto poznatky z praxe by měly být promítnuty do nově tvořené přílohy 1, TKP 15.

Naše dvouleté snažení bych rozdělil do čtyř etap a to:

1.etapa přípravná , 2.etapa pokusů a omylů, 3. etapa kontrolní, vyhodnocovací a 4. etapa stanovení závěru.

1. Etapa přípravná - stanovení cílů, které chceme dosáhnout

V přípravné etapě jsme se nejdříve zaměřily na stávající realizace a řešení v České republice , včetně obdobných realizací a řešení na území států Evropské unie. Při rozboru dostupných podkladů a materiálů jsme dospěli v týmu složeného z jednotlivých odborníků k závěru, že žádné světelně technické opatření neodpovídá daným bezpečnostním požadavkům . Nikde nejsou určena žádná jednoznačná pravidla a doporučení, která by jednoznačně zabezpečila dokonalou a zřetelnou viditelnost všech možných překážek na pozemních komunikacích.

Tato etapa byla rozpracována do těchto směrů:

- Analýza stávajících světelně technických řešení na nebezpečných místech jako jsou přechody pro chodce, nebezpečné křižovatky , okružní křižovatky atd.
- Statistické vyhodnocení dopravní nehodovosti na těchto místech.
- Revize norem , TKP, které souvisí s projektováním místních komunikací , světelně technických norem a různých dalších souvisejících předpisů.
- Stanovení hodnot osvětlenosti řešeného nebezpečného místa komunikace , překážky na vozovce v závislostech na jasy daného okolí.
- Vymezení posuzovaných dopravních prostorů .
- Stanovení obecných požadavků pro tato řešená místa.
- Stanovení podmínek navrhování a hodnocení osvětlení na těchto řešených místech.

Naším cílem bylo po rozpracování a vyhodnocení výše uvedených bodů . Navrhnout taková řešení, aby bezpečnostní světelně technické opatření osvětlováním chodců na přechodech a osvětlování nebezpečných míst na pozemních komunikacích, byla prováděna jen za účelem snížení nedostatků viditelnosti chodce na přechodu a v jeho okolí, nebo dalších překážek na vozovce z důvodu snížení rizikových faktorů, které mohou zhoršovat následky dopravních nehod nebo přispívat ke vzniku dopravních nehod. Cílem je navrhnout kvalitní řešení k odstranění či zmírnění identifikovaných nedostatků a rizikových faktorů, které vedou ke snížení možností vzniku dopravních nehod, případně k redukci následků nehod a tím snižovat celospolečenské ztráty plynoucí z dopravní nehodovosti.

Světelně technické řešení musí již ve fázi plánování zřízení takového místa, minimalizovat rizikové faktory světelné scény a vhodnosti použití tohoto řešení. Řešení musí preferovat celkové bezpečné uspořádání dopravního prostoru, které nesmí ovlivnit řidičovo jednání nebo chování. Návrhové prvky musí zohledňovat požadavky na bezpečnost a plynulost všech účastníků provozu obzvláště chodců, kteří jsou nejzranitelnějšími účastníky provozu. Návrh osvětlení chodců na přechodu , nebezpečných míst na pozemní komunikaci musí být vždy provedeno podle technických předpisů, musí vždy zaručit maximální možnou bezpečnost a to i v případě využití kombinace více bezpečnostních prvků.

O průběhu této etapy jsme Vás informovali prostřednictvím přednášek na minulém XXVII kurzu osvětlovací techniky a to v přednášce „**Příprava technických prostředků pro osvětlování přechodů pro chodce**“.

2. Etapa pokusů a omylů

V této etapě jsme díky Technickým službám města Jablonce n.N. realizovaly naše nápady a řešení světelně technického bezpečnostního opatření, pro následnou možnost statistického vyhodnocení bezpečnostního opatření. K tomuto účelu nám byl zapůjčen Ústavem elektroenergetiky, Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysokého učení technického v Brně software LumiDISP, verze 1.5.0.28 pro hodnocení jasových poměrů z digitální fotografie, analýzou jasů ve venkovních osvětlovacích soustavách v závislostech na zrakovou činnost a viditelnost překážek na vozovce. Software vznikl za podpory Grantové agentury ČR jako součást řešení grantového úkolu č. 102/01/D005 s názvem Využití digitální fotografie v novém systému hodnocení osvětlovacích soustav.

Díky tomuto softwaru jsme mohly rychle a jednoduše hodnotit naše návrhy promítnuté do realizace a rychle napravovat naše omyly.

V prosinci roku 2009 jsme tuto etapu uzavřely realizací 20 vybraných míst na území města Jablonce n.N. světelně technickým bezpečnostním opatřením.

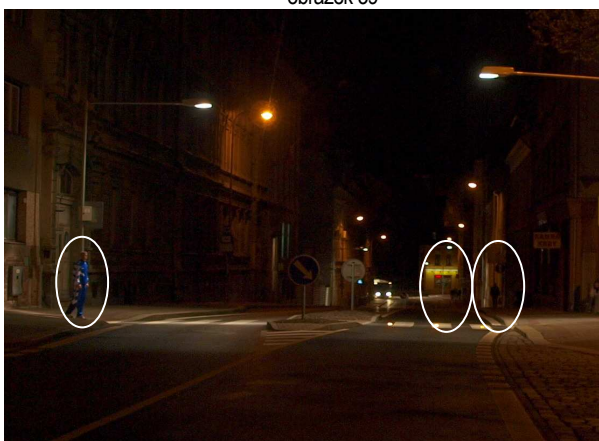
V této etapě byla řešena tato nebezpečná místa:

- Osvětlení přechodů pro chodce s důrazem na viditelnost chodce na přechodu.
- Osvětlení přechodu pro chodce, kde jsou aplikovány jiné bezpečnostní prvky jako je soubor led diod umístěných ve vozovce nebo mimo ní.
- Osvětlování okružních křižovatek.

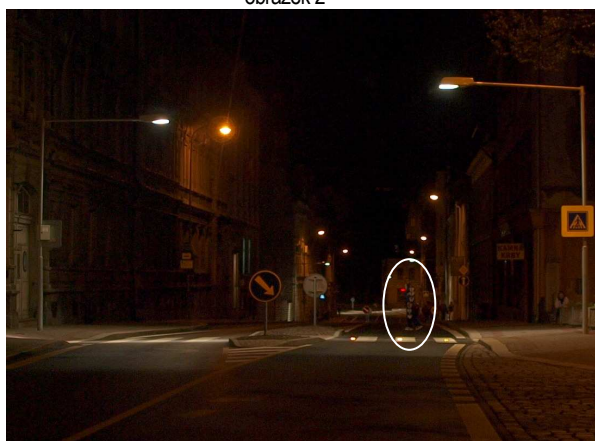
Jedním z mých omylů bylo navržení osvětlení čtyř přechodů pro chodce na rovném úseku komunikace, které jsou od sebe vzdáleny cca 200 m. Ta chyba spočívala v tom, že jsem nerespektoval jas pozadí přímého úseku v jednom směru jízdy a to zejména jas osvětlené fasády domu, která je v mírné zatáčce vozovky, takže je přímo v zorném pohledu řidiče.

Navržením pozitivního kontrastu chodce na všech čtyřech přechodech pro chodce v jedné rovině proti osvětlené fasádě domu se tento efekt zcela vyrušil a naopak snížil viditelnost chodců pohybujících se za přechodem viz obrázek č.1 až č.4.

obrázek 39



obrázek 2



obrázek 3



obrázek 4



Elipsou jsou ohraničení chodci ve sledovaném nebezpečném území v okolí přechodu pro chodce – na obrázku č.2 a č.4 je chodec 5 m za přechodem ve směru jízdy a pohledu řidiče vozidla.

