

Česká společnost pro osvětlování



***Racionalizace v osvětlování  
venkovních prostor***

Karel Sokanský a kolektiv

OSTRAVA 2005

*Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2005 - část A.*

Pod vedením Prof. Ing. Karla Sokanského, CSc. z VŠB-TU Ostrava, Fakulty elektrotechniky a informatiky vypracoval tým autorů:

Ing. Tomáš Novák, Ph.D.

Ing. Petr Höchsmann

Ing. Jaroslav Kotek

Ing. Alena Muchová

Jiří Voráček

Ing. Luděk Hladký

Ing. Květoslav Kutal

## 1. ÚVOD

Světlo patří k důležitým faktorům, které významně podmiňují úroveň životního prostředí. Vyvolává v člověku fyziologické a psychologické reakce, které jsou ovlivňovány množstvím světelné energie, jejím časovým a prostorovým rozložením, druhem světla a jeho barevnou jakostí. Pomocí zraku člověk získává až 90% informací o prostředí, které ho obklopuje.

V České republice se spotřebovává asi 11% elektrické energie na osvětlení a v dobách energetických špiček to může být až 20%. Racionalizace v této oblasti může přinést značné úspory při zachování normovaných požadavků na hladiny osvětlení a dodržení hygienických předpisů.

Cílem této příručky je seznámit odbornou i laickou veřejnost s novými evropskými normami pro osvětlení pozemních komunikací, tunelů, architektur, sportovišť, s vazbami mezi nimi a především s racionalizačními trendy, které pomohou snížit energetickou náročnost osvětlovacích soustav venkovního osvětlení.

Racionalizací osvětlovacích soustav se rozumí zavádění nových energeticky úsporných zdrojů (např. LED diod), svítidel s vysokou účinností a jejich směřováním tak, aby svítily pouze tam, kde mají. Dále sem patří racionalizace z oblasti regulace a řízení osvětlovacích soustav s přihlédnutím k omezení rušivého světla. Tato racionalizační opatření však nesmí být na úkor zachování optimálního světelného mikroklima pro člověka.

## 2. ZÁKLADY SVĚTELNÉ TECHNIKY

### 2.1. Podstata světla, zrakový systém

#### 2.1.1. Podstata světla

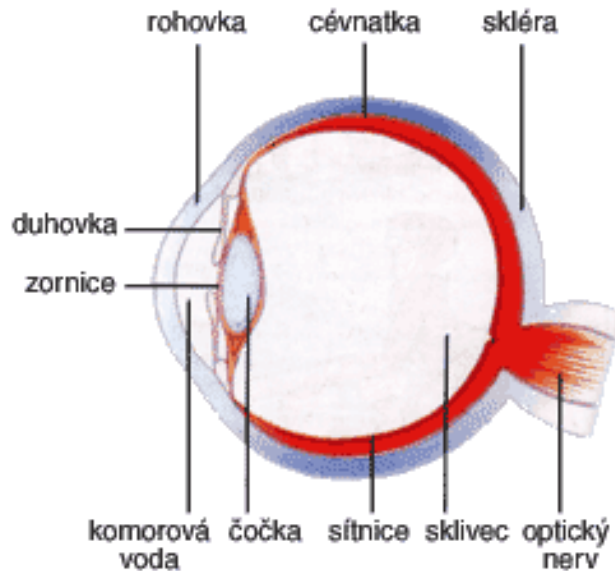
Světlo je elektromagnetické záření, které je schopno prostřednictvím zrakového orgánu vzbudit zrakový vjem. Záření lze charakterizovat frekvencí anebo vlnovou délkou. Vlnové délky viditelného záření se nacházejí v rozmezí  $\lambda = 380 \div 780$  nm. S viditelným zářením (světlem) sousedí ultrafialové záření na straně kratších vlnových délek a infračervené záření na straně delších vlnových délek. Ke vzniku světla v současných elektrických světelných zdrojích dochází na těchto čtyřech základních principech:

- inkandescencí neboli tepelným buzením vznikajícím při zahřátí pevné látky na vysokou teplotu,
- vybuzením atomů v elektrickém výboji,
- luminiscencí pevných látek,
- emisi fotonu při průchodu proudu polovodičovým přechodem.

Typickým představitelem prvního typu elektrických světelných zdrojů jsou obyčejné a halogenové žárovky. Dodávanou energií je energie tepelná, která vzniká průchodem elektrického proudu wolframovým vláknem. Druhý typ představují všechny nízkotlaké a vysokotlaké výbojové zdroje (zářivky, rtuťové, sodíkové, halogenidové a nové typy výbojek). Světlo zde vzniká při nepružných srážkách atomů, iontů a elektronů ve sloupci výboje, který se nachází v elektrickém poli. Třetí typ vzniku světla je založen na principu přeměny záření o kratší vlnové délce například ultrafialového na viditelné záření o delší vlnové délce. Tento jev nastává v tzv. luminoformu, což je u zářivky světlá vrstva látky nanesená na vnitřní povrch trubice. Zářivka bez luminoformu vyzařuje převážně na vlnové délce  $\lambda = 253$  nm, což je záření patřící do oblasti ultrafialového záření. Při použití luminoformu se ultrafialové záření transformuje do viditelné oblasti. Poslední typ vzniku světla představují LED diody, jejichž mohutný vývoj je přesouvá z oblasti signalizace do oblasti osvětlování.

#### 2.1.2. Zrakový systém, zrakové mechanismy

Oko je smyslový orgán obsahující optický aparát a přijímací systém (sítnici), sloužící k vytvoření převráceného, souměrného a neskutečného obrazu. Sítnice je tvořena systémem fotoreceptorů (čípky, tyčinky), velmi složitým systémem neuronů (nervových buněk) a nervových (reléových) spojů, které dopadající obraz registrují, provádějí jeho selekci a užitečnou část informace o obrazu zpřesní a transformují do přenosového systému nervových vláken formou nervových podráždění. Nervová vlákna z celé sítnice se sjednocují ve zrakovém nervu, který vyústí v konečné fázi ve zrakovém mozkovém centru. Centrum nejen pasivně přijímá informace, nýbrž také systémem zpětných vazeb řídí funkci jak optického aparátu oka, tak i sítnice, aby přijímaná informace byla co nejpřesnější a zároveň, aby byla oprostěna v co největší míře od rušivých vlivů působících na vstup zrakového ústrojí.

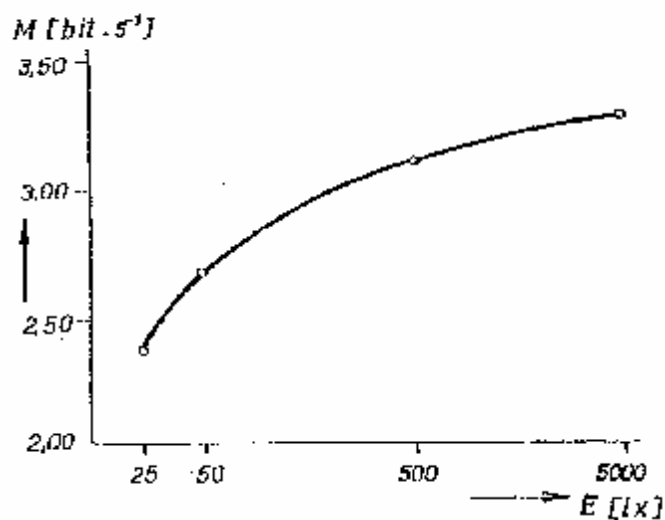


Obr. 2.1 Lidské oko

Vidění neboli zrakové vnímání je proces poznávání okolního prostředí. Jedná se o proces příjmu zrakové informace rozlišením rozdílu jasů (kontrastu) barev a tvarů. Na základě rozlišení dochází k identifikaci a analýze, což je poznávání předmětů a vztahů mezi nimi a zařazení do našeho vědomí, buď k okamžitému použití pro danou činnost, nebo k uložení do paměti. **Cílem vidění je tedy poznávání.**

Množství informace získané zrakem a přenášené do mozku člověka je možno charakterizovat **informačním výkonem**. Jeho velikost stoupá se zvyšujícími se osvětlenostmi a tudíž i jasy pozorovaných objektů.

Informační výkon stoupá se zvyšující se osvětleností, ale jeho nárůst je limitován maximální přenosovou kapacitou informačního kanálu. Na nárůst informačního, resp. zrakového výkonu má proto podstatně větší vliv zvýšení osvětlenosti v oblasti relativně nízkých hladin (50 lx), než zvyšování poměrně vysokých osvětleností v oblasti nad 500 lx. Tyto skutečnosti je třeba mít na zřeteli při navrhování jak denního, tak umělého osvětlení.



Obr. 2. 2 Závislost množství přenášené informace na osvětlenosti

Mezi základní zrakové mechanismy patří akomodace a adaptace.

**Akomodace** je samovolné přizpůsobení se oka vzdálenosti pozorovaného předmětu. Oko dosahuje akomodací zostření obrazu na sítnici. Akomodace je aktivní proces dosahovaný nervovou činností, při které se mění zakřivení čočky oka. Nejbližší bod, který může plně akomodované oko vidět ostře se nazývá blízký bod. Tento bod se s přibývajícím věkem vzdaluje a to od 10 cm u dětí do 50 cm u padesátileté osoby.

**Adaptace** je přizpůsobení se oka různým hladinám osvětlenosti. Oko je schopno vnímat při osvětlenostech od hodnot 0,25 lx až do 10<sup>5</sup> lx. Adaptace je dvojitá. Adaptace na tmu trvá až 40 minut. Adaptace na světlo trvá 5 ÷ 7 minut. Optický systém oka je charakterizován ostroší zobrazení v úrovni sítnice.

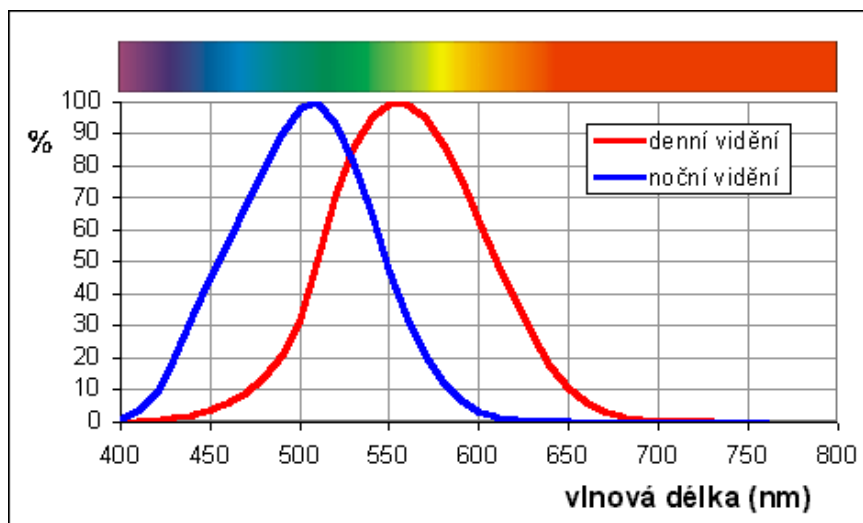
Mezi nejznámější vady oka patří krátkozrakost, která se kompenzuje rozptylnými čočkami a dalekozrakost, která se kompenzuje spojnými čočkami. Pokles akomodační schopnosti věkem se nazývá stařecké vidění. Část prostoru, kterou může pozorovatel postřehnout upřeným pohledem bez pohybu oka a hlavy se nazývá **zorné pole**.

Pro posouzení zrakové obtížnosti prováděné práce je důležitý útvar tzv. **kritický detail**, který si oko umísťuje do centra zorného pole. Kritickým detailem je např. u žáka písmeno v sešitě, u hodináře kolečko nebo šroubek v hodinkách atd. Pro přímé rozlišení kritického detailu je rozhodující jeho bezprostřední okolí. Kritický detail s **bezprostředním okolím** tvoří pozorovaný předmět. Okolí navazující na bezprostřední okolí se nazývá **pozadí**, zbývající část zorného pole, která se na rozlišení kritického detailu podílí nepřímě se nazývá vzdálené pozadí. Rozlišení předmětů je založeno na schopnosti zrakového orgánu rozeznat rozdíly jasů rozlišovaných detailů, které musí být dostatečné. **Kontrast jasů**  $K$  je definován na základě znalostí jasů rozlišovaného detailu  $L_a$  a jasů pozadí  $L_b$  dle vztahu:

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad [- ; \text{cd.m}^{-2}, \text{cd.m}^{-2}] \quad (2.1)$$

Nejmenší rozlišitelný rozdíl jasů se nazývá **práh rozlišitelnosti jasů**.

Zrakový orgán není stejně citlivý na záření různých vlnových délek. Největší citlivost oka při dobrém osvětlení (fotopické vidění pomocí čípků) je na vlnové délce okolo  $\lambda = 555 \text{ nm}$ , což je patrné z křivky spektrální citlivosti zraku normálního fotometrického pozorovatele viz *Obr. 2.3*. Při nočním vidění (skotopické vidění pomocí tyčinek) dochází k posunu křivky z maxima  $\lambda = 555 \text{ nm}$  na hodnotu  $\lambda = 507 \text{ nm}$ .

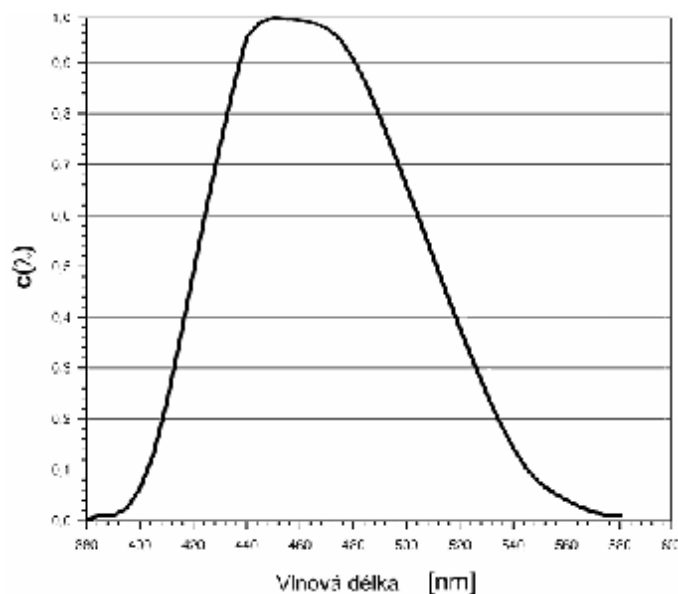


Obr. 2.3 Křivka spektrální citlivosti oka při fotopickém (denním) i skotopickém (nočním) vidění

Světlo má na lidi a také zvířata kromě vizuálních účinků také účinky, které je možno nazvat účinky biologickými, po případě účinky behaviorálními (souvisí s chováním organismu). Tyto účinky se zprostředkovávají pomocí nervových drah, kterými se promítají impulsy ze sítnice do neznakové části mozku, zvané hypotalamus. Je to oblast, která kontroluje mnoho základních funkcí v těle včetně hormonální sekrece, vnitřní tělesné teploty, metabolismu, reprodukce a také vyšší nervové funkce jako jsou paměť a city. Tak zv. hypotalamická jádra jsou považována za základní část biologických hodin anebo také cirkadiálního systému, který reguluje tělesný fyziologický rytmus. Existují tedy dvě oddělené nervové cesty ze sítnice do mozku. Jedna je zodpovědná za vidění, druhá za cirkadiální regulaci.

Cirkadiální systém zajišťuje kontrolu denních rytmů jako je spánek, bdění, tělesná teplota, hormonální sekrece a další fyziologické parametry. Světlo je primárním stimulem pro regulaci cirkadiálního systému. Střídání světla a tmy vnímané očima podněcuje nervové aktivity, což vyvolává rytmickou produkci tzv. melatoninu, zvaného také spánkovým hormonem. U všech savců včetně lidí se vylučují vysoké hladiny melatoninu v noci a nízké hladiny ve dne. Bylo zjištěno, že po expozici bílého světla o vertikální intenzitě osvětlení v blízkosti oka o hodnotě 2500 lx během noci došlo k prudkému poklesu cirkulujícího melatoninu během jedné hodiny. Při nižších intenzitách jako např. při hodnotě 500 lx se tento efekt nedostavil. Z tohoto experimentu vyplývá, že intenzita osvětlení vyvolávající pokles melatoninu musí být u lidí podstatně vyšší, než intenzita osvětlení potřebná k vidění. Světlo vyvolávající vysokou intenzitu osvětlení po vniknutí do očí je silným stimulem pro řízení cirkadiálních rytmů, což se dá nazvat biologickou odezvou lidského organismu na jasné světlo. Tato zjištění tvoří základ studia terapeutického účinku světla na lidský organismus.

Fotobiologický účinek světla je kromě intenzity osvětlení rovněž závislý na vyzařovaném spektru světelného zdroje. Zavádí se zde pojem spektrální cirkadiální funkce fotobiologického účinku  $c(\lambda)$  (viz Obr. 2.4) a tak zvaný cirkadiální účinný faktor  $a_{cv}$ . Hodnoty tohoto faktoru pro jednotlivé typy zdrojů světla se nacházejí v Tab. 2.1 a 2.2.



Obr. 2.4 Křivka spektrální citlivosti oka

Tab. 2.1 Hodnoty  $a_{cv}$  některých světelných zdrojů

Světelný tok	Cirkadiánní účinný faktor $a_{cv}$
přímé slunce	0,83
oblačné nebe	<b>1,73</b>
modré nebe	<b>1,02</b>
měsíc	0,62
domácí-svíčka	0,20
žárovka	0,40
Na-vysokotlaká výbojka	0,21

Tab. 2.2 Hodnoty  $a_{cv}$  pro různé typy světelných zdrojů

Druh zářivky a LED	Cirkadiánní účinný faktor $a_{cv}$
teple bílá	0,36
neutrální bílá	0,60
denní s vyšší teplotou $T_c$ (7100 K) TLD 965	1,18
Bio-lux	1,00 - 1,15
Bio-světlo	0,98
True-Light	0,93 - 0,98
Narva-vitální	0,99
LED (modrá $\lambda_{max} = 468$ nm)	6,90
LED (bílá)	1,0 ... 2,0

**Barevné vidění** je schopnost rozlišovat pestré barvy, to znamená barvy, mající barevný tón. Barevné vidění usnadňuje identifikaci barevných předmětů v prostoru a rozšiřuje identifikační

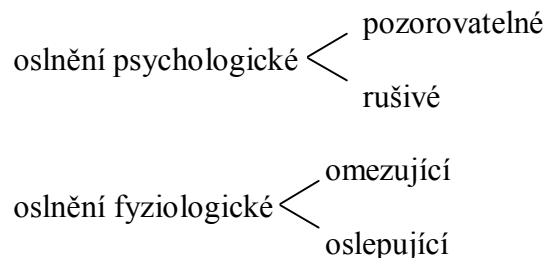


možnosti. Barevné vidění se vysvětluje tzv. třísloužkovou teorií, to znamená, že v sítnici oka jsou tři různé typy fotoreceptorů, z nichž každý je jinak citlivý na různé vlnové délky. Jeden je citlivý na červenou, druhý na zelenou a třetí na modrou barvu. Všechny ostatní barvy jsou vnímány tak, že dochází k aditivnímu mísení těchto tří základních barev v různých poměrech.