3. Etapa kontrolní a vyhodnocovací

Tato etapa byla provedena v součinnosti s Centrem dopravního výzkumu , Odboru služby dopravní policie Krajského ředitelství policie ČR , v součinnosti městské policie Jablonec nad Nisou a divize ŘSD Liberec, která má ve zprávě komunikace prvních a druhých tříd na území Libereckého kraje.

Pro stanovení kontroly návrhu bezpečnostního opatření a následného vyhodnocení bylo nutné učinit tyto kroky.

- Prostřednictvím nového software CDV provést statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu ve vybrané lokalitě na základě bezpečnostního opatření.
- Stanovit postupy hodnocení jasů z digitální fotografie (návrh protokolu měření touto metodou).
- Sběr dat a informací z terénu jako podklad pro návrh jednotné metodiky světelně technického řešení těchto nebezpečných míst na pozemních komunikacích.

Při kontrole , vyhodnocení zrealizovaných míst odlišným světelně technickým návrhem, jsme tyto realizace rozdělili do tří oblastí , které jsou popsány níže.

1. Osvětlení přechodů pro chodce s důrazem na viditelnost chodce na přechodu.
2. Osvětlení přechodu pro chodce, kde jsou aplikovány jiné bezpečnostní prvky jako je soubor led diod umístěných ve vozovce nebo mimo ní .
3. Osvětlování okružních křižovatek.

Zde musíme konstatovat :

1. Při řešení světelně technického opatření osvětlením přechodu pro chodce s důrazem na viditelnost chodce , který je osvětlen z boku a to 3x vyššími vertikálními hodnotami, než je vodorovná osvětlenost vozovky došlo v nočních hodinách ke snížení nehodovosti o 80% .



Geografický informační systém MD Jednotná dopravní vektorová mapa ©
Úloha: Dopravní nehody, grafické a statistické zobrazení dat dle územního výběru
Informativní tiskový výstup z GIS JDVM

Statistické vyhodnocení vlivu bezpečnostního opatření na nehodovost v silničním provozu na vybrané lokalitě

Období: 01.01.2007 - 31.08.2010

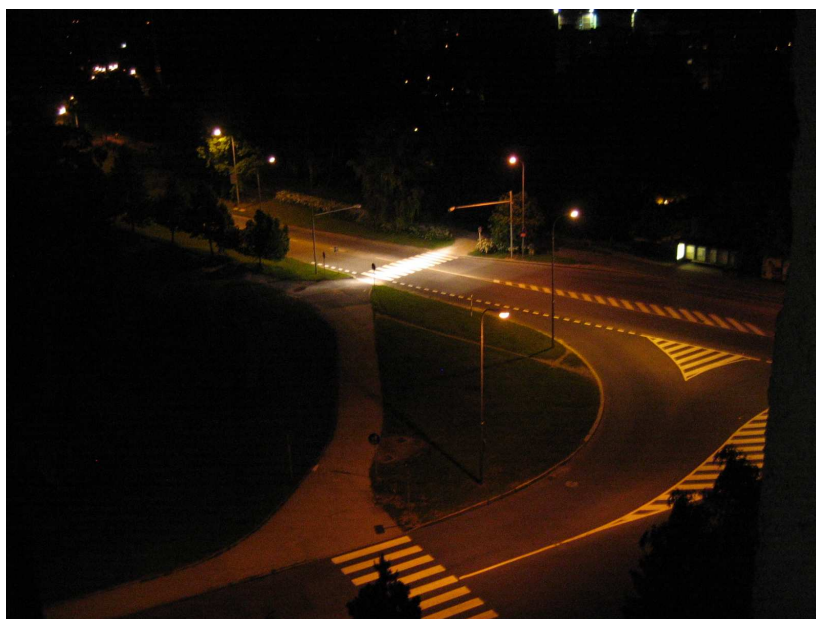
Datum uplatnění bezpečnostního opatření: 30.05.2009

Obce ve vybrané lokalitě: Jablonec nad Nisou (Liberecký kraj)

Bližší určení lokality: Přechod pro chodce komunikace 1/10 Palackého u Tesca

Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě

	Před uplatněním opatření	Po uplatnění opatření	Hodnocení opatření
Počet nehod celkem	5	1	0,38
Počet nehod s následky na zdraví	0	0	
Počet usmrcených osob (do 24 hodin od nehody)	0	0	
Počet těžce zraněných osob	0	0	
Počet lehce zraněných osob	0	0	
Počet nehod pod vlivem alkoholu	0	0	



Hodnocený osvětlený přechod pro chodce z perspektivy 7 patra panelového domu šířka vozovky 15 m. Zde je zřetelně vidět jak je osvětlen nástupní prostor pro chodce, včetně plynulého osvětlení před a za přechodem .

2. Řešení světelně technického opatření osvětlení přechodu pro chodce, kde jsou aplikovány jiné bezpečnostní prvky jako je např. soubor led diod umístěných do vozovky nebo mimo ní. Na mezinárodní komunikaci č. 1/10 směřující na hraniční přechod Harrachov, byl zrealizován přechod třetí generace se světelnou závorou, tří barevných led diod v komunikaci, včetně aktivních dopravních značek, které jsou indikovány pohybem chodce.

Toto bezpečnostní opatření na nedokonale osvětlené komunikaci je nutné považovat za velice nebezpečné a nevhodné. Zařízení bylo instalováno i přes negativní stanovisko Odboru služby dopravní policie v Jablonci nad Nisou. V současné době se řeší, aby systém aktivních led dopravních značek, včetně světelné led diodové závoru v komunikaci, byl v noci mimo provoz. Odůvodnění viz vyhodnocení dopravní nehodovosti a fotodokumentace.



Geografický informační systém MD Jednotná dopravní vektorová mapa ©
Úloha: Dopravní nehody, grafické a statistické zobrazení dat dle územního výběru
Informativní tiskový výstup z GIS JDVM

Statistické vyhodnocení vlivu bezpečnostního opatření na nehodovost v silničním provozu na vybrané lokalitě

Období: 01.01.2007 - 30.08.2010

Datum uplatnění bezpečnostního opatření: 01.12.2008

Obce ve vybrané lokalitě: Desná (Liberecký kraj)

Bližší určení lokality: Přechod pro chodce komunikace 1/10 Desná u městského úřadu

Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě

	Před uplatněním opatření	Po uplatnění opatření	Hodnocení opatření
Počet nehod celkem	1	2	2,19
Počet nehod s následky na zdraví	0	2	*****
Počet usmrcených osob (do 24 hodin od nehody)	0	0	
Počet těžce zraněných osob	0	0	
Počet lehce zraněných osob	0	3	*****
Počet nehod pod vlivem alkoholu	0	1	*****

Statistika nehod v zadané lokalitě podle rozhledových poměrů

	Před uplatněním opatření	Po uplatnění opatření	Hodnocení opatření
dobré	1	2	2,19

Statistika nehod v zadané lokalitě podle specifických míst a objektů v místě nehody

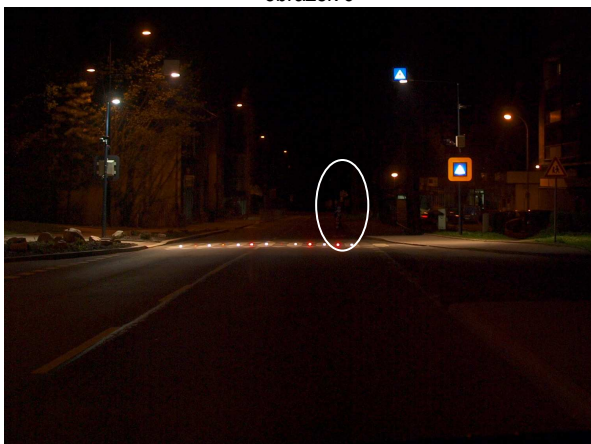
	Před uplatněním opatření	Po uplatnění opatření	Hodnocení opatření
žádné nebo žádné z uvedených	0	2	*****
v blízkosti přechodu pro chodce (do 20 m)	1	0	0,00

Statistika nehod v zadané lokalitě podle chování chodce

	Před uplatněním opatření	Po uplatnění opatření	Hodnocení opatření
nezaznamenáno	1	0	0,00
žádné z uvedených	0	2	*****

Důvod zvýšené nehodovosti na tomto přechodu pro chodce je naprosto patrný z provedených fotografií a jejich rozboru jasovou analýzou. Viz obrázek č.6 a č.7.

obrázek 6



obrázek 7



Na obrázku č.6 a č.7 hodnoceného osvětleného přechodu pro chodce v Desné v Jizerských Horách je ohraničený chodec ve vozovce 5 metrů za přechodem ve směru jízdy z pohledu řidiče. Na obrázku č.6 není vidět vůbec a na obrázku č.7 je vidět jen málo zřetelně.

Úsudek o vhodnosti tohoto bezpečnostního opatření pro provoz v noci a za snížené viditelnosti si můžete udělat sami. Náklady na realizaci tohoto návrhu (bezpečného přechodu 3 generace) jsou cca 350.000,-Kč. Je faktem, že ve dne a za dobré viditelnosti byla nehodovost v tomto prostoru snižena na minimum. Na základě statistického vyhodnocení dopravní nehodovosti v dané lokalitě je závěr jednoznačný. Používat led diody v různých aplikacích světelných závor a dopravních aktivních značek, jen ve dne a na noc je vypínat.

Vyhodnocení bylo provedeno i na dalších pěti podobně řešených přechodech pro chodce. Výsledek byl stejný, zvýšení dopravních nehod v noci a za snížené viditelnosti.

3. Osvětlování okružních křižovatek s důrazem na viditelnost okolí celého dopravního prostoru s použitím odlišných světelných zdrojů, než jsou použité na VO jednotlivých ramen komunikací, ústících do prostoru OK . Po realizaci došlo k dost podstatným změnám viditelnosti celého dopravního prostoru a zrakové pohody u všech účastníků silničního provozu. Viz obrázky č.8 až č.11.

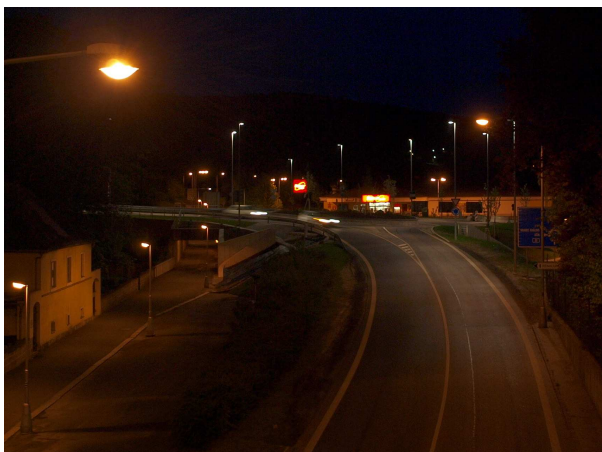
obrázek č.8 pohled ve dne



obrázek č.9 pohled v noci



obrázek č.10 pohled v noci



obrázek č.11 vyhodnocení jasů



Za zmínku stojí asi to, že svítidla VO na ramenech ústících do okružní křižovatky jsou osazena sodíkovou výbojkou o příkonu 250 W a svítidla použitá na osvětlení OK jsou osazena halogenidovou výbojkou o příkonu 150W , při zachování stejných roztečí SM.

Na těchto obrázcích je velice patrné rovnoměrné rozložení jasů vozovky na pravé straně, kde jsou jiné světelné zdroje v porovnání pravé strany, kde je staré osvětlení . Tento způsob řešení byl aplikován i na jiných nebezpečných místech jako jsou nebezpečné křižovatky atd. Bohužel statistické vyhodnocení dopravní nehodovosti není provedeno, protože sledované období by mělo být aspoň 12 měsíců.

4. etapa závěr.

Po vyhodnocení všech tří předešlých etap , získaných zkušeností a poznatků jsme mohly po konzultacích s Odbory služeb dopravní policie ČR začít sestavovat podklady pro stanovení jednotné metodiky osvětlování nebezpečných míst na pozemních komunikacích.

Prvním pracovním dokumentem pro jednání bylo vypracování osnovy, co by měl tento předpis obsahovat s ohledem na jednoznačnost výkladu , jednoduchost a srozumitelnost .

- Největší záležitostí bylo stanovení definicí, respektive vymezení jednotlivých zón na pozemních komunikacích pro hlavní dopravní prostor, základní dopravní prostor a doplňkový dopravní prostor s hlediska světelně technického . Bohužel ani experti nejsou v tomto jednotní.

- Další diskutovanou oblastí bylo stanovení obecných požadavků, kde se smí a nesmí tato světelně technická opatření aplikovat .
- Stanovení a určení nejméně přípustných hodnot udržované osvětlenosti v jednotlivých rovinách a různých dopravních prostorech v závislostech na průměrné udržované osvětlenosti dané komunikace, kde má být toto opatření realizováno není jednoduché a stále se diskutuje. Z dostupných dat etap 1 až 3 je vidět, že jasně dané hodnoty osvětlenosti řešených nebezpečných míst je komplikované a má mnoho úskalí . Nenajdeme ani jedno stejné místo na pozemních komunikacích, kde by byla světelná scéna shodná.
- Posledním bodem osnovy bylo stanovení co by měl světelně technický návrh obsahovat a jak by se mělo toto bezpečnostní opatření hodnotit a posuzovat.

Nechci zde předjímat konečné výsledky jednání ani zveřejňovat jednotlivá navrhovaná ustanovení přílohy 1 TKP 15, které je zpracováváno pro Ministerstvo Dopravy . Sám jsem zvědav jak bude vypadat konečné znění tohoto technického předpisu a doufám , že veškeré naše poznatky a návrhy budou do tohoto předpisu zahrnuty.

Na uvedeném řešení se podílel tým odborníků jednotlivých profesí a různých organizací , kterým patří moje veliká úcta a poklona.

Miroslav Halama – vedoucí střediska VO Technických služeb Jablonec nad Nisou s.r.o.

Ing. Tomáš Maixner – předseda SRVO, soudní znalec – osvětlování pozemních komunikací

Ing. Jiří Skála - ELTODO CITELUM s.r.o.

Ing. Petr Holec - ELTODO CITELUM s.r.o.

Jaroslav Smetana - ELTODO CITELUM s.r.o.