Vyskytují-li se v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíly (vyšší než nebo 1:10) nebo vzniknou-li časové kontrasty jasů, které výrazně překračují meze adaptability zraku vzniká **oslnění**. Oslnění ruší zrakovou pohodu, zhoršuje až znemožňuje vidění.

Podle příčiny se rozlišuje jednak oslnění přímé, způsobené nadměrným jasnem svítících částí svítidel nebo světelně činných povrchů prostoru (např. stropu a stěn při nepřímém osvětlení), jednak oslnění odrazem, způsobené odrazy svítících ploch na lesklých částech pozorovaných předmětů a jejich bezprostředního okolí. Při náhlé změně adaptačního jasu (např. při náhlém přechodu z tmavšího do světlejšího prostředí), které se zrakový systém nestačí dostatečně rychle přizpůsobit, dochází k oslnění přechodovému. Zvláštním případem je oslnění závoje, které vzniká, je-li před pozorovaným pozadím prostředí s vyšším jasnem, např. při pozorování přes osvětlenou záclonu, při mlze před světlomety, zrcadlení ve skle a podobně.

Z hlediska světelné techniky je nejdůležitější oslnění kontrastem (relativní oslnění), způsobené tím, že se v zorném poli vyskytnou jasy (např. vlivem primárních či sekundárních zdrojů) příliš vysoké v porovnání s jasnem, na který je zrak adaptován. Podle psychofyziologických následků se oslnění kontrastem člení na:



Dynamický režim oka souvisí s dvěma mechanismy zrakového orgánu. Jsou to rychlost vnímání a setrvačnost zrakového vjemu.

**Rychlost vnímání** je dána převrácenou hodnotou doby od vzniku světelného podnětu v zorném poli do jeho uvědomění. Tato doba je především funkcí jasu. Při jasu předmětu v zorném poli  $0,15 \text{ cd.m}^{-2}$  je to 1 s, při jasu  $1 \text{ cd.m}^{-2}$  je to asi 0,5 s a zmenšuje se při zvyšování jasu až do  $300 \text{ cd.m}^{-2}$ . Toto zjištění je důležité všude tam, kde je třeba rychle reagovat. Rychlost vnímání ovlivňuje také zraková ostrost, kontrast jasů, mění se s fyzickým a duševním stavem atd.

**Setrvačnost zrakového vjemu** je schopnost adaptačních mechanismů udržet zrakový vjem ještě určitou dobu potom, co světelný podnět skončil. Uvádí se, že např. blesk, který trvá několik  $\mu\text{s}$  vyvolá vjem, trvající asi 0,3 s. Mění-li se intenzita světelných podnětů s frekvencí větší než je tzv. frekvence splývání, je zrakový vjem stejný jako při nepřerušovaném světelném podnětu s intenzitou rovnou aritmetickému průměru intenzit přerušovaných podnětů.

Je-li frekvence světelných podnětů nižší než frekvence splývání, může míhající světlo vyvolat nepříjemný pocit, čímž je narušen zrakový vjem. Bylo zjištěno, že rušení je ovlivněno hlavně

amplitudou, tvarem a frekvencí světelných podnětů. Nejvíce ruší frekvence mezi 8 –12 Hz. Největší míhání světla v závislosti na kolísání napětí vyvolávají žárovky, následují vysokotlaké výbojky, nejméně míhají zářivky.

## 2.2. Základní světelnotechnické pojmy a veličiny

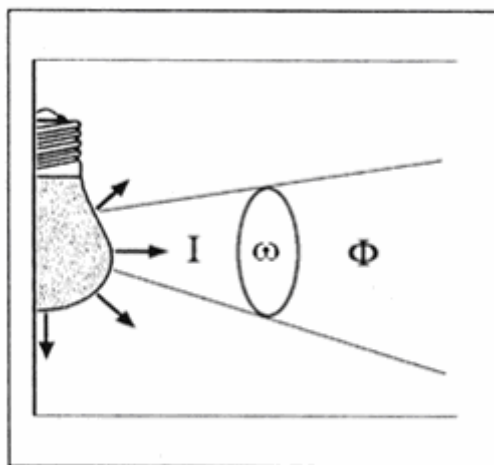
### 2.2.1. Přehled pojmů a veličin

➤ Světelný tok [ $F$ ] = **lm** (lumen)

Světelný tok udává, kolik světla celkem vyzáří zdroj do všech směrů. Jde o světelný výkon, který je posuzován z hlediska lidského oka.

➤ Svítivost [ $I$ ] = **cd** (kandela)

Veličina udává, kolik světelného toku  $\Phi$  vyzáří světelný zdroj nebo svítidlo do prostorového úhlu  $\omega$  v určitém směru.



Obr. 2.5 Definice svítivosti

➤ Teplota chromatičnosti (náhradní teplota chromatičnosti u výbojových zdrojů)  
[ $T_c$ ] = **K** (kelvin)

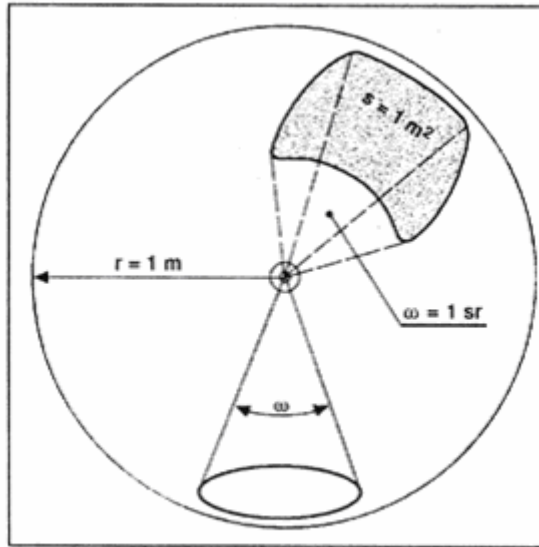
Teplotou chromatičnosti zdroje je označována ekvivalentní teplota tzv. černého zářiče (Planckova), při které je spektrální složení záření těchto dvou zdrojů blízké. Zvýší-li se teplota absolutně černého tělesa, zvýší se podíl modré části vyzařovaného spektra a sníží se jeho červený podíl. Například žárovka s teple bílým světlem má např. teplotu chromatičnosti 2700 K, zatímco zářivka se světlem podobným dennímu má teplotu chromatičnosti 6000 K.

➤ Měrný světelný výkon [ $h_v$ ] = **lm.W<sup>-1</sup>** (lumen na watt)

Udává, s jakou účinností je ve zdroji světla elektřina přeměňována na světlo, tj. kolik lm světelného toku se získá z 1 W elektrického příkonu.

➤ Prostorový úhel  $[\omega] = \text{sr}$  (steradián)

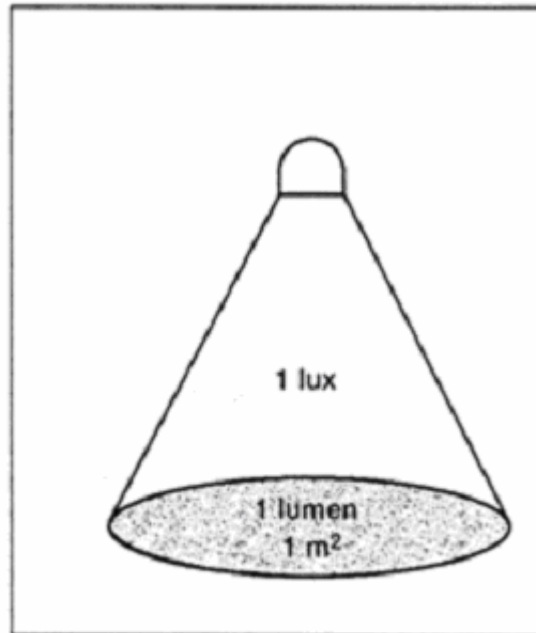
Prostorový úhel je úhel při vrcholu kuželu. Jeho velikost je definována jako poměr kulové plochy  $A$ , kterou vyřezává úhel  $\omega$  v kulové ploše o poloměru  $r$  a druhé mocniny tohoto poloměru ( $\omega = A / r^2$ ). Prostorový úhel má hodnotu 1 steradián, když vyřízne z kulové plochy koule o poloměru 1 m plochu  $1 \text{ m}^2$ .



Obr. 2.6 Definice prostorového úhlu

➤ Osvětlenost (intenzita osvětlení)  $[E] = \text{lx}$  (lux)

Veličina udává, jak je určitá plocha osvětlována, tj. kolik lm světelného toku dopadá na  $1 \text{ m}^2$ .



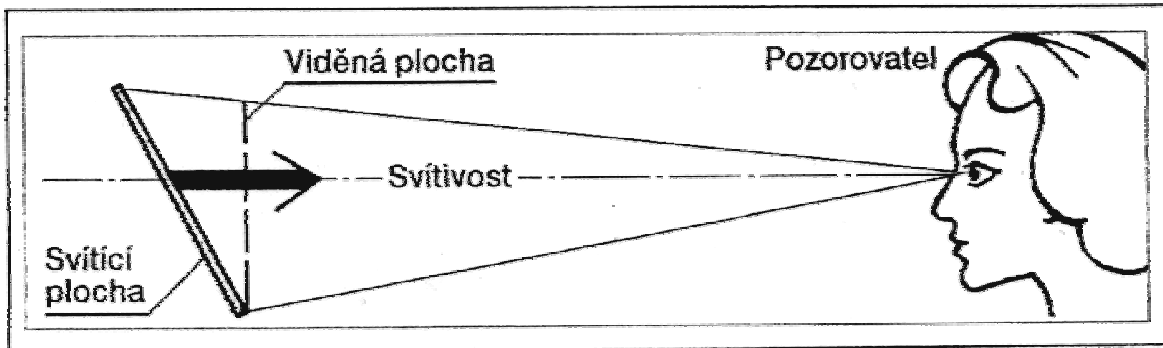
Obr. 2.7 Definice osvětlení

➤ Světlení  $[H] = \text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$  (lumen na metr čtvereční)

Tato veličina stanovuje velikost světelného toku vycházejícího z plochy.

➤ Jas  $[L] = \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$  (kandela na metr čtvereční)

Jas je měřítkem pro vjem světlosti průmětu svítícího nebo osvětlovaného povrchu v pozorovaném směru.



Obr. 2.8 Definice jasu

➤ Index podání barev  $[R_a] = -$  (bezrozměrná veličina)

Každý světelný zdroj by měl podávat svým světelným tokem barvy okolí věrohodně, jak je známe u přirozeného světla nebo od světla žárovek.

Měřítkem pro tuto vlastnost se stává všeobecný index podání barev  $R_a$  daný rozsahem  $100 \div 0$ . Index podání barev 100 mají takové světelné zdroje, které zobrazují barvy věrně, to znamená stejně jako světlo denní. Index podání barev 0 mají naopak světelné zdroje, které vyzařují veškerý světelný tok na jedné vlnové délce, tudíž nemůže docházet k rozeznání barev, protože tyto barvy nejsou ve spektru obsaženy.

➤ Oslnění

Vyskytují-li se v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíly, popřípadě vzniknou-li velké prostorové či časové kontrasty jasů, které významně překračují meze adaptability zraku, vzniká oslnění. Oslnění je tedy nepříznivý stav zraku, k němuž dochází, je-li sítnice nebo její část vystavena jasu vyššímu, než na jaký je oko adaptováno. Oslnění je tím větší, čím větší je jas oslňujícího zdroje ve srovnání s jasnem adaptačním a čím větší je prostorový úhel, pod kterým je z daného místa oslňující zdroj vidět. Dále záleží na poloze oslňujícího zdroje vzhledem k ose pohledu pozorovatele. Oslnění se hodnotí indexem oslnění, eventuelně činitelem oslnění.

➤ Život světelného zdroje  $[T] = \text{h}$  (hodina)

Život světelného zdroje je doba funkce zdroje do okamžiku, kdy přestal splňovat stanovené požadavky. Obvykle se vyjadřuje v hodinách. V průběhu činnosti probíhají ve světelném zdroji různé procesy, které způsobují postupné změny jeho parametrů, a určují tak možnosti jeho funkce. V této souvislosti se používá pojem užitečný a fyzický život. Ukazatelem je křivka úmrtnosti, která udává, kolik zdrojů z daného souboru svítí v časovém průběhu až do 50% výpadků.

**Užitečný život** je doba funkce zdroje, během níž si jeho parametry zachovávají hodnoty ležící v určitých stanovených mezích. Např. u zářivek je užitečný život definován jako doba, během níž neklesne jejich světelný tok pod 70% počáteční hodnoty.

**Fyzický život** je celková doba svícení do okamžiku úplné ztráty provozuschopnosti (např. u žárovek do přerušení vlákna, u výbojek do ztráty schopnosti zapálit výboj).

### 2.2.2. Základní výpočetní vztahy

➤ Měrný (světelný) výkon

$$h_v = \frac{\Phi}{P} \quad [\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}; \text{lm}, \text{W}] \quad (2.2)$$

$\Phi$  světelný tok  
 $P$  elektrický příkon

U zdrojů bez předřadníků, to znamená žárovek, je výkon zdroje totožný s příkonem svítidla, u zdrojů s předřadníkem, jako jsou zářivky anebo výbojky, je nutno k příkonu světelného zdroje přičíst příkon předřadníku. Např. svítidlo osazené jednou trubicí o výkonu 36 W má při provozu na klasickém předřadníku příkon cca o 5 W vyšší. Navýšení příkonu pokrývá ztráty v předřadníku (tlumivce).

➤ Svítivost

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad [\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}] \quad (2.3)$$

$\omega$  prostorový úhel

➤ Osvětlenost (intenzita osvětlení)

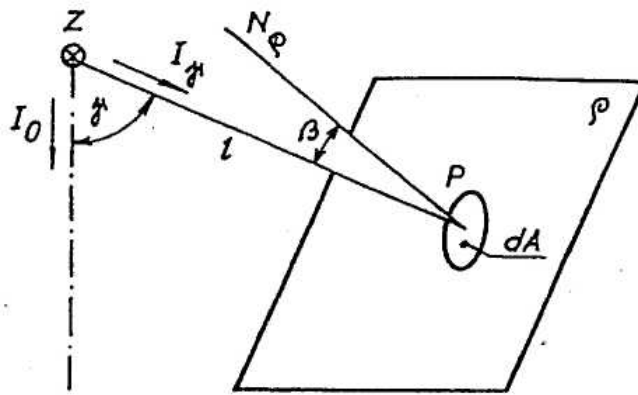
$$E = \frac{\Phi}{A} \quad [\text{lx}; \text{lm}, \text{m}^2] \quad (2.4)$$

$A$  osvětlená plocha (viz *Obr. 2.7*)

Osvětlenost bodového zdroje (žárovky nebo výbojky) lze vypočítat pomocí čtvercového a kosinového zákona (viz *Obr. 2.9*) dle následujícího vztahu:

$$E_{p\rho} = \frac{I_\gamma \cdot \cos\beta}{l^2} \quad [\text{lx}; \text{cd}, \text{m}] \quad (2.5)$$

Osvětlenost lze považovat při navrhování osvětlovacích soustav za nejdůležitější veličinu, protože pro jednotlivé pracovní činnosti a prostory je její velikost předepsána v normách a pro projektanty jsou tyto hladiny osvětlenosti závazné.



Obr. 2.9 Osvětlenost od bodového zdroje

## ➤ Jas

$$L = \frac{I}{S_p} \quad [\text{cd.m}^{-2}; \text{cd, m}^2] \quad (2.6)$$

$S_p$  viděná svítící plocha (viz Obr. 2.8) – průmět svítící plochy

## ➤ Světlení

$$H = \frac{\Phi_v}{A_v} \quad [\text{lm.m}^{-2}; \text{lm, m}^2] \quad (2.7)$$

$\Phi_v$  světelný tok vyzářený svítidlem  
 $A_v$  plocha, ze které světelný tok vyzářuje

## ➤ Celková rovnoměrnost osvětlenosti (jasů)

$$\frac{E_{\min}}{E_p} \approx \frac{L_{\min}}{L_p} \quad (2.8)$$

## ➤ Podélná rovnoměrnost jasů

$$\frac{L_{\min}}{L_{\max}} \quad (2.9)$$

$E_{\min}$ ... minimální osvětlenost v poli kontrolních bodů

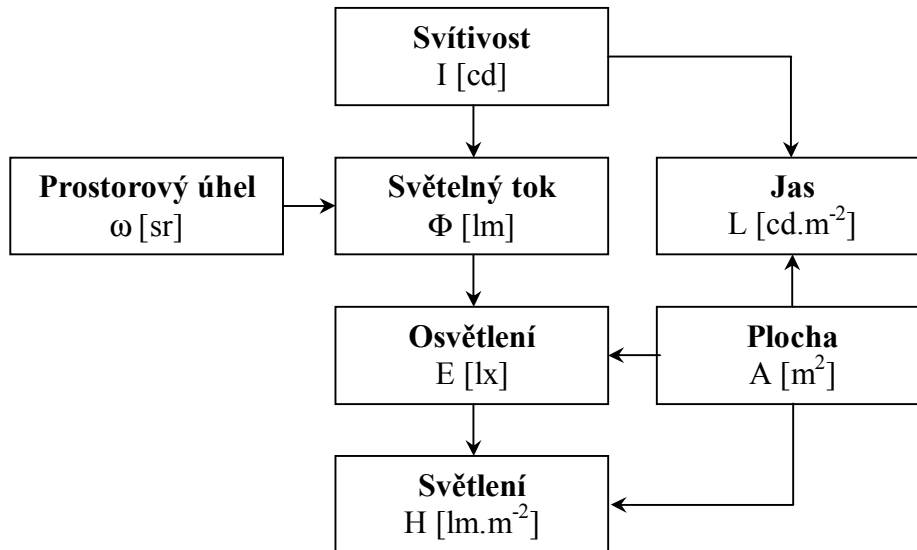
$E_p$ ... průměrná osvětlenost v poli kontrolních bodů

$L_{\min}$ ... minimální jas v poli kontrolních bodů

$L_p$ ... průměrný jas v poli kontrolních bodů

$L_{\max}$ ... maximální jas v poli kontrolních bodů

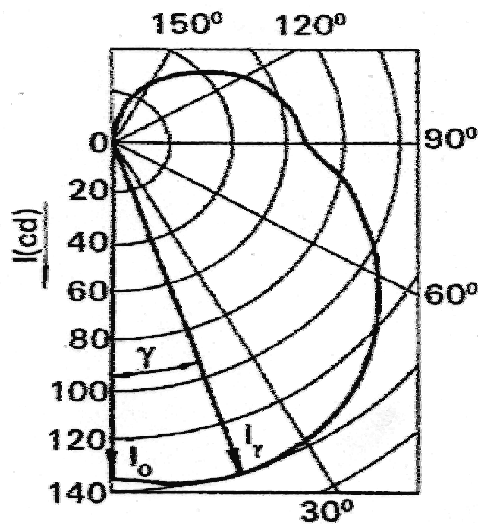
Vztahy mezi fotometrickými veličinami jsou názorně shrnuty na následujícím Obr 2.10.



Obr. 2.10 Soustava fotometrických veličin

### 2.2.3. Prostorové rozložení světlosti

Ve světelné technice potřebujeme znát při výpočtech osvětlení světlosti v různých směrech. Prostorové rozložení světlosti určujeme pomocí fotometrických ploch světlosti.



Obr. 2.11 Příklad čáry světlosti v polárních souř.

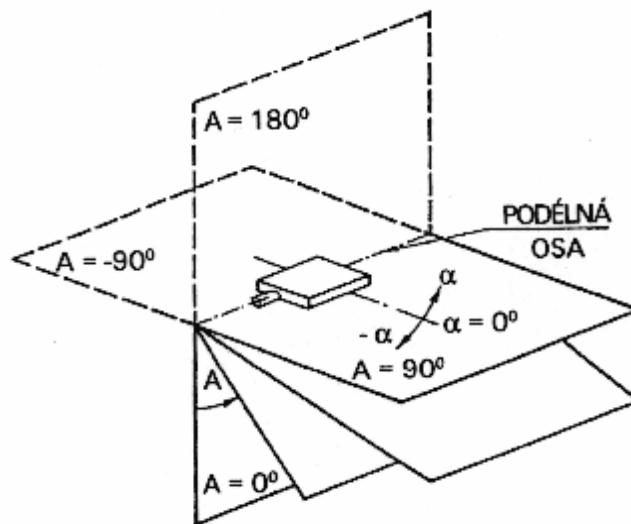
**Fotometrická plocha světlosti** je plocha, která vznikne tak, že se zjistí hodnoty světlosti zdroje světla ve všech směrech prostoru a nanesou se prostorově od bodu zdroje jako radiusvektory. Spojením všech koncových bodů těchto radiusvektorů dostaneme zmíněnou fotometrickou plochu světlosti. Při výpočtech obvykle postačuje znát jen některé řezy touto plochou, a to rovinami procházejícími bodovým zdrojem. V rovinách řezů se takto dostanou čáry (křivky) světlosti v polárních souřadnicích např. viz Obr. 2.11. Počátek diagramu

svítivosti se umísťuje do tzv. světelného středu zdroje či svítidla (můžeme si jej představit jako bod, do něhož je soustředěn uvažovaný zdroj). Základní či vztahný směr diagramu svítivosti, od něhož se měří úhly, se obvykle umísťuje do normály k hlavní vyzařovací ploše zdroje či svítidla. Jednotlivé čáry svítivosti se získávají měřeními na speciálních zařízeních (goniofotometrech) a výrobci svítidel, popř. zdrojů je uvádějí v dokumentaci.

Čáry svítivosti se obvykle udávají v určitých polorovinách vybraných z některých ze tří typů svazků rovnoběžných rovin, jejichž průsečnice (osa svazku) prochází světelným středem svítidla, popř. zdroje. Na Obr. 2.12, 2.13, 2.14 jsou znázorněny soustavy fotometrických polorovin A- $\alpha$ , B- $\beta$ , C- $\gamma$  doporučených Mezinárodní komisí pro osvětlování CIE. Nejčastěji se používá svazek polorovin C- $\gamma$ , jehož osa je kolmá k hlavní vyzařovací ploše svítidla či zdroje. V některých případech je však výhodnější využít čáry svítivosti v polorovinách ze svazku rovin, jehož osa je totožná s podélnou (A- $\alpha$ ), popřípadě s příčnou (B- $\beta$ ) osou svítidla.

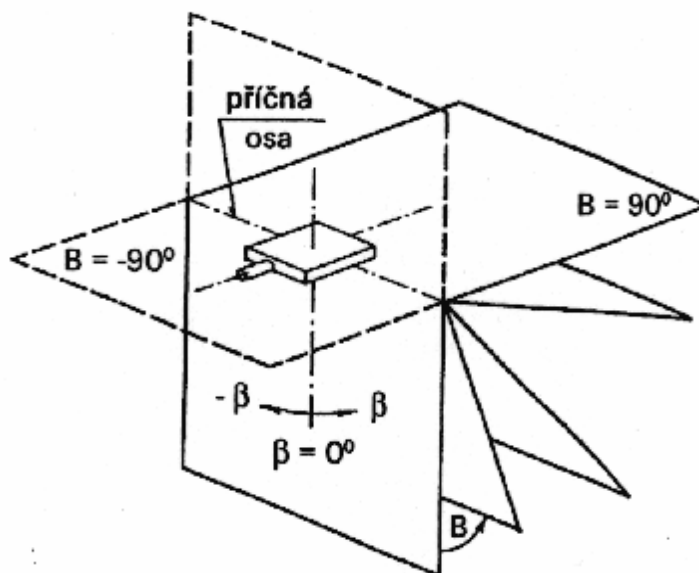
Aby čáry svítivosti svítidel udávané v katalogích byly nezávislé na skutečném světelném toku použitých zdrojů svítidel, přepočítávají se diagramy svítivosti na světelný tok 1000 lm. Skutečná svítivost  $I_\gamma$  svítidla se zdrojem, jehož tok je  $\Phi_z$ , se určí vynásobením svítivosti  $I_\gamma'$  přečtené z diagramu svítivosti pro 1000 lm poměrem  $\Phi_z / 1000$ .

Prostorové rozložení svítivosti by bylo možné znázornit také popsáním bodů na povrchu jednotkové koule hodnotami svítivosti odpovídajícími směru spojnice světelného středu s daným bodem na povrchu koule (střed koule je ve světelném středu uvažovaného zdroje). Poloha jednotlivých bodů na povrchu koule, a tím i uvažovaný směr v prostoru, se určuje v síti rovnoběžek a poledníků. Spojením bodů stejných hodnot svítivosti na povrchu koule vzniknou čáry nazývané izokandely. Nakreslením sítě izokandel se získá izokandelový diagram. Praktická realizace prostorové souřadnicové soustavy je však obtížná. Výhodnější je využít některého ze způsobů zobrazení povrchu koule, popř. polokoule v rovině.

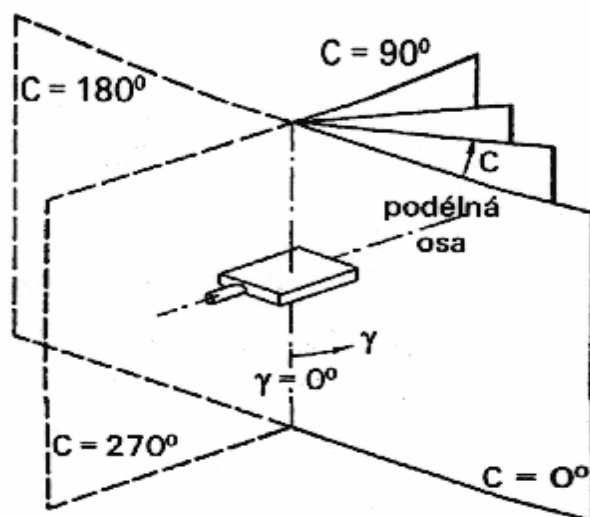


Obr. 2.12 Soustava fotometrických polorovin systému A-a





Obr. 2.13 Soustava fotometrických polorovin systému B-b



Obr. 2.14 Soustava fotometrických polorovin systému C-g

#### 2.2.4. Osvětlenost (intenzita osvětlení) bodového zdroje

Osvětlenost bodového zdroje (žárovky nebo výbojky) lze vypočítat pomocí čtvercového a kosinového zákona viz Obr. 2.9 a vztah (2.5).

Pro výpočet horizontální osvětlenosti v kontrolním místě P v systému C- $\gamma$  viz Obr. 2.15 platí vztah:

$$E_p = \frac{I_{(C,\gamma)}}{h^2} \cdot \cos^3 \gamma \quad (\text{lx; cd, m}) \quad (2.10)$$

### 2.2.5. Světelně technické vlastnosti látek

Světelný tok  $\Phi$ , který dopadá na povrch nějakého tělesa se od tohoto povrchu částečně odrazí  $\Phi_\rho$ , částečně projde  $\Phi_\tau$  a část tohoto toku je tělesem pohlcena  $\Phi_\alpha$ . Činitelé odrazu  $\rho$ , propustnosti  $\tau$  a pohlcení  $\alpha$  jsou dáni vztahy

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi} \quad [-; \text{lm}, \text{lm}] \quad (2.11)$$

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi} \quad [-; \text{lm}, \text{lm}] \quad (2.12)$$

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi} \quad [-; \text{lm}, \text{lm}] \quad (2.13)$$

Mezi těmito činiteli platí vzájemná souvislost

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \quad (2.14)$$

Je třeba upozornit na to, že činitelé  $\rho$ ,  $\tau$ ,  $\alpha$  nezávisí jen na vlastnostech samotné sledované látky a na úhlu dopadu světla, ale také na vlnové délce dopadajícího světla.

Rozložení světelného toku, odraženého od povrchu určité látky, může mít různý charakter. Nejjednodušším případem je tzv. zrcadlový odraz, kdy se světelné paprsky od daného povrchu odrážejí pod stejným úhlem, pod kterým na povrch dopadly.

Další jednoduchý případ je, když se rozdělí světelný tok odražený od určitého elementu povrchu tak, že jas tohoto elementu uvažované plochy je ve všech směrech stejný ( $L_\gamma = L = \text{konst.}$ ). Jde o rovnoměrně rozptýlný, neboli **difuzní odraz**. Svítivost takového ideálního rozptylovače je maximální v kolmém směru. V ostatních směrech je svítivost  $I_\gamma$  určena kosinovým zákonem; to znamená, že se stanoví z výrazu

$$I_\gamma = I_0 \cdot \cos \gamma \quad [\text{cd}; \text{cd}, -] \quad (2.15)$$

U difuzních povrchů je důležitá souvislost mezi jejich světlením  $M$  a konstantní hodnotou jasu  $L$ , určená rovnicí

$$H = \pi \cdot L \quad [\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd} \cdot \text{m}^2] \quad (2.16)$$

Ideální rozptylovač o velikosti plochy  $A$  vyzařuje tedy světelný tok  $\Phi_v$ , který se stanoví ze vztahu

$$\Phi_v = H \cdot A = \pi \cdot L \cdot A = \pi \cdot I_0 \quad [\text{lm}, \text{lm} \cdot \text{m}^{-2}; \text{m}^2, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{m}^2, \text{cd}] \quad (2.17)$$

Dopadá-li na rovnoměrně rozptýlně odrážející povrch o velikosti plochy  $A$  světelný tok  $\Phi$  a je-li  $\rho$  činitel odrazu tohoto povrchu, pak se od povrchu odráží světelný tok

$$\Phi_\rho = \rho \cdot \Phi \quad [\text{lm}, -, \text{lm}] \quad (2.18)$$

Vydělíme-li předchozí rovnici velikostí plochy  $A$  uvažovaného povrchu, dostaneme na levé straně poměr  $\Phi_p / A$ , což je střední hodnota světlení  $H$  plochy  $A$  a na pravé straně pak bude poměr  $\Phi / A$  rovný střední hodnotě osvětlenosti  $E$  plochy  $A$ , tzn., že mezi světlením a osvětleností platí v uvažovaném případě vztah

$$H = \rho \cdot E \quad [\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}; -, \text{lx}] \quad (2.19)$$

Z výrazů (2.19) a (2.16) vyplývá pro praxi velmi důležitá souvislost mezi osvětleností  $E$  a jasem  $L$  rovnoměrně rozptýlně odrazující plochy

$$\rho \cdot L = r \cdot E \quad [\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}; -, \text{lx}] \quad (2.20)$$

Zkoumáme-li prostup světla určitým materiálem, zjišťujeme, že u některých látek čirých nebo dokonale průhledných (např. optická skla, tenké vrstvy vody apod.) dochází k přímému prostupu, kdy látkou prošle paprsky vycházejí v původním, i když rovnoběžně posunutém směru. Mnohé látky však jimi prošlý světelný tok částečně nebo úplně rozptylují. V případě ideálního rovnoměrně rozptýlného prostupu světelných paprsků se rozložení svítivosti řídí kosinovým zákonem. To znamená, že světelně-technické vlastnosti takového povrchu jsou pak stejné, jako povrchu difúzně odrazujícího.

Prakticky ovšem neexistují ani ideální zrcadla, ani ideální rozptylovače. Zrcadla v různém stupni také světlo poněkud rozptylují a naopak matné, mdlé či drsné povrchy používané k rozptýlení světla vykazují určitý zrcadlový účinek. Pro charakteristiku materiálů s takovým smíšeným odrazem či prostupem světla se odrazné (prostupové) vlastnosti charakterizují činitelem jasu, definovaným jako podíl skutečné hodnoty jasu k jasům dokonalého rozptylovače.

## 2.2.6. Prostorové charakteristiky osvětlení

Osvětlovaný prostor je možno posuzovat jako světelné pole, v jehož libovolném bodě lze výpočtem nebo měřením potvrdit existenci světla určením některé světelně technické veličiny, např. osvětlenosti rovinné plochy. K vyjádření prostorových vlastností osvětlení, se nejčastěji využívá veličin, které každému bodu pole přiřazují pouze jednu hodnotu, a nazývají se integrální charakteristiky světelného pole. Jde zejména o světelný vektor  $\varepsilon$  a střední kulovou osvětlenost  $E_{4\pi}$ . Hodnoty integrálních charakteristik se udávají v luxech.

Velikost **světelného vektoru**  $\varepsilon$  je dána velikostí vektorového součtu všech osvětleností přispívajících do vyšetřovaného bodu. Orientace světelného vektoru je shodná se směrem přenosu světelné energie. Světelný vektor v daném bodě charakterizuje převažující tok světelné energie a určuje tedy směrovost osvětlení.

**Střední kulová osvětlenost**  $E_{4\pi}$  je definována jako střední hodnota osvětlenosti povrchu koule zanedbatelných rozměrů, jejíž střed se umístí do uvažovaného bodu pole. Jde o skalární veličinu rovnou jedné čtvrtině součtu všech normálových osvětleností v daném bodě

$$E_{4p} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n E_{N_i} \quad [\text{lx}, \text{lx}] \quad (2.21)$$

Sřední kulové osvětlenosti se využívá k objektivnímu vystižení subjektivního dojmu pozorovatelů o dostatečnosti prosvětlení uvažovaného prostoru.

Kvalita vjemu trojrozměrných předmětů je podmíněna zejména schopností osvětlení vytvářet na trojrozměrných předmětech stíny, tj. stínivost osvětlení. Stupeň stínivosti se hodnotí poměrem světelného vektoru ke střední kulové osvětlenosti - **činitel podání tvaru P** Nejvyššího stupně stínivosti a tudíž nejvyšší hodnoty činitele podání tvaru P se docílí v poli jediného svítidla bodového typu. Naopak v případě zcela difúzního osvětlení je  $\epsilon = 0$ , a proto i činitel podání tvaru je  $P = 0$ .

$$P = \epsilon / E_{4\pi} \quad [lx, lx] \quad (2.22)$$

Zavedením integrálních charakteristik světelného pole se podstatně rozšiřují možnosti objektivního hodnocení kvality osvětlovacích soustav, a to z hlediska vystižení dojmu o dostatečnosti prosvětlení prostoru, a také z hlediska úrovně vjemu trojrozměrných předmětů.

### 2.2.7. Barevné vlastnosti zdrojů a předmětů

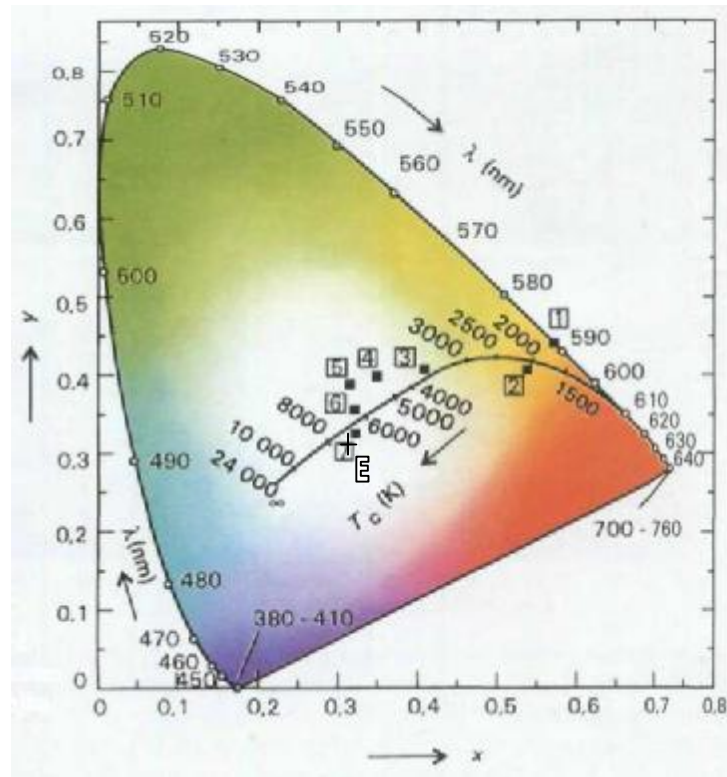
Světlo způsobuje nejen zrakový vjem, ale také barevný počitek. Barevné vlastnosti primárních světelných zdrojů se označují názvem **chromatičnost**, barevné vlastnosti sekundárních světelných zdrojů se označují názvem **kolorita**. Záření každé vlnové délky viditelného světla budí zcela určitý barevný počitek. Každému barevnému počitku odpovídá určitá spektrální barva, kterou popisujeme **barevným tónem**. Jednotlivé barevné tóny viditelného (bílého) světla se nacházejí v následující tabulce:

**Tab. 2.3 Barevné tóny viditelného světla**

Vlnová délka $\lambda$ (nm)	Barevný tón spektrální barvy
380 ÷ 420	Fialová
420 ÷ 440	Modrofialová
440 ÷ 460	Modrá
460 ÷ 510	Modrozelená
510 ÷ 560	Zelená
560 ÷ 590	Žlutá
590 ÷ 650	Oranžová
650 ÷ 780	Červená

Barvy, které mají barevný tón jsou barvy pestré, ostatní jsou barvy nepestré. Nepestré barvy nemají barevný tón a tvoří spojitou řadu od bílé až po černou. Ke specifikaci barev se používá trichromatická soustava (viz *Obr. 2.16*) a teplota chromatičnosti. K určování kolority se používá Munsellův atlas. Z praktického hlediska je důležitý pojem **podání barev**.

Vjem barev určitého předmětu je podmíněn jednak spektrálním složením záření světelného zdroje osvětlujícího předmět a jednak spektrálním činitelem odrazu anebo prostupu pozorovaného předmětu.