Mgr. Štěpán Žežula - Centrum dopravního výzkumu (CDV)

pplk.Ing.Josef Tesařík – Policejní prezidium, ředitelství služby dopravní policie ČR

kpt.Ing.Miloš Chrdle - Krajské ředitelství Odboru služby dopravní policie Libereckého kraje

Ing. Josef Mecl - Krajské ředitelství Odboru služby dopravní policie Plzeňského kraje

por.Bc. Vlasta Malý , Policie ČR – Okresní ředitelství Odboru služby dopravní policie Liberec

Literatura a odkazy

- [1] CDV, v.v.i., Ředitelství služby dopravní policie PP ČR – statistické vyhodnocení dopravní nehodovosti ve vybrané lokalitě.
- [2] software LumiDISP, verze 1.5.0.28, Ústavu elektroenergetiky, Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií , Vysokého učení technického v Brně , pro vyhodnocení jasů digitální fotografie
- [3] fotodokumentace archív autora příspěvku

Vliv nočního osvětlení reklamních poutačů na okolní obytnou zástavbu

Petr Vrbík, Zdeňka Židková, Petr Baxant
Zdravotní ústav Brno, Vysoké učení technické v Brně

Úvod

Rušivé světlo v obytné zástavbě lze považovat za nový fenomén, který také bývá nepřesně označován za světelné znečištění. Používání označení „znečištění“ je poněkud zavádějící, protože světlo již ze své podstaty nic neznečišťuje. O rušivém světle se diskutuje především ve spojení s rušením některých astronomických pozorování noční oblohy, což ale nelze ztotožňovat s nepříznivým vlivem na lidské zdraví (např. rušením spánku, popř. obtěžováním obyvatel).

Vlivy světla na lidské zdraví

Světlo považujeme za fyzikální faktor našeho životního prostředí, který prokazatelně a významně působí na lidské zdraví. Jako „světlo“ označujeme tu spektrální část optického záření, které je schopno vyvolávat vizuální počítky, a současně je zhodnoceno podle spektrální citlivosti oka pozorovatele. Spektrální citlivost zraku se mění v závislosti na množství světla, takže v běžné praxi rozlišujeme citlivost pro denní (fotopické - vrchol citlivosti na 555 nm) a noční vidění (skotopické - vrchol na 505 nm).

Záměrné používání světla k dosažení viditelnosti nebo rozlišitelnosti pozorovaných předmětů označujeme jako **osvětlení**, které zároveň může působit na organizmus člověka (příznivě i nepříznivě):

- množstvím světla (energetické působení);
- barvou světla (spektrálním složením);
- dobou trvání (dlouhodobé nebo krátkodobé působení);
- časovým průběhem (např. střídáním denního světla a tmy popř. míháním světla);

K významným hygienickým vlivům nepochybně patří **střídání přírodního světla a tmy** v průběhu celého denního cyklu. Bylo prokazatelně ověřeno, že přirozené střídání denního světla a tmy synchronizuje naše vnitřní „biorytmy“. Tyto vnitřní biorytmy jsou u člověka vrozené (endogenní) a jsou pro udržení lidského zdraví nezbytné (mj. ztráta vnitřních biorytmů bývá považovaná za jednu z příčin psychogenních onemocnění). Lidský organismus reaguje na světlo hlavně pomocí receptorů sítnice v oku (rozlišujeme více druhů). Receptory sítnice převádějí světlem vyvolané vzruchy nervovými vlákny do mozku, kde se mj. zpracovávají na zrakové vjemy, ale také současně ovlivňují tvorbu melatoninu (tzv. spánkového hormonu), který synchronizuje tzv. biologické hodiny. K plnohodnotné tvorbě tohoto „spánkového“ hormonu je potřebná relativní tma. Aktuálně se zkoumá, jaké množství světla je potřeba k zahájení snížení tvorby melatoninu (supresi). V některých studiích se uvádí hodnoty blízké se

již k jednotkám luxů (otázkou však zůstává, o jakou osvětlenost se zde jedná).

Teoreticky lze tedy předpokládat, že přímým vlivem světla může docházet i k **rušení spánku**. Přitom průběh spánkového cyklu může být u každého jedince odlišný a záviset i na věku. Také potřeba délky spánku je individuální (pro dospělého člověka je uváděna potřeba asi 8 hodin \pm 1 hod). K nerušenému spánku je navíc zapotřebí dodržení dalších podmínek vnějšího prostředí, kdy se jedná alespoň o přiměřené ticho i vhodné mikroklima. Předpokládá se, že k rušení spánku může také výrazně přispívat případné míhání nebo výrazná barva světla především v těsné blízkosti obytných objektů (barevné záblesky u světelných reklam v nočním období). Při hygienickém posuzování rušivého světla v obytné zástavbě se tedy především zaměříme na možné **rušení nočního spánku obyvatel**.

Poznámka: Z hlediska rušení nočního spánku se přitom považuje za mnohem významnější zdravotní riziko působení hluku než osvětlení, protože u hluku nemá člověk možnost žádné přirozené obranné reakce jakým je např. zavření očních víček (viz. nerušený spánek malého dítěte za denního světla).

Avšak zdroj rušivého světla může nepříznivě působit na zdraví dotčených obyvatel i nepřímo, např. **obtěžováním** popř. vyvoláním **emočně podmíněného stresu**, zvláště když jde o zdroj:

- cizí, vyskytující se v bezprostřední blízkosti obytné zástavby;
- obtěžující, např. svým nežádaným informačním charakterem (např. politická kampaň);
- je známým zdrojem světla, bez možností ovlivnění subjektem;
- působící i v období vyhrazeném k relaxaci dotčených obyvatel.

Přičemž emoční stres může způsobovat dotčeným osobám potíže psychosomatického charakteru nebo být příčinou takového obtěžování, které by bylo možné považovat z hlediska charakteristiky zdravotního rizika za prokazatelné.

Poznámka: Při posuzování vlivu na zdraví obyvatel je potřeba požadovat autorizaci pro hodnocení zdravotních rizik (vydávané Min. zdravotnictví).

Světelné situace u reklamních poutačů

K určité objektivizaci účinků rušivého světla v obytné zástavbě již byla přijata doporučení mezinárodní komise pro osvětlování (viz tabulka č. 1):

Tabulka č. 1: Doporučené limity rušivého osvětlení

Přípustné maximum rušivého světla (podle ČSN EN 12464-2)							
Zóna prostředí	Podíl světeln. toku do horního poloprostoru ULR [%]	Svislá osvětlenost na objektech E_v [lx]		Svítivost svítidel I [cd]		Jas L [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]	
		mimo dobu nočního klidu ^{a)}	pro dobu nočního klidu	mimo dobu nočního klidu	pro dobu nočního klidu	L_B - fasády	L_S - značky (reklamní tabule)
E 1	≤ 0	≤ 2	0	$\leq 2\,500$	0	0	50
E 2	≤ 5	≤ 5	≤ 1	$\leq 7\,500$	≤ 500	≤ 5	400
E 3	≤ 15	≤ 10	≤ 5	$\leq 10\,000$	$\leq 1\,000$	≤ 10	800
E 4	≤ 25	≤ 25	≤ 10	$\leq 25\,000$	$\leq 2\,500$	≤ 25	1000

Poznámky k tabulce:

a) V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být větší hodnoty překročeny a mají se upřednostnit menší hodnoty.

E1 - představuje velmi tmavé oblasti jako národní parky a chráněná území;

E2 - představuje málo světlé oblasti jako průmyslové a obytné venkovské oblasti;

E3 - představuje středně světlé oblasti jako průmyslová a obytná předměstí;

E4 - představuje velmi světlé oblasti jako městská centra a obchodní zóny;

U reklamních poutačů bývají zdrojem případného rušivého světla většinou pouze odrazy světla od nasvětlených ploch poutače. Osvětlovací reflektory zde bývají většinou dostatečně cloněné (světelné zdroje nejsou vidět) a jsou nasměrovány na plochy panelů tak, aby zajistily jejich dostatečné osvětlení při nočním provozu. Svítivost svítidel v tomto případě nebývá podstatná, protože téměř veškerý světelný tok ze svítidel je nasměrován pouze na plochu reklamních panelů.

Jako kritérium pro posouzení vlivu rušivého osvětlení na obyvatele se tedy nejčastěji používá svislá osvětlenost (E_v) na fasádách obytných domů v blízké okolní zástavbě (nejlépe v oknech ložnic či dětských pokojů) a zjištěný jas reklamních panelů (L_s).