Obr. 2.16. Příklad trichromatické soustavy  $x, y$  - Normální trojúhelník barev -diagram chromatičnosti

Poloha černých čtverečků označených číslicí odpovídá těmto světelným zdrojům

1 – nízkotlaká sodíková výbojka

2 – vysokotlaká sodíková výbojka

3 – směšová výbojka - příklad možnosti výskytu

4 – vysokotlaká rtuťová výbojka - příklad možnosti výskytu

5 – vysokotlaká rtuťová výbojka s luminoforem - příklad možnosti výskytu

6 – halogenidová výbojka - příklad možnosti výskytu

7 – xenonová výbojka

## Literatura:

- [2.1] Plch, J.: Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999.
- [2.2] Habel, J.: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995.
- [2.3] Sokanský, K.: Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor. Publikace ČEA, Ostrava 2004.
- [2.4] Sokanský, K. a kolektiv: Úspory elektrické energie na veřejném osvětlení. Česká společnost pro osvětlování, Ostrava 2002.
- [2.5] Sokanský, K.: Elektrické světlo a teplo. Skripta VŠB-TU, Ostrava 1990.

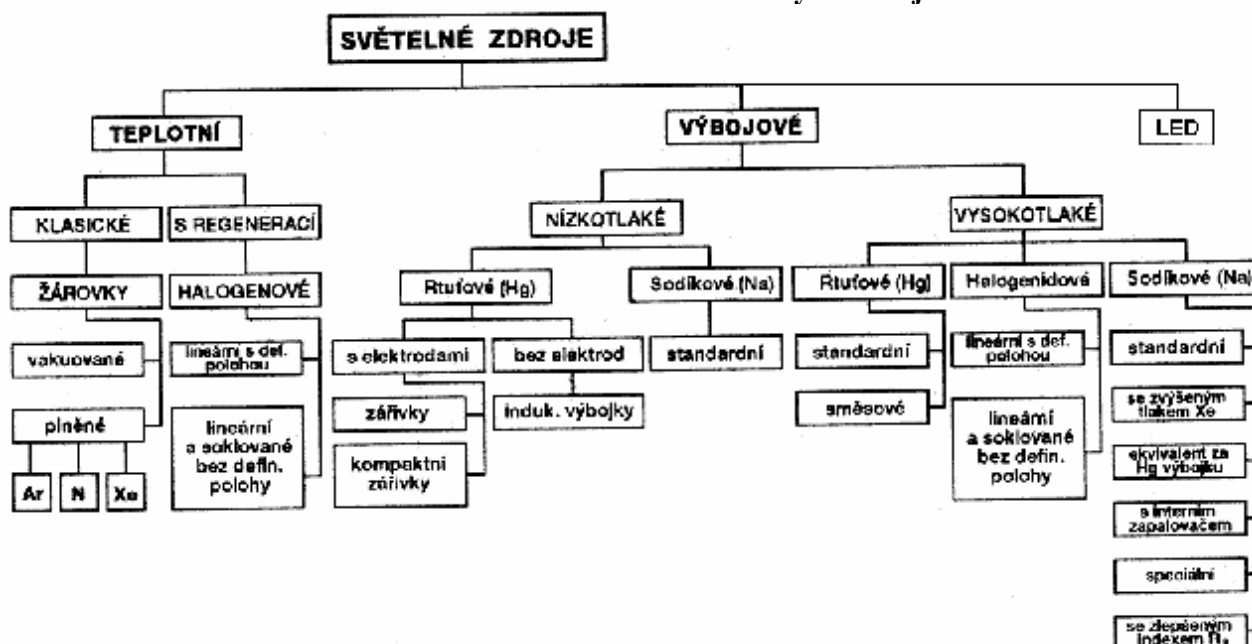
### 3. SVĚTELNÉ ZDROJE PRO VENKOVNÍ OSVĚTLOVÁNÍ

#### 3.1. Úvod

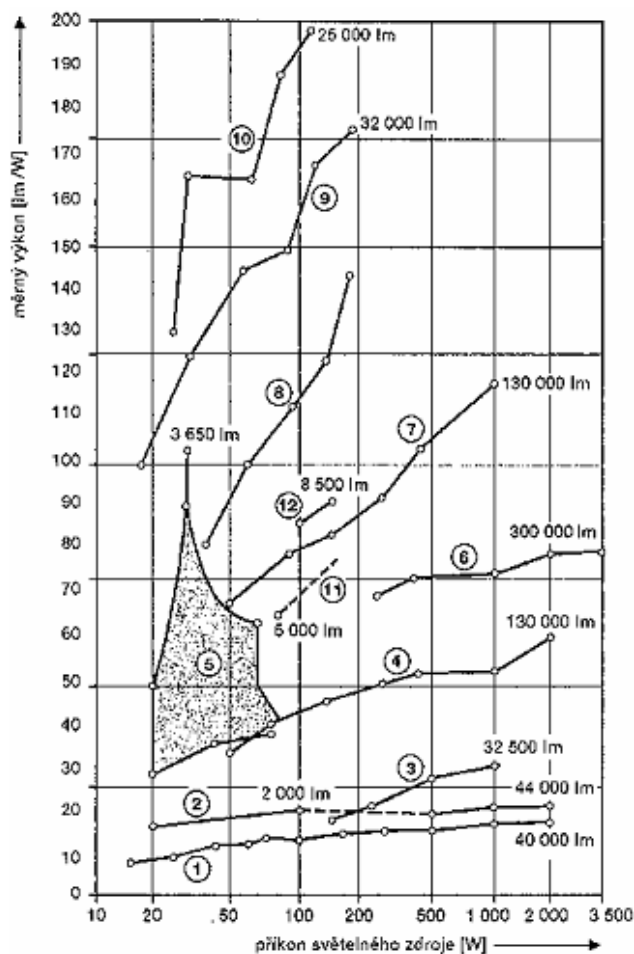
Jednou z nejdůležitějších oblastí racionalizace osvětlování je oblast světelných zdrojů. Mezi hlavní parametry, které se u světelných zdrojů sledují patří měrný výkon, doba života, index podání barev, možnost stmívání a rozměry. Hlavní trendy, které budou mít významný vliv na nové typy světelných zdrojů jsou miniaturizace a vývoj bodového, přímkového popřípadě plošného zdroje. Dalším trendem s největší pravděpodobností bude rozšiřování výkonového rozsahu světelných zdrojů.

Pro získání přehledu o struktuře světelných zdrojů je v následující tabulce uvedeno jejich základní členění. Při pohledu na tabulku přerozdělení světelných zdrojů, je nutné si uvědomit, že rychlým nástupem moderních polovodičových technologií vstupují do hry nejen světelné zdroje teplotní a výbojové, ale také světelné zdroje na bázi LED diod.

Tab.3.1: Schematické rozdělení světelných zdrojů



Na Obr. 3.1 se nacházejí závislosti měrných výkonů zdrojů pro všeobecné osvětlování. Tyto závislosti ukazují velice důležitou vlastnost světelných zdrojů a sice míru přeměny spotřebované elektrické energie na vyzářený světelný tok. Pro jednotlivé typy světelných zdrojů jsou zde uvedeny měrné výkony pro jednotlivé příkony. Vzhledem k tomu, že LED diody se pohybují v oblasti velmi nízkých příkonů, není rozsah jejich měrných výkonů na obrázku znázorněn. V současnosti měrný výkon LED diod dosáhl maxima v oblastech do 60 lm/W.



Obr. 3.1: Měrné výkony světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování

Legenda k Obr. 3.1:

- (1) klasické žárovky
- (2) halogenové žárovky
- (3) směšové výbojky
- (4) rtuťové výbojky vysokotlaké
- (5) nízkotlaké – zářivky a kompaktní zářivky
- (6) halogenidové výbojky
- (7) vysokotlaké sodíkové výbojky
- (8) nízkotlaké sodíkové výbojky
- (9) nízkotlaké sodíkové výbojky nové generace SOX
- (10) nízkotlaké sodíkové výbojky nové generace SOX-E
- (11) indukční výbojky
- (12) indukční výbojky nové generace

### 3.2. Základní parametry světelných zdrojů

**Parametry světelných zdrojů lze rozdělit na kvantitativní a kvalitativní:**

- Mezi kvantitativní parametry patří vyzařovaný světelný tok  $\Phi$  (lm) a jejich elektrický příkon  $P$  (W). Pro vzájemné porovnání světelných zdrojů je velmi důležitou veličinou měrný výkon  $\eta_v$  ( $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ ). Tyto parametry jsou důležité zejména pro uživatele a projektanty, kteří potřebují znát celkový příkon osvětlovací soustavy.
- Kvalita světelných zdrojů se posuzuje podle délky jejich života  $T$  (hod), podle barevného podání a podle stálosti světelně-technických parametrů.

Mezi důležité vlastnosti patří také geometrické rozměry, tvar, hmotnost, distribuce a možnost úpravy světelného toku. Samostatnou kapitolu pak tvoří pořizovací a provozní náklady.

Barevné podání (index podání barev), nebo také chromatičnost světelných zdrojů je určena spektrálním složením vyzařované energie. Vyjadřuje se pomocí trichromatických souřadnic anebo teploty chromatičnosti. V praxi se však světelné zdroje rozlišují především podle barevného tónu vyzařovaného světla. Jakost úrovně vjemu barev se číselně vyjadřuje pomocí všeobecného indexu podání barev  $R_a$  (-) (viz kap. 2.2.1. Podání barev je uspokojivé, je-li  $R_a$  větší než 40 a za dobré je považováno je-li  $R_a$  větší než 80.

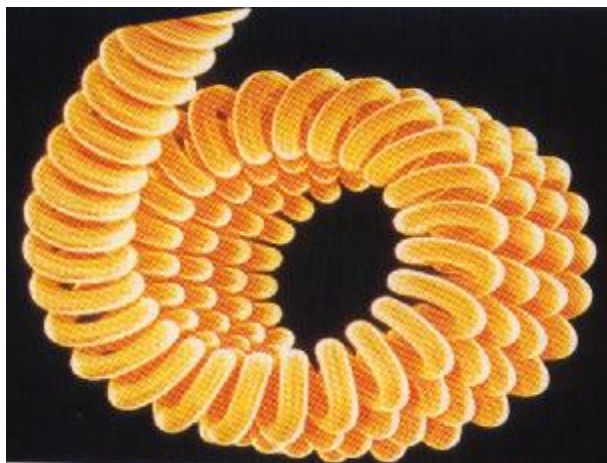
Stálost světelně technických parametrů souvisí s provozními vlastnostmi světelných zdrojů. Jedná se o časovou závislost, kterou lze definovat jako rychlou nebo pomalou:

- Rychlými změnami se rozumí změny parametrů např. světelného toku v závislosti na napájecím napětí o frekvenci 50 Hz. Světelný tok kolísá s dvojnásobnou frekvencí a hloubka kolísání záleží na setrvačných vlastnostech světelného zdroje. Tento jev může vyvolat stroboskopický efekt, který se stává nebezpečnou záležitostí v některých provozech, zejména v provozech s točivými stroji. Mezi další rychlé změny patří také změny světelného toku v závislosti na kolísání efektivní hodnoty napětí. Toto kolísání je způsobeno provozem některých spotřebičů jako jsou např. elektrické obloukové pece. Rušivě ovlivňuje zrakový vjem zejména kolísání světelného toku v oblasti frekvencí 8 – 12 Hz. Na kolísání napětí jsou nejcitlivější žárovky. Mezi rychlé změny se také počítají změny parametrů v souvislosti s náběhem světelného zdroje po zapnutí k napájecí síti. Žárovky nabíhají téměř okamžitě, zatímco parametry výbojových světelných zdrojů se ustalují až po několika minutách.
- Pomalými změnami se rozumí závislost parametrů světelných zdrojů na statických změnách napětí, což se vyjadřuje pomocí křížových charakteristik. Mezi pomalé změny patří rovněž změny parametrů způsobené stárnutím světelných zdrojů. Během jejich doby života světelný tok klesá. Například u žárovek se sníží po 1000 hod. provozu světelný tok na 90 %. U výbojových zdrojů se požaduje, aby po uplynutí doby života nepoklesl jejich světelný tok pod 70 % jmenovité hodnoty.



### 3.3. Žárovky

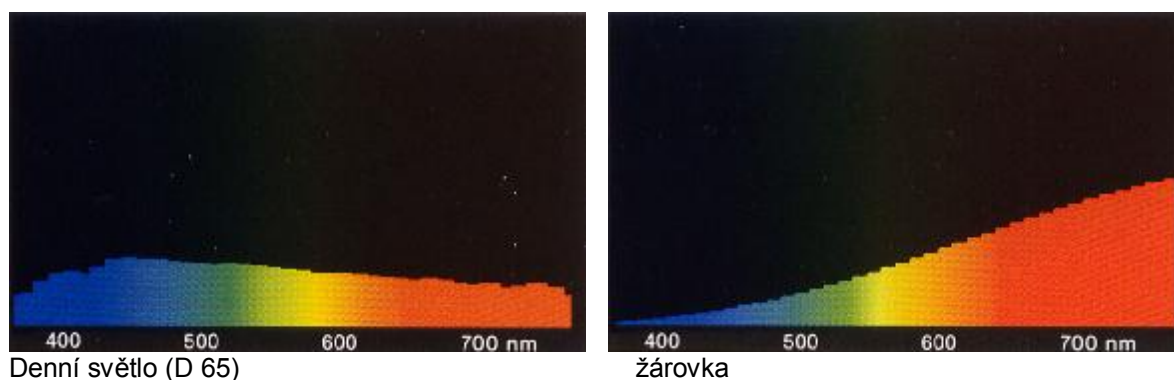
Obyčejné žárovky jsou stále nejoblíbenějším světelným zdrojem. Jejich teplé světlo vytváří příjemnou atmosféru a jsou stále nejvyhledávanější ve výběru světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování. Používají se pro osvětlování hlavně architektur.



*Obr. 3.2: Dvojitě vinuté vlákno žárovky rozžhavené průchodem elektrického proudu*

Žárovky jsou prvotními umělými zdroji světla využívající technologii výroby, která je už víc jak 100 let stará. Princip technologie spočívá v tom, že do vnitřku vyčerpané skleněné baňky (vakuum) je uloženo vlákno z wolframu, které je protékáno elektrickým proudem. Elektrický proud způsobuje ohřev vlákna a tím i vyzařování v oblasti viditelného spektra elektromagnetického vlnění. Moderní žárovky mají vlákno ve tvaru spirály, která umožňuje vyšší účinnost a redukuje tepelné ztráty viz *Obr. 3.2*. Baňky žárovek jsou vyčerpané na vysoké vakuum proto, aby bylo chráněno vlákno před sloučením s kyslíkem a jeho hořením. Baňky žárovek vyšších výkonů jsou plněny inertními plyny.

Měrný výkon žárovek se pohybuje okolo  $10 \text{ lm.W}^{-1}$ . Se vzrůstající teplotou vlákna vzrůstá jeho hodnota a také teplota chromatičnosti. První uhlíkové žárovky měly měrný výkon  $1,7 \text{ lm.W}^{-1}$ . Život žárovek se pohybuje okolo 1 000 hodin. Vlivem nových technologií navíjení vlákna a plnění baněk inertními plyny doba života dále vzrůstá.



Obr. 3.3: Spektrální vyzářování na vlnové délce viditelného světla (380 nm až 780 nm)

Rozdíly mezi spektrem denního světla a spektrem žárovky velice názorně ukazují příčinu nízkého měrného výkonu žárovek. Většina vyzářené energie se nepohybuje ve viditelné části spektra (380nm – 780 nm), ale až v oblasti infračerveného, tedy neviditelného záření viz Obr. 3.3.

Světlo žárovek se může řídit nenákladnými stmívajícími zařízeními. Žárovky se vyrábějí v širokém sortimentu výkonů, rozměrů a tvarů pro speciální úlohy osvětlení a zvláštní nároky. Nové tvary a barevné odstíny dávají osvětlovaným prostorám příjemnou atmosféru.

### 3.4. Halogenové žárovky

Halogenové žárovky jsou velmi kompaktní z čehož vyplývají široké možnosti jejich použití, zejména v přesném směřování světelných paprsků a proto se hodí pro osvětlování architektur a sportovišť.

Halogenové žárovky mají měrný výkon asi o 20 % vyšší než standardní žárovky. Ve standardní žárovce se wolfram z vlákna žárovky vypařuje a pokrývá povrch baňky, čímž se snižuje světelný tok žárovky. Kruhový proces uvnitř baňky způsobuje, že vypařený wolfram se při povrchu baňky slučuje s halogenem a vlivem tepelného pole se vrací zpět na nejteplejší místo vlákna, kde dochází k disociaci, tj. wolfram se usazuje zpět a halogen se vrací k povrchu baňky. Tím se nejen zvyšuje světelný tok, ale prodlužuje se také doba života halogenových žárovek.

Halogenové žárovky poskytují příjemné svěží, bílé světlo s teplotou chromatičnosti 3000 K. Index barevného podání světla halogenových žárovek je  $R_a = 100$ . Halogenové žárovky jsou hospodárnější než standardní žárovky, jejich měrný výkon je cca  $22 \text{ lm.W}^{-1}$  a doba života se udává 2000 hodin.

Halogenové žárovky se vyrábějí pro různé úhly vyzářování např.  $10^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $36^\circ$  a  $60^\circ$ . Vyrábějí se i v širokém sortimentu výkonů, na napětí 230 V i na nízké napětí. Žárovky na nízké napětí se staly módní záležitostí. Vyrábějí se buď bez odrazné plochy nebo s dichroickým zrcadlem, které omezuje tepelnou složku ve vyzářovaném záření asi na 66 %, což je výhodné zejména při osvětlování předmětů, které jsou citlivé na infračervené záření.

Moderní halogenové žárovky procházejí etapou bouřlivého vývoje. I v tomto případě se používají reflexní selektivní povrchy - multivrstvy pro zpětný odraz tepelného záření na vlákno, jehož cílem je zvýšení měrného výkonu halogenových žárovek. Z podobných

důvodů je do baněk moderních halogenových žárovek dávkován i xenon. Do křemenného skla baňky se dotuje certit na potlačení UV záření. Stále více se také uplatňují moderní halogenové žárovky na síťové napětí, které se vyvinuly díky novým možnostem uchycení mnohem slabších vláken než se používají u halogenových žárovek na nízké napětí. Hitem posledních let jsou i nízkotlaké halogenové žárovky (nižší degradace wolframu) a také halogenové žárovky miniaturních rozměrů.

#### Nové halogenové žárovky se vyznačují následujícími přednostmi:

- mají až o 30 % vyšší měrný výkon,
- vyšší životnost,
- stabilitu světelného toku během celé životnosti,
- stabilitu teploty chromatičnosti,
- rovnoměrnější svítivost ve svazku v případě reflektorových halogenových žárovek,
- nižší podíl UV záření apod.

### 3.5. Kompaktní zářivky

#### Tyto světelné zdroje v sobě skrývají čtyři základní výhody:

- produkují světelný tok s vysokým indexem podání barev,
- ve srovnání s žárovkami dosahují výrazné úspory energie,
- dobře vypadají,
- ve srovnání s žárovkami mají výrazně vyšší dobu života.

Dvě z těchto výhod jsou viditelné na následujícím Obr. 3.4, který srovnává příkon žárovek a kompaktních zářivek s odpovídajícím světelným tokem a dobu života těchto typů světelných zdrojů.