K zjišťování jasových poměrů v rámci konkrétní světelné situace se nám jeví jako nejvýhodnější počítačové zpracování digitální fotografie do tzv. jasové mapy. S pomocí konkrétní jasové mapy potom můžeme porovnávat (objektivizovat) význam jednotlivých světelných zdrojů v rámci možného zorného pole pozorovatele (např. konkrétního stěžovatele). Na obrázku (viz obr. č. 1) je ukázka zpracování digitální fotografie s více světelnými zdroji (osvětlený reklamní poutač, veřejné osvětlení, Měsíc, okna obchodního domu).



Obr. č. 1: Jasová mapa světelného poutače [2]

Poznámka: Pro správné pořízení digitální fotografie, vhodné ke zpracování do jasové mapy platí určitá pravidla. Znárodněná jasová mapa na obrázku je pouze k prezentaci (není kalibrována).

V budoucnu lze očekávat, že používání digitální fotografie se rozšíří i při řešení dalších světelných situací; např. pro posouzení osvětlování vstupů do tunelů v průběhu dne nebo osvětlování interaktivní tabule ve školách apod.

Závěrečné doporučení

Při posuzování osvětlení reklamních poutačů se většinou kontroluje, zda osvětlení poutače vyhovuje doporučeným limitům rušivého světla pro příslušnou zónu (svislé osvětlenosti na obytných objektech; svítivosti použitých světelných zdrojů; jasům osvětlených ploch), protože závazné hygienické limity k této problematice stanoveny doposud nejsou.

Poznámka: Obecně platí, že podíl rušivého osvětlení (od reklamního poutače) na celkové svislé osvětlenosti fasád okolních obytných domů významně klesá se vzdáleností mezi poutačem a posuzovaným obytným objektem. Kontrolujeme tedy nejbližší (nezastíněnou) obytnou zástavbu.

Za vhodné lze považovat ověření relativního podílu osvětlení poutače na celkové svislé osvětlenosti fasád obytných domů a pokud je tento podíl největší ($\geq 30\%$), lze jej považovat z hlediska zrakového vnímání za významný, takže může být i příčinou obtěžování, popř. vyvolávat emoční stres. Ke zvážení je, zda vzhledem k jasovým kontrastům v daném prostředí (posuzovaný poutač bývá většinou významně kontrastní vůči tmavé noční obloze) by ke splnění účelu reklamního poutače nevystačila nižší hladina osvětlenosti reklamních ploch popř. zajistit regulaci osvětlení pro noční období (větší citlivost zraku v noci).

Každá konkrétní světelná situace si vyžaduje náležité prozkoumání (nelze vyloučit ani zástupný problém), nicméně v porovnání se zdravotním dopadem nedostatku denního osvětlení v pobytových prostorech (mj. nárůst zrakové zátěže, vznik očních vad, narušení biorytmů) a při vzetí do úvahy možné expozice obyvatel rušivému osvětlení včetně případné ochrany (žaluzie, okenice, apod.), lze **vliv nočního osvětlení na rušení spánku většinou označit za ne příliš významný**. U obtěžování rušivým světlem nesmíme zapomenout zahrnout do úvahy i **emoční vlivy**.

Poděkování

Část příspěvku obsahuje výsledky výzkumné práce financované z projektu č. MSM0021630516 Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České Republiky.

LITERATURA

- [1] VRBÍK, P., - Hygiena optického záření a osvětlování, IDV PZ Brno, 1998;
- [2] BAXANT, P., SUMEC, S.: LumiDISP - software for the luminance distribution processing and digital photography analyses. Brno University of Technology, 2006, dostupný na <http://www.lumidisp.eu>

Autoři: Ing. Petr Vrbík, Zdravotní ústav Brno, E-mail: petr.vrbik@zubrno.cz; PhDr. Zdeňka Židková, E-mail: zdenka.zidkova@centrum.cz doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D., Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, Technická 2848/8, 61600 Brno E-mail: baxant@feec.vutbr.cz

Analýza napět'ových a proudových poměrů výbojkových zdrojů osvětlení zimního stadionu

Josef Tlustý, Zdeněk Müller, Tomáš Sýkora, Jan Švec, Jan Kyncl
ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky

tlusty@fel.cvut.cz

k315.feld.cvut.cz

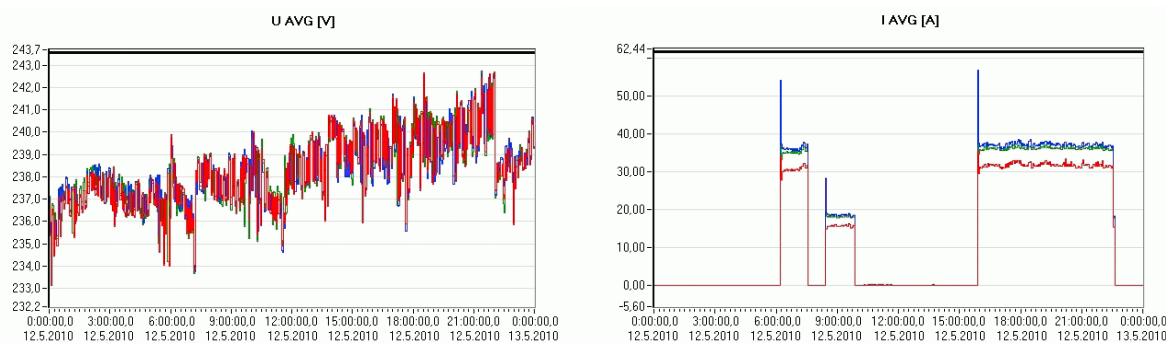
Úvod

Článek se zabývá vyhodnocením průběžného měření napájení svítidel využívaných k osvětlování ledové plochy zimního stadionu a analýzou možných příčin poruch těchto svítidel. Měření bylo provedeno z důvodu podezření na výskyt rušení v elektrické síti, které má za následek zkracování životnosti svítidel. Na základě zmiňovaných důvodů byla provedena série měření, rozdělená do několika etap, s cílem analyzovat existenci a případně určení druhu rušení, které negativně ovlivňuje životnost svítidel. Byla provedena následující měření:

- dlouhodobé a krátkodobé měření v přívodním rozváděči ke svítidlům
- dlouhodobé a krátkodobé měření hlavního přívodu stadionu
- dlouhodobé a krátkodobé měření v jedné sekci svítidel

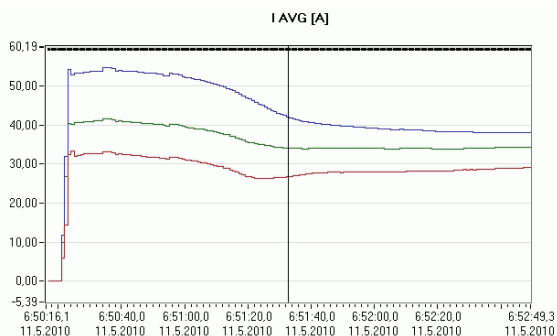
Dlouhodobé a krátkodobé měření – přívodní rozváděč ke svítidlům

Dlouhodobé měření bylo provedeno s cílem zaznamenat odběrový profil svítidel a krátkodobým měřením jsou zde zaznamenané události vykazující dále popsané změny napětí a proudu. Rovněž bylo provedeno měření, které mělo za cíl posoudit, zda-li se v síti vyskytuje vysokofrekvenční rušení. Dlouhodobé měření je rozděleno do několika částí vzhledem k hustotě záznamu, kdy průběhy jsou zobrazeny po jednotlivých dnech. Na obr.1 je uveden typický průběh za 1 den.



Obr. 1: Průběh napětí a proudu v přívodním rozváděči ke svítidlům

Týdenní měření napájení svítidel na zimním stadionu prokázala, že napájecí napětí se pohybuje v dovolených mezích, svítidla nejsou dlouhodobě přetěžována a jejich provozní režim odpovídá očekávání (několik cyklů denně) - viz. obr.1. Z průběhů proudů je zřejmá četnost zapínání svítidel v hale, ke kterému dochází obvykle několikrát denně. Různé hodnoty proudů v různých fázích (nesymetrické zatížení) je nejspíše vyvoláno rozdílným počtem svítidel na každé fázi vzhledem k poruše některých z nich. Počáteční vyšší hodnoty proudů (o desítky procent) jsou dány počátečním dobou hoření výbojek v řádu desítek sekund, což je

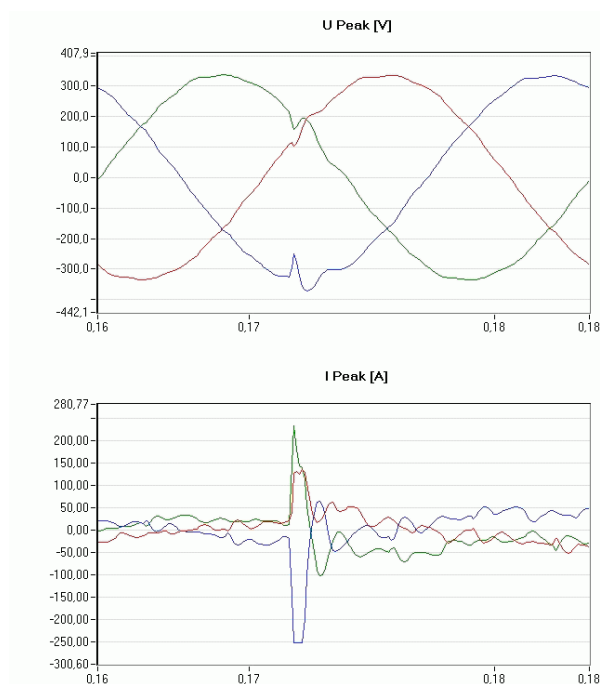
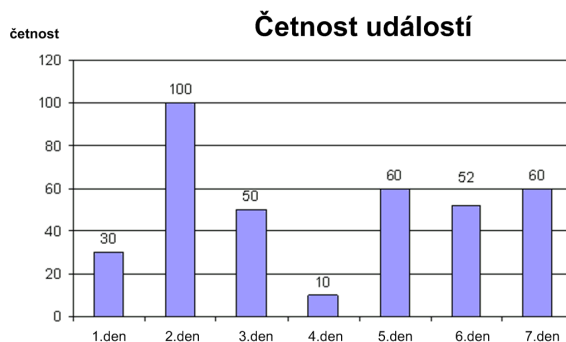


Obr. 2: Průběh proudu – detail

zřejmé z detailního průběhu - viz. obr. 2.

Zásadním výsledkem měření pro účely stanovení možných příčin zkracování životnosti svítidel je výskyt krátkodobých událostí s četností desítky událostí denně. Během těchto událostí dochází k drobnému zakolísání napětí v řádu několika voltů v časovém okně několika milisekund. Tato zakolísání se objevují v síti nepřetržitě, tj. bez ohledu na zapnutý či vypnutý stav svítidel a zjevně tak nesouvisejí s provozem osvětlení haly. Krátkodobé měření spočívalo v zaznamenání událostí, kdy okamžitá hodnota napětí přesáhla úroveň 360 V v libovolné fázi. Obr. 3 ukazuje četnost takovýchto událostí v jednotlivých dnech měřeného období. Počet těchto událostí za den je velmi

proměnlivý, vždy se však pohybuje v řádu desítek.



Obr. 4: Detail průběhu napětí a proudu na svítidlech během události

Tyto události byly zaznamenány se vzorkovací frekvencí 9600 Hz - viz. obr.4. Uvedené průběhy představují typické změny napětí a proudu během registrovaných událostí. Napěťové změny, které se vyskytují i v případě vypnutých svítidel, jsou spíše menšího rozsahu, samy o sobě nemohou způsobit poškození spotřebičů v síti nn a jsou v souladu s požadavky normy ČSN 50 160. Mnohem horší situace je v případě proudů, kdy jednotlivé fázové hodnoty několikanásobně (až 5-7 násobek) překračují běžné provozní proudy. Toto se děje v časovém úseku řádově několika milisekund. Uvedené proudové špičky mohou mít při registrované četnosti výskytu negativní vliv na životnost výbojkových svítidel. Vzhledem k mechanismu zaznamenávání četnosti událostí (hranice 360 V) je vysoce pravděpodobné, že uvedené jevy se v síti vyskytují ještě častěji, i při mírnějším zakolísání napětí.

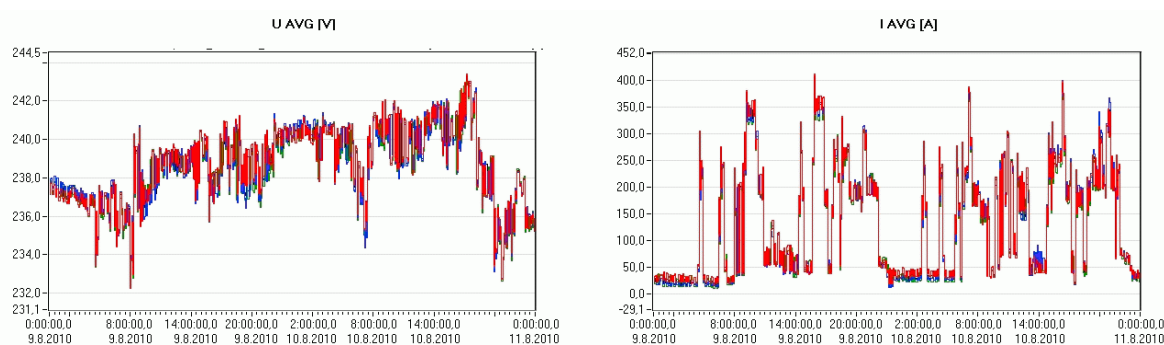
Druhá část krátkodobého měření měla za cíl zjistit, zda-li se v síti vyskytuje vysokofrekvenční rušení, které nelze použitými měřicími přístroji pro měření kvality elektrické energie zachytit. Měření bylo provedeno osciloskopem LeCroy se vzorkovací frekvencí 5 MHz. Měření bylo provedeno pouze napěťovou sondou v jedné fázi napájení svítidel se závěrem, že se nejedná o vysokofrekvenční rušení, neboť tvar křivky napětí je takřka shodný s tvarem křivky změřeným analyzátozem kvality, a to včetně maximálních hodnot napětí.

Z důvodů detailnější analýzy výskytů kolísání napětí, bylo provedeno další dlouhodobé a krátkodobé měření jednak na hlavním přívodu do objektu a dále přímo u jednoho svítidla.