Žárovka		Kompakt
15 W	→	3 W
25 W	→	5 W
40 W	→	7 W
60 W	→	11 W
75 W	→	15 W
100 W	→	20 W
120 W	→	23 W

Obr. 3.4: Srovnání žárovky a kompaktní zářivky

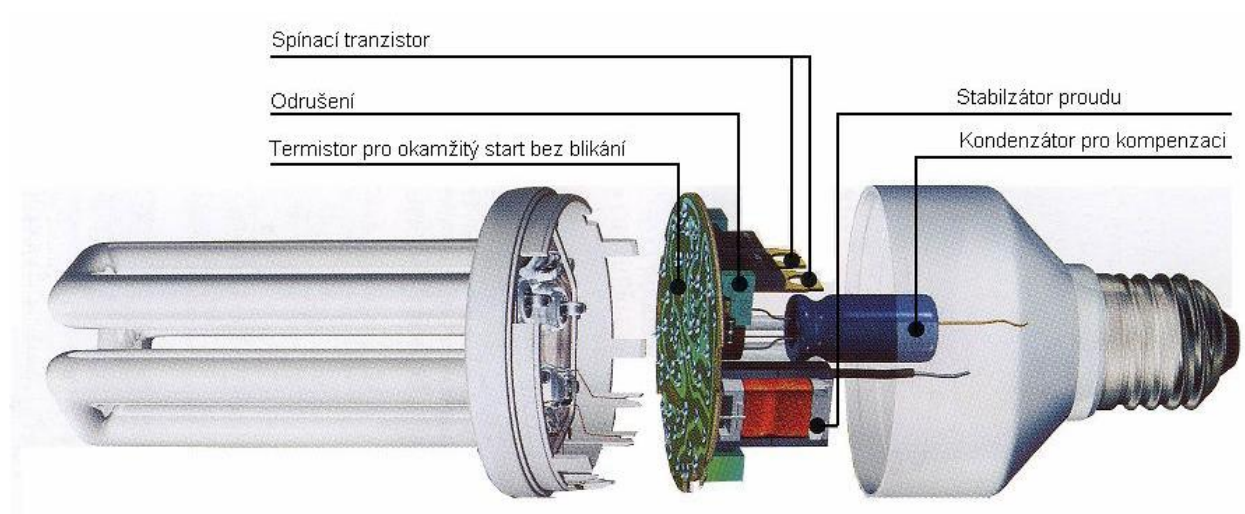
Kompaktní zářivky spotřebovávají výrazně méně elektrické energie než klasické žárovky, mají mnohem delší dobu života a většinou mohou být použity na stejných místech jako obyčejné žárovky, jsou kompaktní. Měrný výkon kompaktních zářivek je v porovnání s

běžnými typy žárovek přibližně pětinasobně vyšší. Současně dosahovaná střední doba života zářivek je 15 000 hodin, zatímco střední doba života žárovek je 1000 hodin.

Kompaktní zářivky vyrábějí světlo na stejném principu jako zářivky. Páry rtuti jsou vlivem elektrického pole mezi elektrodami vybuzeny k emisi neviditelného UV záření. Vnitřní strana skla je opatřena vrstvou speciální látky - luminoforu, který přeměňuje UV záření na viditelné světlo. Výběrem luminoforu je možno docílit různých barev světla. U kompaktních zářivek se díky zahnutí a rozdělení skleněných trubiček podařilo dosáhnout rozměrů srovnatelných se standardními žárovkami.

### Kompaktní zářivky můžeme rozdělit do tří skupin:

- kompaktní zářivky s implementovaným předřadníkem jako úsporná alternativa žárovek viz *Obr. 3.5*,
- kompaktní zářivky pro zvlášť malá svítidla viz *Obr. 3.6*,
- kompaktní zářivky jako zmenšená alternativa lineárních zářivek.



*Obr. 3.5: Složení kompaktní zářivky s implementovaným elektronickým předřadníkem*

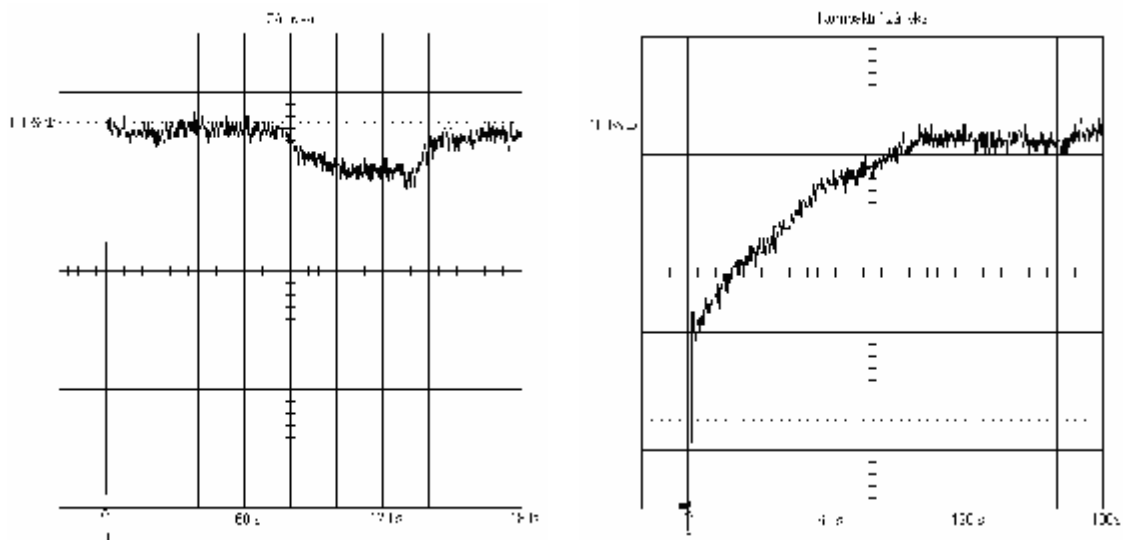
### Provoz s kompaktních zářivek s elektronickým předřadníkem zabezpečuje vysoký komfort:

- okamžitý start bez blikání,
- odolnost proti častému spínání,
- delší doba života,
- odstranění stroboskopického efektu a kmitání světelného toku.



*Obr. 3.6: Kompaktní zářivka bez předřadníku určená pro provoz ve zvlášť malých svítidlech*

Výraznou nevýhodou kompaktních zářivek v porovnání s žárovkami, je rychlost jejich startu viz *Obr. 3.7*. Zatímco žárovky nabíhají na jmenovitý světelný tok téměř okamžitě, kompaktní zářivky po připojení napájecího napětí naběhnou pouze na cca 50 % světelného toku. To ukazuje na nevhodnost použití kompaktních zářivek v prostorech ve kterých je nutné dosáhnout okamžitě 100 % světelného toku (např. sociální zařízení).

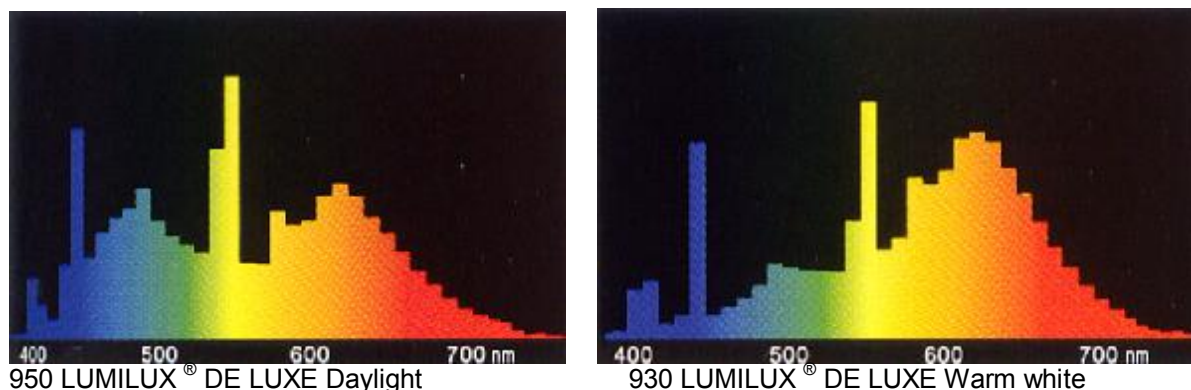


*Obr. 3.7: Náběhová charakteristika žárovky a kompaktní zářivky (měřeno na VŠB-TU Ostrava)*

**V oblasti kompaktních zářivek jsou trendy vývoje následující:**

- Dominantou se stává 3/8“ technologie,
- hledají se řešení pro tvarované kompaktní zářivky, kompaktní zářivky s reflektorem či difuzorem,
- konstruují se kompaktní zářivky s velkým příkonem (v současnosti např. 200 W s integrovaným předřadníkem). Umožňuje to miniaturizaci svítidel a nasazování kompaktních zářivek i do aplikací, ve kterých se doposud používaly výbojky.

Díky velkým možnostem při výrobě luminoforů můžeme volit barvu světla kompaktních zářivek dle potřeby. Na *Obr. 3.8* je pro přiblížení znázorněn příklad spektra kompaktní zářivky s denním světlem o náhradní teplotě chromatičnosti 5000 K a indexem podání barev 90 a kompaktní zářivky s teple bílým světlem s náhradní teplotou chromatičnosti 3000 K a indexem podání barev 90. Z tohoto obrázku vyplývá viditelný rozdíl ve spektru obou výše zmiňovaných kompaktních zářivek. Zářivka s denní barvou světla má výrazně vyšší podíl vyzařování v nižších vlnových délkách okolo modré barvy, zatímco teple bílá barva světla zářivky vyzařuje převážně v oblasti vyšších vlnových délek tedy v oblasti žluté až červené.

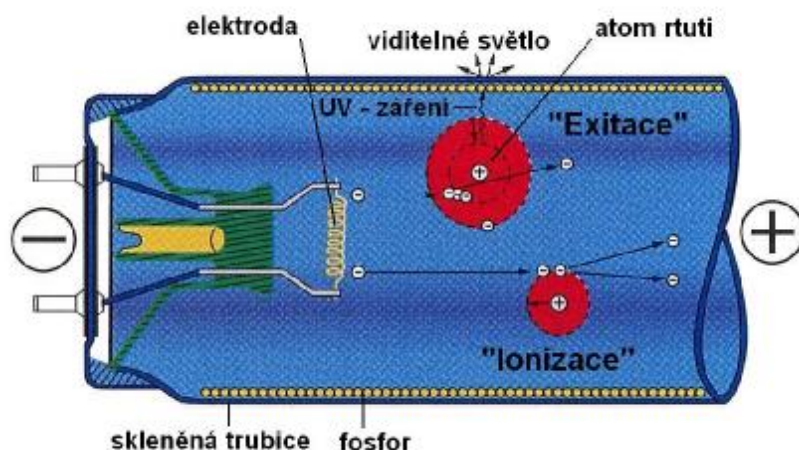


Obr. 3.8: Spektra kompaktních zářivek

### 3.6. Lineární zářivky

Lineární zářivky vyrábějí okolo 70 % umělého světla na celém světě. Jsou velice výhodné zejména z ekonomického hlediska, protože se vyznačují vysokým měrným výkonem. Zářivka spotřebuje jen přibližně pětinu elektrického proudu než žárovka.

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, které vyzařují hlavně v oblasti ultrafialového záření. Toto se transformuje ve viditelné záření pomocí luminoforu. Princip funkce zářivek je následující. Ve skleněné trubici jsou vlivem elektrického pole mezi elektrodami vybuzeny páry rtuti ve kterých dochází k emisi neviditelného UV záření. Speciální látka - luminofor na vnitřním povrchu skleněné trubice přeměňuje neviditelné UV záření na viditelné světlo. Volbou luminoforu je možné ovlivnit barvu světla zářivky.



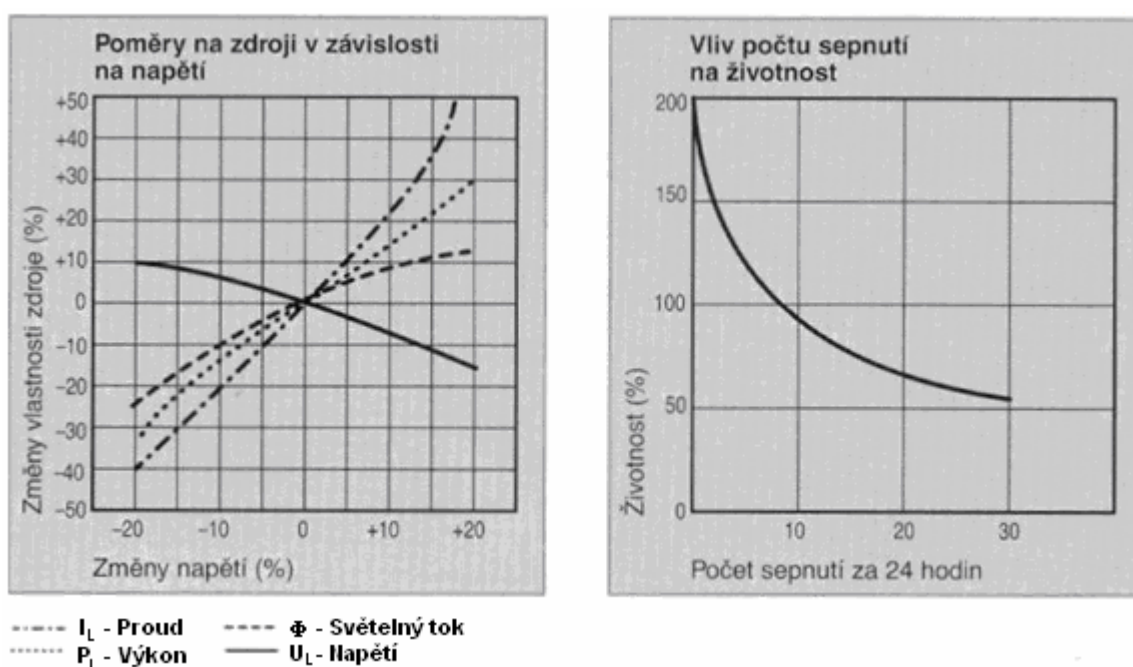
Obr. 3.9: Princip funkce zářivek

Jako všechny výbojky se ani zářivky neobejdou bez předřadných přístrojů. Po zapálení startérem je napětí na zářivce nižší než napájecí napětí. Na tlumivce se vytvoří úbytek napětí, který omezí proud tekoucí zářivkou. Zářivky lze také provozovat s elektronickými předřadníky. Moderní plně elektronické vysokofrekvenční předřadníky nahrazují tlumivky a startéry a přispívají tak k větší hospodárnosti, vyššímu světelnému komfortu a delší době života zářivek.

Nové typy zářivek T5 mají průměr trubice jen 16 mm, jsou o 50 mm kratší než standardní trubice T8 s průměrem 26 mm. Nabízejí vyšší měrný výkon až  $106 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$  a jsou určeny pouze pro provoz s elektronickými předřadníky. Zářivky T5 dosahují úspor oproti zářivkám T8 v následujících oblastech:

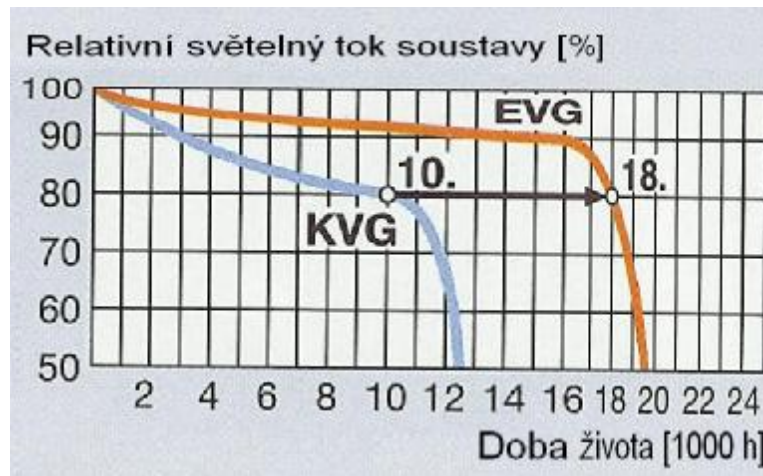
- vyšší měrný výkon zářivek T5,
- vyšší účinnosti svítidel vlivem nižšího odstínění o 40 % štíhlejší zářivky,
- úsporným provozem s elektronickým předřadníkem,
- se systémem T5 je možné konstruovat štíhlejší svítidla s čehož plynou další materiálové úspory.

Doba života zářivek je silně ovlivněna počtem zapnutí. Nehodí se proto tam, kde dochází k častému zapínání a vypínání. Provozní vlastnosti zářivek provozovaných s klasickou tlumivkou jsou znázorněny na *Obr. 3.10*.



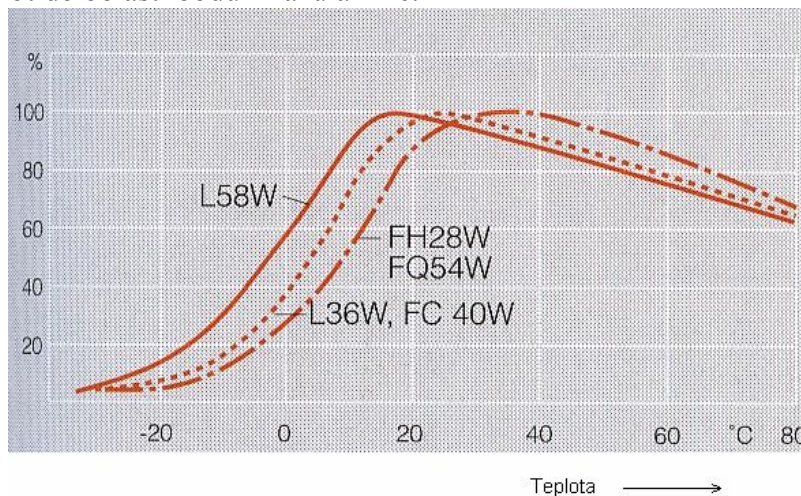
*Obr. 3.10: Provozní charakteristiky zářivek s konvenčním předřadníkem*

Podle způsobu provozu viz *Obr. 3.11* se mění i doba života zářivek. Při provozu s klasickým předřadníkem se doba života zářivky pohybuje okolo 10 000 h zatímco při provozu s elektronickým předřadníkem se pohybuje okolo 18 000h.



Obr. 3.11: Doba života zářivek

Na rozdíl od žárovek, u kterých světelný tok dosahuje jmenovité hodnoty téměř okamžitě, zářivky dosahují jmenovité hodnoty až po cca 3 min. provozu. Zářivky jsou také velmi teplotně závislé viz Obr. 3.12 a proto se nehodí pro osvětlování prostorů, ve kterých dochází k poklesům teplot do oblasti bodu mrazu a níže.