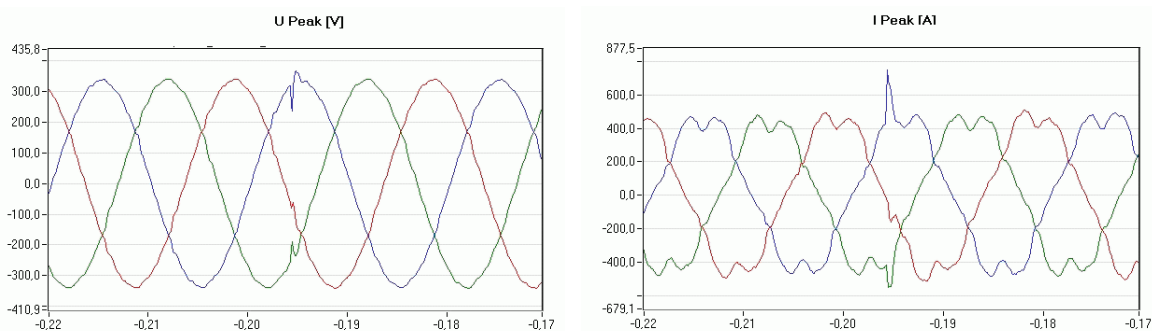
Dlouhodobé a krátkodobé měření – hlavní přívod

Týdenní měření hlavního přívodu na zimním stadionu opět prokázala, že napájecí napětí se pohybuje v dovolených mezích, svítidla nejsou dlouhodobě přetěžována a jejich provozní režim odpovídá očekávání (několik cyklů denně) – viz. obr. 5. Měření mělo dále za úkol zjistit, zda se příčina napěťových kolísání nachází uvnitř elektroinstalace zimního stadionu, nebo zda tato kolísání jsou způsobena vnějšími vlivy v napájecí distribuční síti – viz. obr. 6. Toto měření bylo zatíženo určitými chybami měření, neboť vzhledem k velké proměnlivosti velikosti vstupního proudu bylo třeba měřit proudy sondami s vyšším proudovým rozsahem. Pro nižší okamžité hodnoty proudů pak může docházet ke zkreslení tvaru křivek proudů. Přesto lze z průběhů na hlavním přívodu vyzorovat proudové špičky v době, kdy svítidla byla zapnutá, což je v souladu s dřívějším měřením. Naopak v době, kdy svítidla zapnutá nebyla, jsou pozorovány výkyvy v křivkách proudu v časech napěťových zakolísání maximálně srovnatelné s výkyvy v jiných částech průběhu.

Vzhledem k předpokládanému zkratovému výkonu v místě hlavního rozváděče zimního stadionu by napěťové kolísání v řádu desítek voltů (jak je patrné z napěťových křivek během události) muselo být způsobeno proudem v řádu kiloampér, což neodpovídá žádnému spotřebiči na zimním stadionu. Případnou poruchu (zkratový proud) lze rovněž vyloučit, neboť napěťové jevy se v instalaci vyskytují opakovaně.



Obr. 5: Průběh napětí a proudu na hlavním přívodu

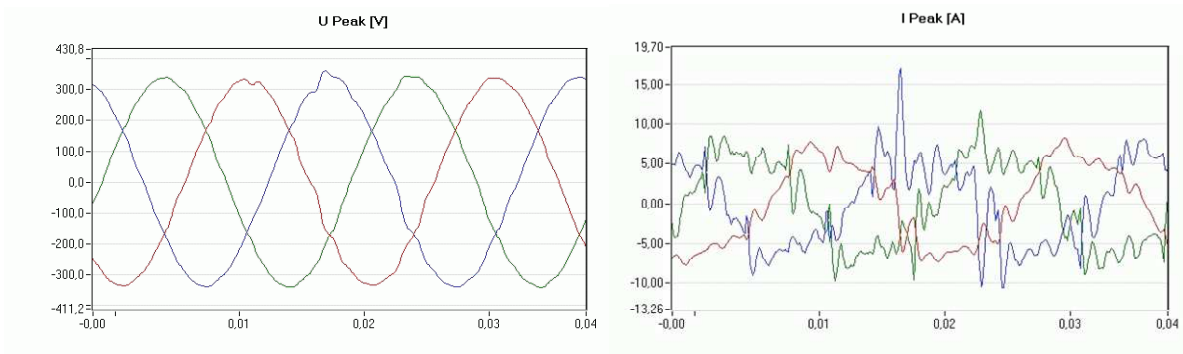


Obr. 6: Detail průběhu napětí a proudu na hlavním přívodu během události

Dlouhodobé a krátkodobé měření – v jedné sekci svítidel

Výsledky dlouhodobého měření nevykazují žádné anomálie a jsou shodné s měřením, které bylo provedeno v rozváděči, který napájí všechna svítidla. Z naměřených průběhů jsou zřejmé časové úseky se zapnutými svítidly i vyšší proud při startech svítidel, který je však běžným provozním stavem. Daná skutečnost byla uvedena v kapitole Dlouhodobé a krátkodobé měření – přívodní rozváděč ke svítidlům.

Události identifikované překročením nastavené napěťové úrovně se zde vyskytovaly pouze při zapnutém stavu svítidel (při vypnutých svítlích bylo v místě měření nulové napětí), a to na každém měřeném svítlíku jednotlivě. Obecně lze konstatovat, že zaznamenané proudové špičky postihují velké množství svítidel v hale a úzce souvisejí s napěťovým zakolísáním v napájecích přívozech svítidel.



Obr. 7: Detail průběh napětí a proudu v jedné sekci svítidel během události

Zhodnocení měření

Shrnutím výsledků všech měření lze konstatovat, že opakující se krátkodobé proudové špičky svítidel jsou úzce spjaty s napěťovými zakolísáními v řádu několika desítek voltů a 1-2 ms. Tato napěťová zakolísání s vysokou pravděpodobností pocházejí z vnější distribuční soustavy a nejsou způsobena spotřebiči na zimním stadionu. Zároveň je nutné konstatovat, že napěťové charakteristiky napájecí soustavy splňují požadavky kladené normou ČSN EN 50160 a v běžných případech nezpůsobují žádné problémy spotřebitelům. Svítidla instalovaná na zimním stadionu vykazují zvýšenou citlivost na napájecí napětí, která může být příčinou jejich snížené životnosti. Toto však musí být řešeno v souladu s výrobcem těchto svítidel. Tuto zvýšenou citlivost je možné za účelem zlepšení provozu a zvýšení spolehlivosti osvětlení v hale zimního stadionu řešit např. instalací záložních bezvýpadkových zdrojů (UPS), které umožní výrazně zkvalitnit a stabilizovat napájecí napětí. Toto řešení je však nutno podrobit další technicko-ekonomické úvaze.

Simulace

Souběžně s měřením byla provedena simulační analýza možných příčin proudových špiček ve svítidlech, resp. v odběrové části elektroinstalace zimního stadionu. V úvahu bylo bráno uspořádání napájení a elektroinstalace, které obsahuje napájecí transformátor vn/nn, kabelový přívod, kompenzaci jalového výkonu a běžné R a RL zátěže objektu. Cílem simulací bylo zjistit, jak jsou takováto uspořádání citlivá na případná drobná zakolísání napájecího napětí, případně jiné krátkodobé změny parametrů napájecího obvodu, které splňuje běžné standardy.

Na základě měření a simulací lze konstatovat, že v elektroinstalaci se mohou vyskytovat napěťová zakolísání, která jsou dána vlastní frekvencí elektrického systému. Tato zakolísání mohou být vyvolána změnami v parametrech napájecího obvodu. Změřená napěťová zakolísání byla změřena ve stavech zapnutých i vypnutých svítidel, což odpovídá předpokladu, že vlastní frekvence systému se s připojením svítidel výrazně nezmění. Napěťové změny při zapnutých svítidlech vyvolávají velké proudové špičky, pravděpodobně vlivem vybuzení startovacích impulsů v okamžiku, kdy je výbojka v provozu.