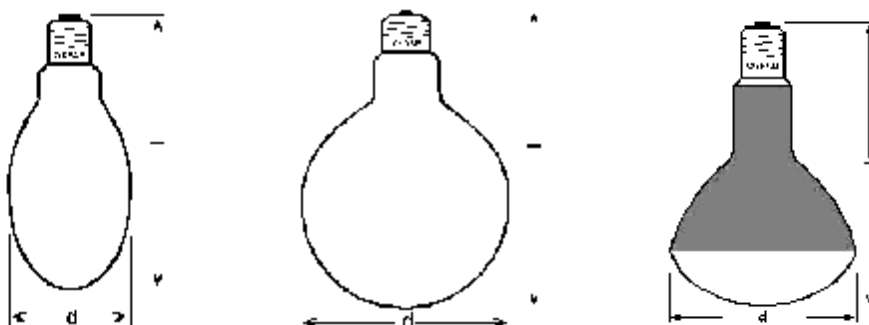
Obr. 3.12: Teplotní závislost zářivek OSRAM na měrném výkonu zdrojů

Také v oblasti zářivek je možné pozorovat výrazné trendy směřující ke zlepšení vlastností těchto světelných zdrojů. Jde především o další snižování množství rtuti a dokonce o vývoj bezrtuťových technologií. Samozřejmostí posledních let je pokrok v programu T5 – zářivek s průměrem 16 mm. Vývoj směřuje také do oblasti nových typů luminoforů. Hledají se cesty na řešení luminoforů s fotonovou prazeodymovou kaskádou. Cílem je lepší využití záření výboje pro vznik světla. Zajímavou oblastí je také vývoj nízkotlakých výbojových světelných zdrojů s proměnlivou barvou světla. Zkoumají se bezelektrodové technologie, které vyústily do vývoje indukčních výbojek. V posledním období je možné pozorovat významný nárůst doby života zářivek (až do 50 000 h), dosažen odlišnou konstrukcí elektrod a ochrannou vrstvou na baňce a luminoforu.



### 3.7. Vysokotlaké rtuťové výbojky

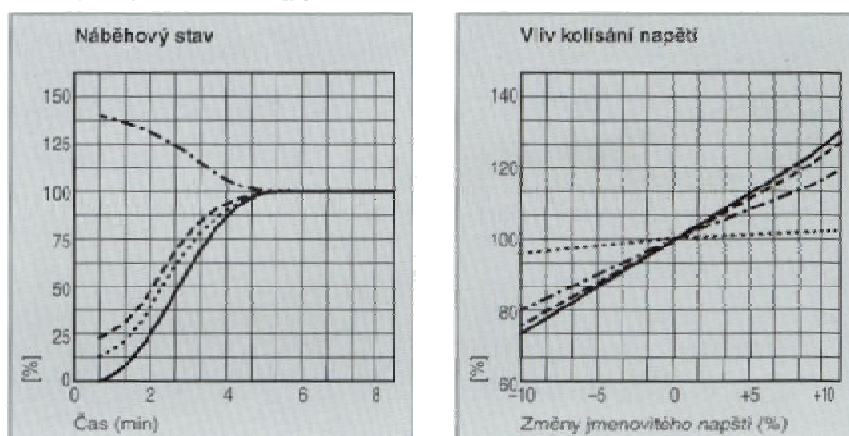
Viditelné záření vzniká u těchto zdrojů obloukovým výbojem v parách rtuťi při tlaku 0,1 MPa ve výbojové trubici z křemenného skla. Toto záření se transformuje pomocí luminoforu do viditelné oblasti. Hlavní elektrody tvoří wolframový drát pokrytý emisní vrstvou kysličníku barya, stroncia a vápníku.



Obr. 3.13 Příklady vysokotlakých rtuťových výbojek

Vysokotlaké rtuťové výbojky vyzařují do viditelné oblasti asi 15% přivedené energie, jejich světlo je modrobílé a modrozelené. Červená složka světla chybí a z tohoto důvodu se nanáší na vnitřní stěnu venkovní baňky ortofosfátový luminofor pro zabezpečení transformace UV záření do červené oblasti spektra. K ustálení výboje rtuťových výbojek dochází až po 3 - 5 minutách. Po přerušení výboje dojde k opětovnému znovuzapálení až po 7 minutách. Výhodou těchto výbojek je malý pokles světelného toku během života, odolnost proti změnám teploty, odolnost proti otřesům a menší poruchovost v důsledku menšího počtu kontaktů ve srovnání se zářivkami. Doba života je až 12 000 až 15 000 hod, index barevného podání  $R_a = 50$ , měrný výkon 50 až 80  $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ . Tyto výbojky mají nevýhodu v tom, že k ustálení parametrů dochází asi až po 5 min po startu, a proto se nehodí k osvětlování vnitřních prostorů. Používají se k osvětlení průmyslových prostorů, ulic a sportovišť.

#### Vysokotlaké rtuťové výbojky HSL



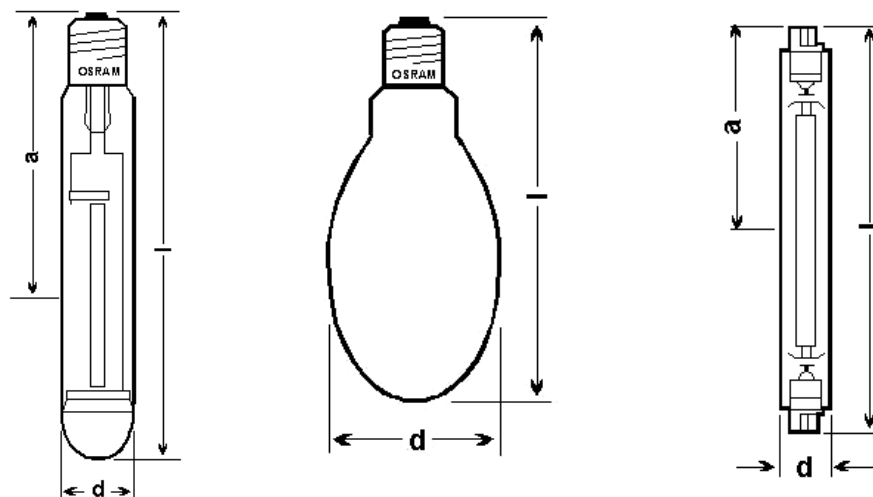
- $I_L$  = Proud zdroje
- .....  $U_L$  = Napětí zdroje
- $P_L$  = Výkon zdroje
- $\Phi$  = Světelný tok

Obr. 3.14 Provozní charakteristiky vysokotlakých rtuťových výbojek

Využití ve veřejném osvětlení :

Přesto, že podíl těchto výbojek ve spotřebě postupně klesá a jsou nahrazovány účinnějšími halogenidovými a zejména vysokotlakými sodíkovými výbojkami, lze očekávat jejich používání i v nejbližší budoucnosti pro poměrně nízkou cenu a jednoduchou údržbu osvětlovací soustavy. Používají se pro osvětlení v pěších zónách , v zahradách, v parcích, nákupních pasážích a veřejných prostorech.

### 3.8. Vysokotlaké sodíkové výbojky

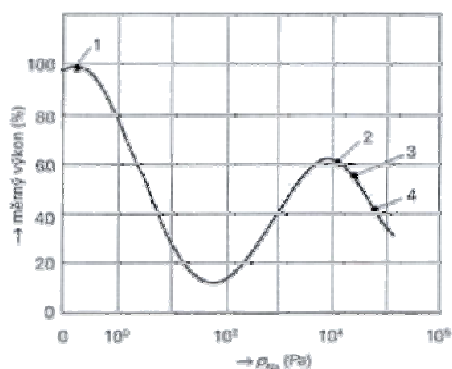


Obr. 3.15 Příklady vysokotlakých sodíkových výbojek

Výboj v parách sodíku je ze světelně technického hlediska velmi zajímavý. Sodík se vyznačuje intenzitním rezonančním dubletem ve žluté části viditelného spektra s vlnovou délkou 589,0 a 589,6 nm, která se blíží maximu spektrální citlivosti lidského oka (555 nm).

Těchto vlastností, vedle nízkého budicího potenciálu uvedené čáry, se využívá již od třicátých let při konstrukci nízkotlakých sodíkových výbojek, v nichž tlak par sodíku při pracovní teplotě 270 °C dosahuje hodnoty asi 0,5 Pa. Při zvyšování tlaku par sodíku světelná účinnost klesá, prochází minimem a dále opět stoupá, takže při tlaku kolem 27 kPa dosahuje druhého maxima viz. Obr. 3.16 a v závislosti na dalších parametrech (složení amalgamu sodíku, druh a tlak plnicího plynu, geometrické parametry hořáku, příkon výbojky apod.) může dosáhnout hodnoty až 150 lm.W<sup>-1</sup>. Při rostoucím tlaku par sodíku dochází k výraznému rozšíření spektrálních čar a ke vzniku silného spojitého záření, přičemž zároveň je absorbováno záření rezonanční. Se zvyšujícím se tlakem je stále zřetelnější asymetrie rozšiřování rezonančních čar do dlouhovlnné části spektra. Spektrum záření je bohatší, což má za následek i lepší podání barev osvětlovaných předmětů. Tento druh výboje je využíván u moderních vysokotlakých sodíkových výbojek, které se výrazně prosadily zejména v uličním, ale i ve venkovním osvětlení.

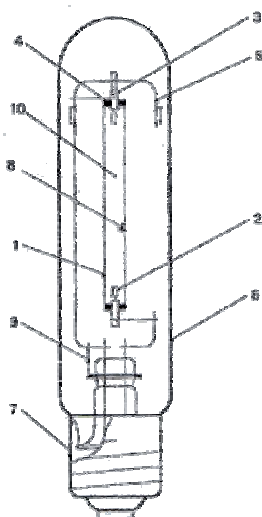
Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou tedy světelné zdroje, v nichž světlo vzniká hlavně zářením sodíkových par s pracovním parciálním tlakem v rozmezí 3 až 60 kPa.



Obr. 3.16 Závislost měrného výkonu na tlaku sodíkových par

- 1 – nízkotlaké sodíkové výbojky
- 2 – vysokotlaké sodíkové výbojky standardní
- 3 – vysokotlaké sodíkové výbojky se zlepšeným podáním barev  $R_a = 60$
- 4 – vysokotlaké sodíkové výbojky s vynikajícím podáním barev  $R_a$  je větší než 80

Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky je naznačena na Obr. 3.17. Hořák je zhotoven z průsvitného korundu (alfa – modifikace  $Al_2O_3$  s příměsí  $MgO$ ). Trubice je na obou koncích uzavřena proudovými průchodkami různého provedení, které jsou ke korundové trubici připájeny pomocí skelné pájky na bázi  $Al_2O_3 - CaO$  s některými dalšími příměsmi (např.  $SrO$ ,  $TiO_2$ ,  $BaO$ ). Kvalita pájky rozhodujícím způsobem ovlivňuje život výbojky. Průchodky musí odolávat dlouhodobému působení sodíkových a rtuťových par při vysokých pracovních teplotách a velkým teplotním nárazům při zapínání a vypínání výbojky.



Obr. 3.17 Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky

- 1 – korundový hořák
- 2 – elektroda
- 3 – niobová průchodka
- 4 – skelná pájka
- 5 – nosný rámeček
- 6 – vnější baňka
- 7 – patice
- 8 – amalgám sodíku
- 9 – baryový getr
- 10 – inertní plyn

K čelu niobové průchodky je pomocí titanu připájena wolframová elektroda, na níž je nanesena emisní vrstva na bázi wolframu barya. Polohou elektrody v hořáku lze regulovat teplotu prostoru za elektrodami. Tato teplota určuje tlak par sodíku v hořáku, a tím i základní elektrické a světelné parametry výbojky. Rtuť se sodíkem se do hořáku dávkuje v podobě

amalgámu příslušného složení. Hořák se plní inertním plynem, jehož funkce je stejná jako u jiných vysokotlakých výbojek. Z hlediska měrného výkonu je nejvhodnější xenon, protože zajišťuje nejmenší teplotní ztráty ve výboji a největší měrný výkon. Hořák je vložen do vnější baňky, vyčerpané na vysoké vakuum, které snižuje tepelné ztráty hořáku a současně chrání niobové průchodky před oxidací. Výbojka je opatřena běžnou závitovou patičí E27 nebo E40 s keramickým kamenem.

Sortiment vysokotlakých sodíkových výbojek je velmi široký a lze jej rozdělit do osmi příkonových řad.

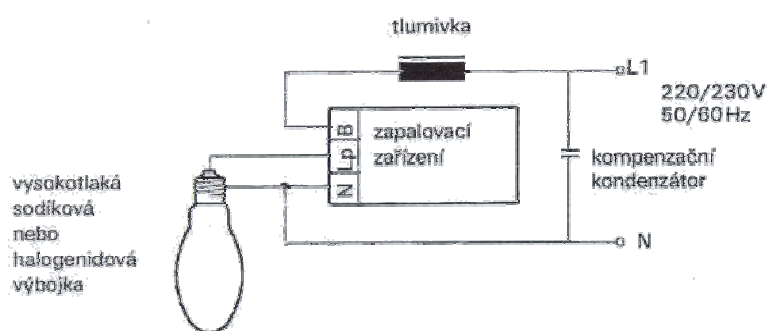
**Tab. 3.2 Základní sortiment vysokotlakých sodíkových výbojek**

Provedení výbojky	Jmenovité příkony (W)	měrný výkon (lm.W <sup>-1</sup> )	Patice
standardní s čirou válcovou baňkou	50, 70,	70 až 130	E 27
	100, 150, 250, 400, 1000		E 40
standardní s eliptickou baňkou s rozptylovou vrstvou	50, 70,	70 až 117	E 27
	150, 250, 400,		E 40
výbojky s Penningovou směsí, s eliptickou baňkou s rozptylovou vrstvou	110,	73 až 100	E 27
	210, 340		E 40
výbojky se zvýšeným tlakem xenonu s čirou válcovou baňkou	50, 70,	80 až 150	E 27
	100, 150, 250, 400, 600		E 40
výbojky se zvýšeným tlakem xenonu s eliptickou baňkou s rozptylovou vrstvou	100, 150, 250, 400	95 až 130	E 40
dvoupaticové s křemennou vnější baňkou s keramickou patičí	70, 150, 250, 400	100 102 až 120	RX7s RX7s-24 Fc2
výbojky se zlepšeným podáním barev jednopaticové s válcovou čirou nebo matovanou baňkou $R_a > 80$	35, 50, 100 80	39 až 49	PG 12-1 PG 12-3
výbojky se zlepšeným podáním barev jednopaticové s čirou válcovou baňkou $R_a > 80$	150, 250, 400	47 až 64	E 40

Vysokotlaké sodíkové výbojky je nutné provozovat v obvodu s tlumivkou a vhodným zapalovacím zařízením, který vyhovuje mezinárodním normám CEI. Schéma zapojení je

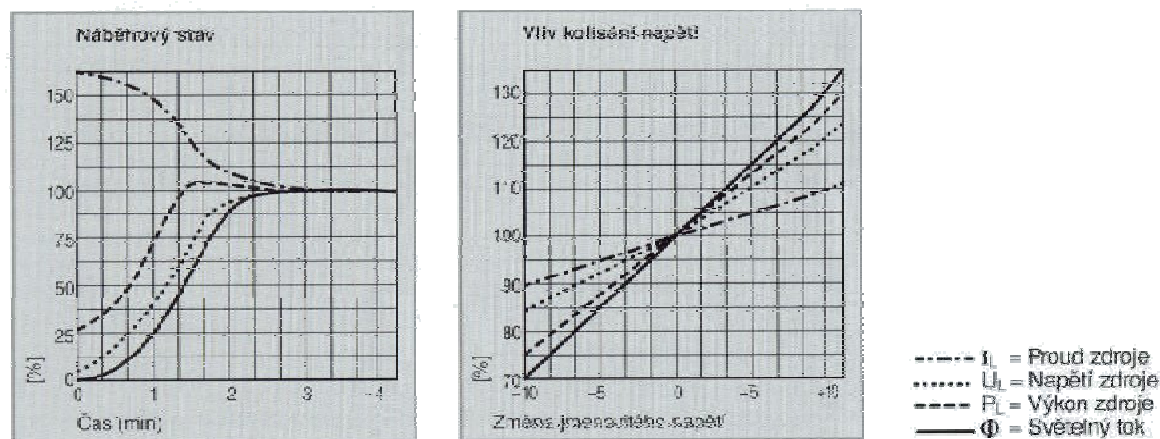
uvedeno na *Obr. 3.18* a je shodné se zapojením halogenidových výbojek. Při dodržování provozních podmínek (povolené kolísání napětí menší než 5%, správně dimenzované tlumivky) výbojky předních výrobců dosahují života 16 000 až 28 000 hod. Ukončení života je dáno postupným nárůstem napětí na výboji. Při překročení určitého poměru tohoto napětí vzhledem k napájecímu napětí sítě výboj zhasne. Po vychladnutí výbojka znovu zapálí a celý cyklus se opakuje. Periodické zhasínání výbojek je příznakem ukončení života a výbojku je nutné vyměnit.

Zavedení vysokotlakých sodíkových výbojek do osvětlovací praxe přináší celému hospodářství státu významné úspory elektrické energie. Podíl vysokotlakých sodíkových výbojek ve veřejném osvětlení narůstá. Je příjemné konstatovat, že Česká republika patří v tomto směru k zemím s nejvyšším podílem.



*Obr. 3.18* Schéma zapojení halogenidové a vysokotlaké sodíkové výbojky

#### Sodíkové výbojky vysokotlaké SHP



*Obr. 3.19* Provozní charakteristiky vysokotlakých sodíkových výbojek

Novinku v oblasti vysokotlakých sodíkových výbojek uvedla na trh např. firma Sylvania. Jedná se o vysokotlaké sodíkové výbojky, neobsahující rtuť, označované SHP mercury Free. výbojky se vyznačují zvýšeným světelným tokem, odpovídajícím výbojkám super, vyšším indexem barevného podání ( $R_a = 25$ ) a náhradní teplotou chromatičnosti (2200 K) a kratší

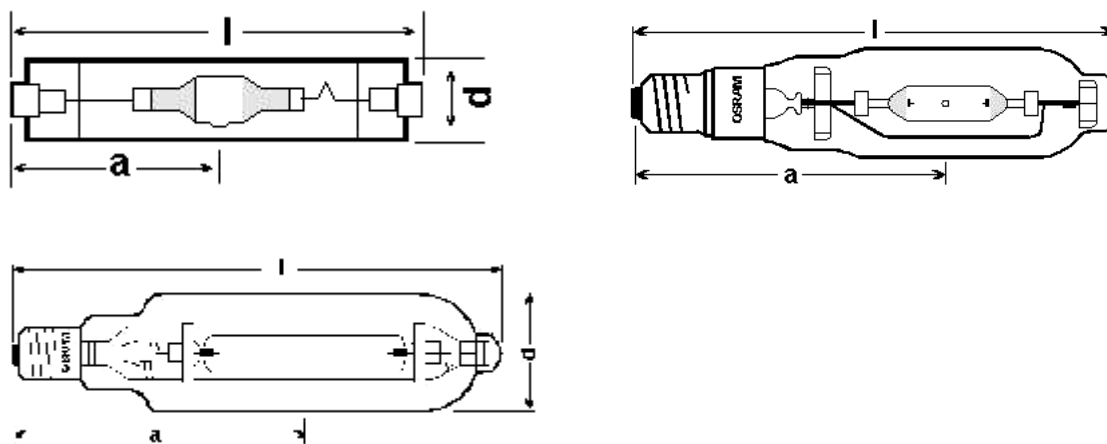
dobou náběhu. Výbojky se provozují na standardních předřadnicích. Jelikož výbojky neobsahují rtuť, není nutno likvidovat vyhořelé zdroje jako nebezpečný odpad.

Využití ve veřejném osvětlení :

Od 80. let mají dominantní postavení ve světelných zdrojích pro VO ve většině zemí vysokotlaké sodíkové výbojky. Tyto světelné zdroje rychle, zvláště ve větších městech, postupně nahradily méně účinné výbojky rtuťové. Použitím vysokotlakých sodíkových výbojek se mohl na jednotlivých světelných místech snížit instalovaný příkon až o dva příkonové stupně, využitím moderních svítidel s nastavitelnou křivkou svítivosti se v nových instalacích mohly zvětšit i vzdálenosti stožárů. Perfektní krytí těchto moderních svítidel (až IP 66) a dlouhý život výbojek současně na minimum snížily náklady na údržbu. Toto řešení, spolu s možností přechodného snížení příkonu v době snížení dopravního zatížení komunikací pomocí technických prostředků předurčuje vysokotlaké sodíkové výbojky jako nejefektivnější světelné zdroje pro veřejné osvětlení.

Vysokotlaké sodíkové výbojky mají ve VO univerzální použití, tj. jsou vhodné pro osvětlování veškerých komunikací, pěších zón i osvěcování fasád objektů. Výhodou vysokotlakých sodíkových výbojek je měrný výkon až 150 lm/W, dlouhý život (dnes již výrobci udávají 24 000 i více hodin), což umožňuje provádět hromadnou výměnu zdrojů až po 4 letech. Určitou nevýhodou těchto zdrojů je barva vyzařovaného světla, která způsobuje horší barevné podání osvětlovaných předmětů, zvláště např. zeleně. Pro VO se dnes používají sodíkové vysokotlaké výbojky nízkých příkonů, a to v obcích 50, 70, na průtahu 100 a 150 W, ve městech též do 150 W, na širokých výpadovkách i 250 W. Výbojky vyšších příkonů lze použít na osvěcování fasád památných budov.

### 3.9. Halogenidové výbojky



Obr. 3.20 Příklady halogenidových výbojek

Viditelné záření zde vzniká jednak v parách rtuti, ale hlavně zářením produktů halogenidů, to je sloučenin halových prvků např. s galiem, thaliem, sodíkem apod. Toto vede ke zvýšení indexu barevného podání až na  $R_a = 90$  a měrného výkonu na  $130 \text{ lm.W}^{-1}$ .

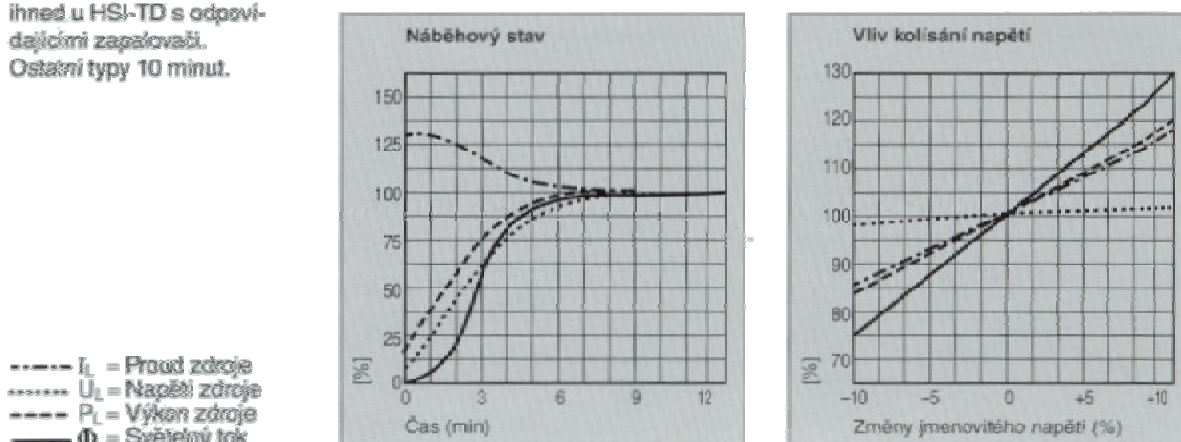
V křemenném hořáku vzniká cyklus podobný regeneračnímu cyklu jako u halogenových žárovek. Tlak rtuťových par je 0,5 MPa a tlak příměsí  $1,33 \cdot 10^2$  Pa. Venkovní banka je z borosilikátového skla. Halogenidové výbojky pracují při venkovní teplotě  $-20$  až  $60$  °C. Doba života těchto výbojek dosahuje až 15 000 hod.

Halogenidové výbojky vyžadují zapalovač, který se používá doutnavkový, tyristorový nebo v dnešní době elektronický. Tyto zapalovače byly zdroji častých poruch, které měly příčinu v tom, že zapalovací pulsy pokud nedošlo k úspěšnému startu výbojky, probíhaly neustále až došlo k poškození zapalovače. Toto je v dnešní době ošetřeno zapalovačem s odpojovačem, který po třech neúspěšných zapáleních přeruší zapalovací proces. Výkonová řada začíná na 35 W a končí na 3 500 W. Tvar baňky a patice se vyrábí v nejrůznějších provedeních, do jmenovitých parametrů nabíhá výbojka asi za 10 min. Halogenidové výbojky, přes vysokou cenu, se začínají prosazovat hlavně tam, kde jsou vysoké požadavky na barevné podání. Jedná se o kinematografii a osvětlování sportovišť, kde se předpokládá televizní vysílání atd.

Za nový trend v oblasti vysokotlakých výbojových zdrojů se považuje halogenidová výbojka s hořákem s korundové keramiky. Jde o zdroj, který kombinuje vynikající vlastnosti keramického hořáku vyplývající z jeho vysoké teplotní odolnosti s širokými možnostmi upravovat spektrum záření díky možnosti používat velký počet různých svítících příměsí a jeho kombinací. Výsledkem jsou výbojky, které se vyznačují velkou účinností  $85-95$   $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$  a to i při malých příkonech a velmi dobrým podáním barev.

**Čas opětovného zapálení:**  
ihned u HSI-TD s odpovídajícími zapalovači.  
Ostatní typy 10 minut.

**Halogenové výbojky s kovovými parami HSI**



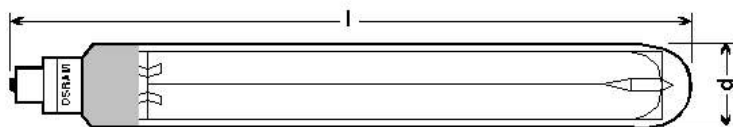
Obr. 3.21 Provozní charakteristiky halogenidových výbojek

Využití ve veřejném osvětlení :

Výbojky jsou vzhledem k náročné technologii výroby velmi drahé a tudíž pro masové nasazení do systémů VO nevhodné. Použití však nacházejí při osvětlování velkých prostranství, osvětlování objektů a speciální účely.

### 3.10. Nízkotlaké sodíkové výbojky

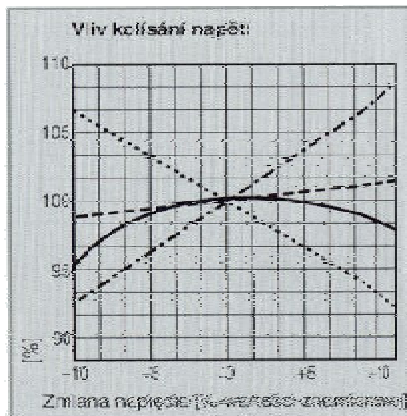
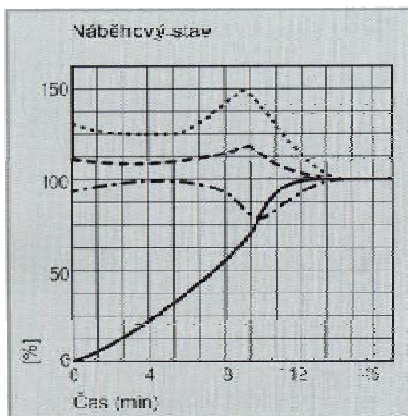
U sodíkových výbojek nastává výboj ve výbojové trubici vyhotovené z polykrystalického anebo monokrystalického kysličníku hlinitého, která je naplněna argonem, neonem a sodíkem. Při tlaku sodíkových par 0,5 Pa a teplotě stěny výbojové trubice 270 až 300 °C vyzáří monochromatické záření v pásmu vlnových délek 589 a 589,6 nm ve žluté oblasti spektra. Záření sodíkové výbojky je v blízkosti maxima spektrální citlivosti lidského oka s vysokým měrným výkonem 130 až 200  $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ . V jejich světle není možné rozlišovat barvy  $R_a = 0$ , život výbojky dosahuje až 24 000 hod.. Výbojová trubice sodíkových výbojek má kruhový průřez a ohýbá se do tvaru písmena U nebo W. Venkovní baňka tepelně izoluje výbojovou trubici, je jednoduchá a vyčerpaná na vysoké vakuum.



Obr. 3.22 Příklad nízkotlaké sodíkové výbojky

Využití ve veřejném osvětlení: Přes značný pokrok a zlepšení jejich užitných parametrů se však jejich použití, v důsledku velmi špatného podání barev, omezilo na osvětlení výpadových silnic a dálnic. V současné době jsou rozšířeny zejména v zemích Beneluxu a ve Velké Británii. V naší republice, až na vzácné výjimky, nenašlo osvětlení nízkotlakými sodíkovými výbojkami uplatnění vůbec a vzhledem ke stále se zlepšujícím parametrům vysokotlakých sodíkových výbojek se s jejich rozšířením nedá již dále počítat.

#### Nízkotlaké výbojky SLP



**Čas opětného zapálení:**  
5 - 6 minut v závislosti na době vypnutí.  
Při krátkodobém přerušení napětí okamžitě.

---  $I_L$  = Proud zdroje  
---  $U_L$  = Napětí zdroje  
---  $P_L$  = Výkon zdroje  
—  $\Phi$  = Světelný tok

Obr. č. 3.23 Provozní charakteristiky nízkotlakých sodíkových výbojek

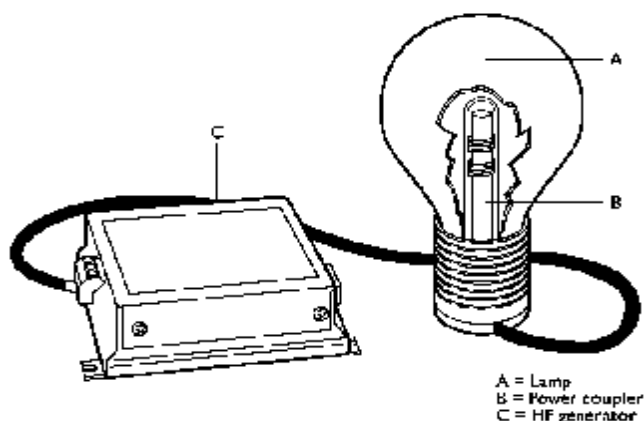
### 3.11. Sírné výbojky

Jedná se o vysokotlaké výbojky s náplní síry a kulovým svíticím tělesem o průměru od 5 do 29 mm. Vlastní výboj je buzen v křemenném hořáku mající tvar koule, která rotuje v elektromagnetickém poli magnetronu (2,45 GHz). Výboj probíhá v parách síry, přičemž spektrum vyzářovaného světla se blíží slunečnímu, při vynikající účinnosti dosahující až 130

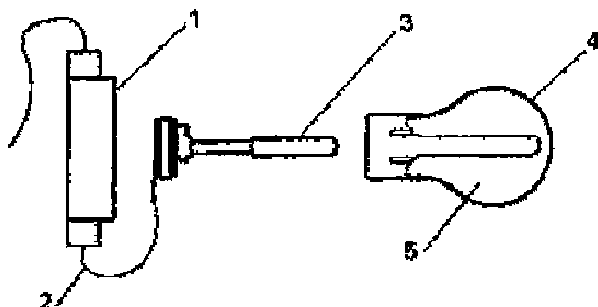


$\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$  a vysokém indexu podání barev  $R_a = 85$ . Život je limitován spolehlivostí magnetronu a dosahuje rovněž hodnot převyšujících 50 000 hodin. Úbytek světelného toku na konci života je menší než 10 %.

### 3.12. Indukční výbojky



Obr. 3.24 Příklady indukčních výbojek QL



Obr. 3.25 Konstrukce indukční výbojky

- 1 – vf generátor, 2 – koaxiální kabel, 3 – feritové jádro s indukční cívkou,  
4 – bezelektrodová výbojka s lumínoforem, 5 – plynná náplň

Do okruhu nízkotlakých výbojových zdrojů patří i světelný zdroj využívající principu indukce. Tento zdroj lze právem považovat za světelný zdroj třetí generace nebo světelný zdroj budoucnosti. I když na principu vysokofrekvenčního buzení výboje v bezelektrodovém výbojovém prostoru se pracuje v laboratořích světových firem již po desetiletí, výbojku použitelnou se podařilo uvést na trh firmě PHILIPS teprve v roce 1993 pod označením QL (quality lighting).

Princip funkce : Do hruškovité baňky je zatavena z jedné strany otevřená trubice, do níž se vkládá feritové jádro s indukční cívkou napájenou proudem o frekvenci 2,65 MHz. Baňka nemá žádné elektrody, obsahuje pouze inertní plyn a páry rtuti. Atomy rtuti vybuzené vysokofrekvenčním polem vytvářeným cívkou, emitují ultrafialové záření, které je transformováno lumínoforem na viditelné světlo. Vlivem bezelektrodové konstrukce se

dosahuje extrémně dlouhého života, podle údajů výrobce až 60 000 h, a to při velmi dobré stabilitě světelného toku v průběhu svícení. Výbojky se vyznačují všemi přednostmi, které poskytuje provoz na vysoké frekvenci. V současné době jsou výbojky vyráběny s příkonem 55 W a 85 W s účinností asi  $65 \text{ lm.W}^{-1}$  a  $70 \text{ lm.W}^{-1}$  při Ra větší nebo rovno 80. Doba náběhu činí 0,5 s, doba znovuzápalu je rovněž asi 0,5 s. Důležitou výhodou výbojek je jejich konstantní světelný tok v širokém teplotním rozsahu. Jejich aplikace zároveň podstatně snižuje náklady související s údržbou osvětlovací soustavy. Na podobném principu pracuje indukční výbojka vyráběná firmou OSRAM pod názvem ENDURA např. o příkonu 150 W.

Využití ve veřejném osvětlení :

Indukční výbojky se hodí pro veřejné osvětlení z důvodu minimální závislosti světelného toku na okolní teplotě, ale zatím je málo vhodných svítidel. Platí tu výhoda vysokého světelného toku a extrémně dlouhý život bez údržby. Uplatňuje se pro osvětlení tunelů a míst, které se vyznačují složitou údržbou.

### 3.13. LED diody

Elektroluminiscenční diody (LED) se v posledních letech ve stále větší míře využívají v nejrůznějších oblastech osvětlovací techniky. Za své rozšíření vděčí především rostoucí světelné účinnosti a měrnému výkonu. LED dioda je elektronický prvek, který generuje světelné záření při průchodu proudu polovodičovým přechodem. Používá tedy jiný fyzikální princip než žárovky nebo výbojky a má mnoho vlastností, kterými se od klasických zdrojů světla odlišuje. Polovodičový přechod vyzařuje velmi úzké spektrum, záření je v podstatě monochromatické. V současnosti jsou však na trhu prvky všech potřebných barev, se třemi čipy v jednom pouzdru, i LED diody v jednotlivých barvách vhodných pro skládání bílé. Dalším způsobem je použití LED čipu, který se uvnitř pouzdra ještě opatří vrstvou aktivní hmoty, která na principu podobném luminoforu částečně převede záření na jiné vlnové délky viditelného spektra. Výsledným efektem je téměř bílá barva. LED diody mají potenciál stát se vysoce účinným světelným zdrojem. Nejvíce zajímavé jsou nové aplikace v obecném osvětlování, kde LED se začínají prosazovat namísto konvenčních světelných zdrojů.

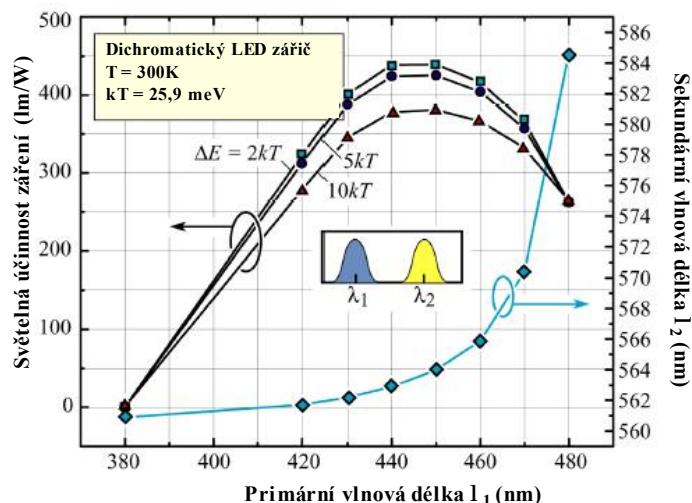
#### Generování bílého světla

Světlo je vnímáno jako bílé, 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. Generovat bílé světlo pomocí LED zářičů je možné principiálně dvěma různými způsoby pomocí:

- mixování monochromatických LED zářičů
- konvertoru vlnových délek

#### Komplementární vlnové délky

První způsob jak generovat bílé světlo je pomocí dvou komplementárních vlnových délek určitého výkonového poměru. Komplementární vlnové délky  $\lambda_1$  a  $\lambda_2$  dvou monochromatických světelných zdrojů respektující standardizované CIE Svítidlo  $D_{65}$  a CIE 1964 standardizovaného pozorovatele jsou znázorněny na Obr.3.26. Hodnoty těchto komplementárních vlnových délek vedou ke stejným chromatickým souřadnicím jako má standardizované svítidlo  $D_{65}$  s trichromatickými souřadnicemi  $x_{D_{65}} = 0,3138$  a  $y_{D_{65}} = 0,3310$ .



Obr. 3.26 Komplementární vlnové délky a světelná účinnost dichromatického zdroje

Maximální světelná účinnost dichromatického zdroje bílého světla, který je tvořen dvěma komplementárními monochromatickými barvami, může teoreticky dosahovat hodnotu okolo 400lm/W (MacAdamem,1950). Dalším způsobem generování bílého světla pomocí LED diod nastává při sloučení tří monochromatických LED zářičů (RGB), vznikne tzv.trichromatický světelný zdroj.