Závěr

Uvedený článek měl za cíl upozornit na možná rizika, která se mohou vyskytnout v sítích s výbojkovým osvětlením. Různé konfigurace napájecí soustavy a vnitřní elektroinstalace mohou vést k případům, kdy veškeré napájecí napěťové charakteristiky splňují požadavky normy ČSN EN 50160, přesto však může doházet k problémům vyvolaných častými proudovými špičkami, které vedou ke zkrácení životnosti svítidel. Tyto komplikace nelze jednoznačně předvídat vzhledem k charakterům daným vlastními frekvencemi obvodů, ale je nutné počítat s jejich eventuálním výskytem a potřebou realizovat ochranná opatření.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 50 160
- [2] Pravidla provozování distribučních soustav, revize 2009
- [3] PNE 33 3430-7

Obsah:

Příspěvek	Strana
1. INTELIGENTNÍ SYSTÉMY ŘÍZENÍ VENKOVNÍHO OSVĚTLENÍ – TELEA	1
2. PYRAMIDA NAD OSTRAVOU – POHLED SVĚTELNÉHO TECHNICKA	4
3. KABELOVÉ TRASY S INTEGROVANOU FUNKČNOSTÍ PRO NOUZOVÉ OSVĚTLENÍ	6
4. VPLYV OHYBU SVETLOVODU NA ÚČINNOST PŘENOSU SVETLA TUBUSOM SVETLOVODU	20
5. PROJEKT VERSUS REALITA	22
6. MĚŘENÍ JASŮ NOČNÍ OBLOHY V AREÁLU VŠB-TU	23
7. VÝVOJOVÉ TENDENCE VE SVĚTELNÝCH ZDROJÍCH A SVÍTIDLECH	26
8. PRAKTICKÉ VYUŽITÍ LED MODULŮ	35
9. MERANIE ELEKTRICKÝCH PARAMETROV V SIEŤACH VEREJNÉHO OSVETLENIA	41
10. INTELIGENTNÍ ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ VÝROBNÍ HALY	45
11. ARNDTŮV VZTAH	53
12. SPEKTRÁLNE VLASTNOSTI RUŠIVÉHO SVETLA	55
13. SVĚTLO V ARCHITEKTUŘE NA TÉMA MĚŘÍTKO A PROPORCE – CHEOPSOVA PYRAMIDA NAD OSTRAVOU	60
14. DIFÚZORY SVETLOVODOV A SKÚMANIE ICH SMEROVÝCH CHARAKTERISTÍK	64
15. STAV FVE V ČESKÉ REPUBLICCE	69
16. NETRADIČNÍ POHLED NA VLASTNOSTI SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	73
17. VYHLÁŠKA PRO ŠKOLY, MODERNÍ ŠKOLY NAŠICH SOUSEDŮ	78
18. CESTY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ	81

19. ZPRÁVA O STAVU NEBE 2010	85
20. NÁVRH A VÝROBA KULOVÉHO INTEGRÁTORU SLOUŽÍCÍ K MĚŘENÍ MALÝCH SVÍTIDEL A SVĚTELNÝCH ZDROJŮ PRO LABORATOŘE VŠB – TU OSTRAVA	89
21. PROSKLENÉ KANCELÁŘE S PC Z HLEDISKA FAKTORŮ PROSTŘEDÍ	93
22. ANALÝZA ÚČINNOSTI FOTOVOLTAICKÉ A VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY NAPÁJECÍ SVÍTIDLO VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ	102
23. POSUZOVÁNÍ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV VHODNÝCH PRO INSTALACI V PRŮMYSLOVÝCH HALÁCH	110
24. FVE Z POHLEDU INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ A NÁVRATNOSTÍ	114
25. OSVETLENIE KOSTOLOV A SAKRÁLNYCH OBJEKTOV	119
26. LIGHT EMITTING DIODES IN THE SHOW CAVE ILLUMINATION	121
27. NÁKLADY NA OMEZENÍ EMISÍ CO₂ V OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAVÁCH VE SROVNÁNÍ S OZE	125
28. SROVNÁNÍ SVĚTELNÝCH REGULÁTORŮ Z HLEDISKA ÚSPORY ELEKTRICKÉ ENERGIE A PROVOZNÍCH PARAMETRŮ	127
29. VLIV OSVĚTLENÍ NA PRACOVNÍKA	132
30. BEZÚDRŽBOVÁ SVÍTIDLA VO	136
31. NÁHRADA ZÁŘIVEK LINEÁRNÍMI ZDROJI SE SVĚTELNÝMI DIODAMI	140
32. VIDĚT NEZNAMENÁ ROZPOZNAT	145
33. FARBA OBLOHY NIELEN AKO FYZIOLOGICKÝ VNEM	151
34. POŽADAVKY A POSOUZENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ BUDOV	155
35. DIFUZNÍ SYSTÉMY A JEJICH SVĚTELNÉ ZDROJE	159
36. RIADENIE A SPRÁVA SÚSTAV VEREJNÉHO OSVETLENIA POUŽITÍM INTELIGENTNÝCH SYSTÉMOV RIADENIA	163
37. HODNOCENÍ VO Z POHLEDU VÝKONNOSTNÍCH PARAMETRŮ	167
38. VÝPOČET DENNÍHO OSVĚTLENÍ OD TUBUSOVÝCH SVĚTLOVODŮ	173

39. ŘEŠENÍ ŠETRNÉHO OSVĚTLENÍ V NÁRODNÍM DIVADLE	177
40. PROTOKOL O MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI, NEDOSTATKY	178
41. MĚŘENÍ POLOHY POMOCÍ DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE	179
42. HYBRIDNÍ SYSTÉM NAPÁJENÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ V MENŠÍCH OBCÍ	186
43. INDUKČNÍ OSVĚTLENÍ	189
44. OSVĚTLOVÁNÍ VENKOVNÍCH ROZVODEN V ELEKTRICKÝCH STANICÍCH ČEPS, A.S.	192
45. TEST PROGRAMŮ PRO DENNÍ OSVĚTLENÍ	198
46. ASTRONOMICKÁ KAMERA S AKTIVNÍM CHLAZENÍM ČIPU PRO MĚŘENÍ NÍZKÝCH ÚROVNÍ JASŮ	204
47. POROVNÁNÍ ULIČNÍCH OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV S VYSOKOTLAKÝMI SODÍKOVÝMI VÝBOJKAMI A SE SVĚTELNÝMI DIODAMI	208
48. NÁVRH OPTIKY ZÁŘIVKOVÉHO SVÍTIDLA	213
49. NOVELA NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 361/2007 SB., KTERÝM SE STANOVÍ PODMÍNKY OCHRANY ZDRAVÍ PŘI PRÁCI	216
50. SROVNÁNÍ SVÍTIDEL OSAZENÝCH KLASICKÝMI SVĚTELNÝMI ZDROJI A LED	223
51. VPLYV ZNEČISTENIA OPTICKÝCH ČASTÍ SVIETIDIEL NA ZMENY ICH FOTOMETRICKÝCH PARAMETROV	227
52. LED OSVĚTLENÍ V OBCHODNÍ JEDNOTCE	233
53. OSVĚTLOVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH MÍST NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH – PŘÍKLADY Z PRAXE	235
54. VLIV NOČNÍHO OSVĚTLENÍ REKLAMNÍCH POUTAČŮ NA OKOLNÍ OBYTNOU ZÁSTAVBU	242
55. ANALÝZA NAPĚŤOVÝCH A PROUDOVÝCH POMĚRŮ VÝBOJKOVÝCH ZDROJŮ OSVĚTLENÍ ZIMNÍHO STADIONU	245

Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	Katedra elektroenergetiky
Název:	Kurz osvětlovací techniky XXVIII
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2010, 1. vydání
Počet stran:	250
Vydala:	VŠB – Technická univerzita Ostrava
Tisk:	Ediční středisko VŠB – TUO
Náklad:	200 ks

NEPRODEJNÉ

ISBN 978-80-248-2307-2