### Konvertor vlnových délek

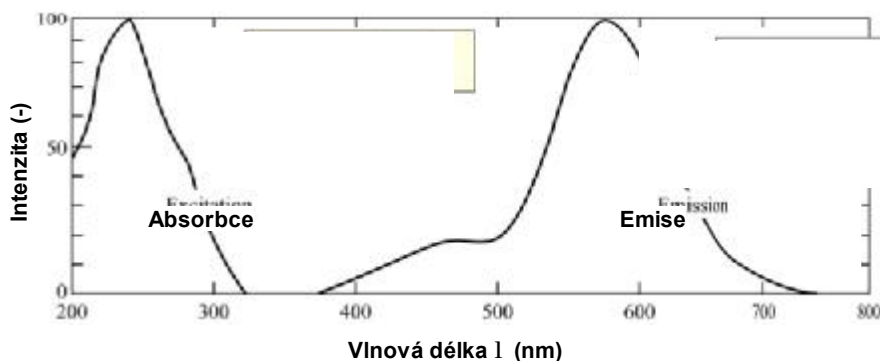
Nejvíce bílých LED zářičů vyzařuje na kratší vlnové délce světelné záření, jehož část je absorbována v konvertorovém materiálu a znovu vyzářena jako světelné záření s delší vlnovou délkou. Mezi konvertory vlnových délek řadíme fosfory, polovodiče a barviva. Konvertorové materiály vykazují několik důležitých parametrů, jako je absorpční a emisní vlnová délka a velikost kvantové účinnosti. Teoreticky může kvantová účinnost konvertoru dosáhnout 100%. Běžně je však nižší a její velikost závisí na energetických ztrátách spojených s konverzí vlnové délky. Celková energetická účinnost vlnového konvertoru je dána vztahem:

$$h = h_{ext} (I_1 / I_2) \quad (3.1)$$

$$h_{ext} = \frac{\text{počet fotonů vyzářených do prostoru za sekundu}}{\text{počet elektronů injektovaných do LED za sekundu}} = \frac{P / (h\nu)}{I / e} \quad (3.2)$$

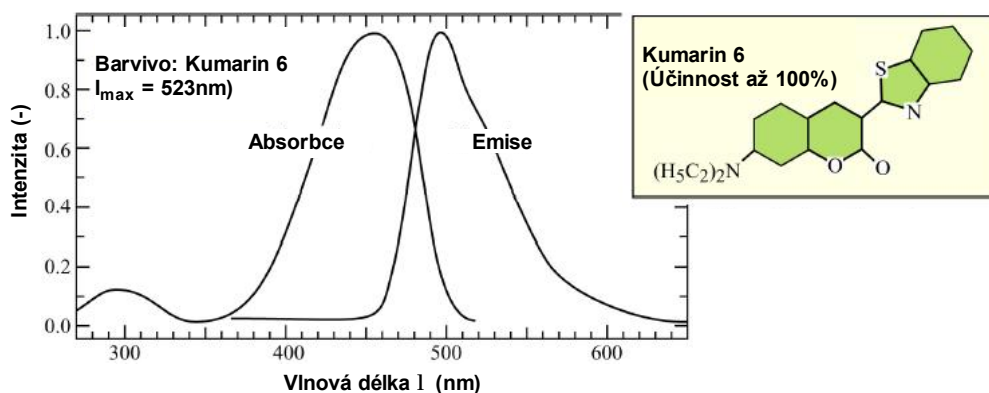
, kde  $\eta_{ext}$  je externí kvantová účinnost konvertoru.

Nejčastěji používaný vlnový konvertor vlnové délky je fosfor. Fosfor obsahuje anorganickou látku, která je dotována opticky aktivním prvkem. Běžně se využívá fosfor obsahující yttrium aluminium garnet (YAG) s chemickým vzorcem  $Y_3Al_5O_{12}$ . Opticky aktivní látkou je prvek vzácných zemin. Mezi nejrozšířenější patří cerium (Ce) využívaný YAG fosforu, neodým (Nd) používaný v laserech, erbium (Er) používaný v optických zesilovačích. Vyzářené absorpční a emisní spektrum LED diody s fosforem je znázorněno na Obr.3.27. Fosfor je velmi stabilní materiál a může dosáhnout kvantové účinnosti až 100%. Běžný YAG fosfor využívaný v bílých LED diodách je dotován Ce s kvantovou účinností přesahující 75%.



Obr.3.27 Absorpční a emisní spektrum fosforu - Typ 4350 (Osram-Sylvania)

Barviva jsou dalším typem konvertoru. Kvantová účinnost barviv se může blížit 100%. Nicméně barviva, jako organické molekuly, nevykazují po určitém počtu absorpcí fotonu dlouhodobou stabilitu. Obvykle jsou stabilní po  $10^4$ - $10^5$  optických transformacích. Životnost barviva je tak podstatně nižší ve srovnání s fosforovým nebo polovodičovým konvertorem. Barviva vykazují také menší rozdíl mezi absorpčním a emisním spektrem. Například rozdíl maxima absorpčního a emisního spektra při použití barviva Kumarin 6 činí pouze 50nm (Obr.3.28).

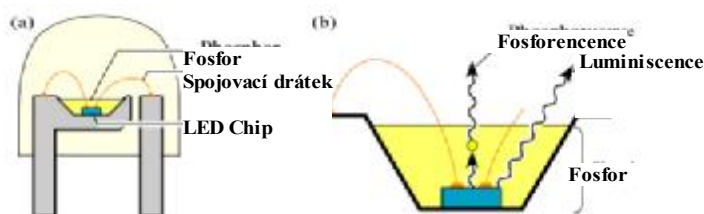


Obr.3.28 Absorpční a emisní spektrum barviva Kumarin 6

Dalším typem vlnového konvertoru jsou polovodiče. Polovodiče jsou charakterizovány úzkým spektrem vyzařování o šířce  $2kT$ . Interní kvantová účinnost dosahuje až 100%. Problém výstupu světla v polovodičovém konvertoru, tzv. fenomén absolutního vnitřního odrazu u LED diod, se neprojevuje natolik, protože polovodičový konvertor nepotřebuje kontakty, které by mohly světlo blokovat.

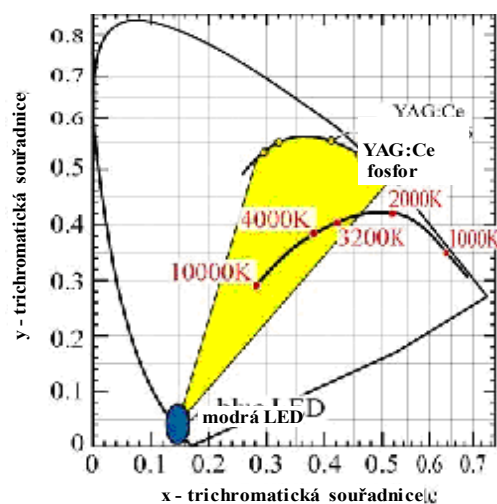
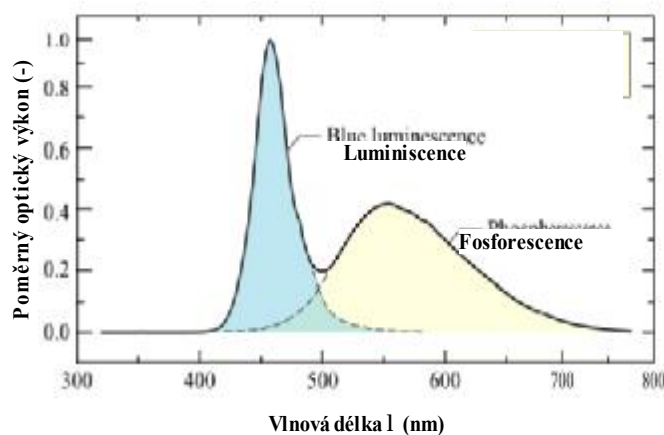
### Bílé LED diody založené na fosforových konvertorech

Typickým představitelem je bílá LED dioda založená na modrém LED čipu ( $\text{GaInN}/\text{GaN}$ ) a fosforovém konvertoru YAG, který je dotován Ce. Průřez strukturou bílé LED je zobrazen na Obr.3.29. LED čip je uložen v reflektorovém žlábků a je zapouzdřen fosforem.



Obr.3.29 (a) Struktura LED diody skládající se z  $\text{GaInN}$  a fosforu zapouzdřující LED diodový čip. (b) Fosforescence s delší vlnovou délkou (žlutá barva světla) a luminiscence s kratší vlnovou délkou (modrá barva světla)

Záření ve viditelné oblasti, které je vyzařováno z polovodiče, je modré barvy. Část světla je distribuována přímo k pozorovateli a část krátkovlnných fotonů je v prostoru zapouzdření (fosforová vrstva) absorbována a znova emitována s delší vlnovou délkou ve žlutém spektru. Vyzařované spektrum se skládá z luminiscence modrého světla a fosforescence světla žlutého (Obr.3.30). Bílá dioda vyzařuje namodralé světlo s vysokou teplotou chromatičnosti i kolem 10 000K (studené bílé světlo). Teplotu chromatičnosti lze ovlivňovat množstvím fosforu. Lze vytvořit teple bílý zdroj, kde teplota chromatičnosti nepřesáhne 3200K, což odpovídá teplotě běžných inkandescenčních zdrojů (Obr.3.31). Velikost vrstvy fosforu obsahujícího epoxidovou pryskyřici a koncentrace fosforu v pryskyřici určuje relativní intenzitu obou vyzařovaných spekter. Nastavením vzájemného poměru těchto spekter lze optimalizovat měrný výkon a barevné podání LED diody.



Obr.3.29 Emisní spektrum bílé LED diody založené na fosforové technologii Obr.3.31 Trichromatické souřadnice fosforu YAG:Ce fosforu

### Bílá LED dioda založená na transformaci UV záření

Bílé LED diody mohou využívat také fosforu, který je schopen transformovat záření v ultrafialové oblasti na záření viditelné. Typickým představitelem diod vyzařujících v UV

oblasti je AlGaInN LED dioda. Vysoký obsah hliníku ve struktuře této diody negativně ovlivňuje její vlastnosti. Například ve srovnání s GaInN/GaN strukturami vykazuje nižší světelnou účinnost a nízkou účinnost dotování p-typu ve struktuře AlGaIn. LED diodový zdroj vyzařuje na rozhraní mezi viditelným a UV spektrem na vlnovém intervalu 380-400nm. Tříbarevný fosfor (RGB) pak transformuje UV záření do červené, zelené a modré části viditelného spektra (trichromatický světelný zdroj). Zářič založený na UV LED diodě dosahuje indexu podání barev v rozmezí 60 až 80. Bílá LED dioda obsahující OYGB fosfor (oranžový, žlutý, zelený a modrý) a UV LED čip je dokonce schopna vykazovat  $R_a \geq 93$ . Základní nevýhodou UV bílé LED jsou relativně vysoké energetické ztráty při konverzi UV záření na viditelné záření, a tím i zřetelně nižší měrný výkon.

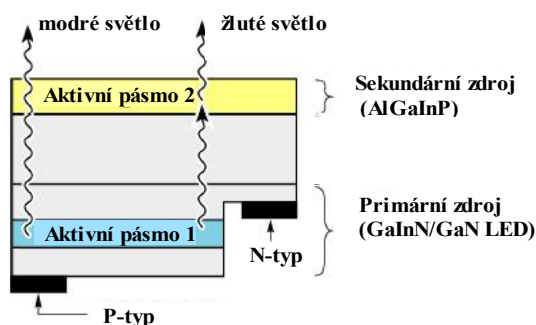
### Bílá LED dioda založená na polovodičovém konvertoru (PRS - LED)

Část fotonů, která je vyzařována z primární GaInN LED diody, je absorbována v sekundární oblasti polovodiče AlGaInP a znovu emitována s nižší energií (*Obr.3.32*). Výkonová závislost tohoto procesu je schématicky znázorněna na *Obr.3.34*. Elektrický příkon je označen  $P_0$  a výstupní zřakový výkon v modré a žluté spektrální oblasti je označen  $P_1$  a  $P_2$ . Účinnost konverze výkonů modré LED je označena  $\eta_1$  a účinnost recyklace fotonu v polovodiči je označena  $\eta_2$ . Uvažujeme-li ideální světelný zdroj bez ztrát, kdy  $\eta_1 = \eta_2 = 100\%$ , pak maximální měrný výkon PRS – LED zářiče nastane při vyzařování primárního zdroje na vlnové délce 440nm. Teoreticky je možné na této vlnové délce dosáhnout měrného výkonu až 336lm/W. Teoretický světelný tok různých typů bílých LED diod při 100% kvantové účinnosti a při zanedbání odporových ztrát zařízení je znázorněn v *Tab.3.3*.

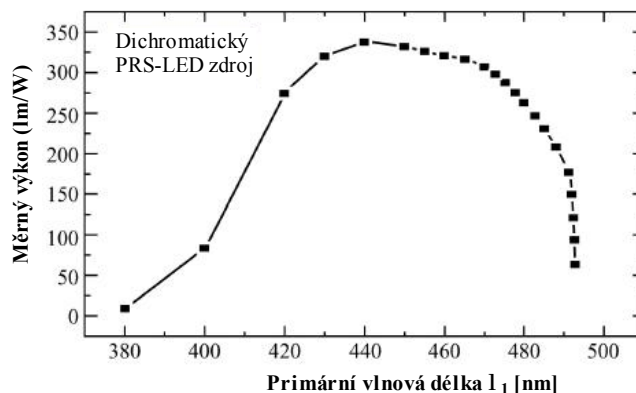
**Tab.3.3: Teoretický světelný tok různých typů bílých LED diod**

Typ LED	Měrný výkon (lm/W)	Trichromatické souřadnice (x,y)
Dichromatický LED zářič	300 – 340	(0.31, 0.32)
Širokopásmový dichromatický LED zářič	280 – 320	(0.31, 0.32)
Trichromatický LED zářič	240 – 280	(0.31, 0.32)
LED založená na fosforových konvertorech	200 – 280	(0.31, 0.32)

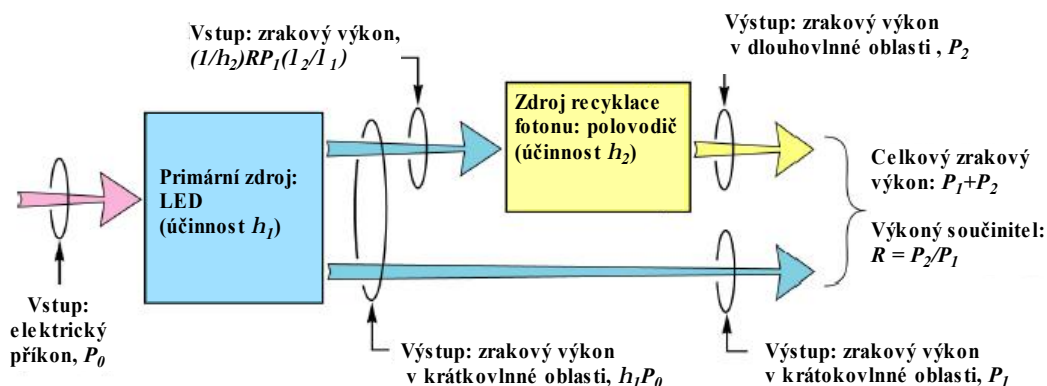
Obecně lze říci, že dichromatické bílé LED zářiče ve srovnání s trichromatickými mají vyšší světelnou účinnost a měrný výkon, ale nižší index barevného podání. Zlepšení indexu barevného podání u dichromatického zdroje můžeme docílit jedině rozšířením obou spekter vyzařování nebo přidáním dalšího spektra, což sníží velikost světelné účinnosti a měrného výkonu zařízení.



Obr.3.32 Struktura polovodiče recyklující foton s jednou proudově nasycenou oblastí (Aktivní oblast 1) a jednou opticky excitační částí (Aktivní oblast 2)



Obr.3.34 Teoretický měrný výkon dichromatického PRS-LED zářiče v závislosti na primární vlnové délce  $\lambda_1$



Obr.3.33 Recyklace fotonu v polovodiči LED

Možnost získání bílého světla pomocí LED zářičů různými způsoby vyvolává otázku, který ze způsobů je optimální. Rozhodujícím kritériem je měrný výkon a index barevného podání. Pro signální aplikace je rozhodující měrný výkon. Pro obecné osvětlování jsou důležité obě světelné technické veličiny. Bílé světelné zdroje založené na dvou monochromatických komplementárních barvách vedou k vyššímu měrnému výkonu a nižšímu indexu barevného podání než je tomu u širokopásmových zářičů a naopak.

### 3.14. Racionalizační trendy ve vývoji světelných zdrojů

#### Vývoj v oblasti žárovek

I když se na první pohled zdá vývoj žárovek za ukončený, není to zdaleka pravda. Žárovky se zdokonalují s cílem dosažení maximálního měrného výkonu a maximální životnosti, přičemž jsme samozřejmě omezení materiálovými vlastnostmi konstrukčních částí žárovek, nejvíc jejich vláknem.

Základní trendy jsou přitom následující:

- vylepšení emise spirál povlaky z vhodných materiálů
- reflektorové multivrstvy (zpětný odraz vyhřívá spirálu)
- reflektorové žárovky s průměrem 51 mm na síťové napětí
- vylepšení mechanických vlastností spirál pro lepší stabilitu vlákna

Hledají se přitom i nové materiály pro konstrukci vlákna. Příkladem může být cesta, kterou vytvořily otec a syn Milewski. Od r. 1987 dělali pokusy s monokrystalickým vláknem z karbidu křemičitého (SiC) nejprve jako s vyhřívacím elementem, pak jako s vláknem žárovky. Použitím zařízení vypůjčeného z profesionálních laboratoří začali vyrábět žárovky s uvedeným vláknem. Jejich cílem bylo zlepšit vlastnosti vlákna a hledat kvalitnější krystal, začali proto experimentovat s karbidem hafnia (HfC).

#### Vývoj v oblasti halogenových žárovek

Halogenové žárovky prochází bouřlivým vývojem i v současnosti. Zde je možné trendy vývoje charakterizovat následovně:

- Použití multivrstev na zpětný odraz infračerveného záření zpět na vlákno s cílem zvýšení měrného výkonu,
- dávkování xenonu do banky halogenové žárovky,
- dodávky „certit“-u do křemíkového skla banky na potlačení ultrafialového záření,
- vývoj halogenových žárovek na síťové napětí,
- výroba a aplikace různých tvarů baněk pro různé směry využití,
- vývoj nízkotlakých halogenových žárovek,
- miniaturizace baněk a celých halogenových žárovek

Nové halogenové žárovky mají potom i nové vlastnosti:

- Až o 30% vyšší měrný výkon v porovnání s typy bez IČ multivrstev
- vyšší životnost (5000h),
- stabilnější světelný tok po dobu celého života,
- stabilnější teplotu chromatičnosti po dobu celého života,
- rovnoměrnější svítivost ve svazku v případě reflektorových halogenových žárovek,
- nižší podíl UV záření ve spektru





*Obr. 3.35 Miniturizace v oblasti halogenových žárovek*

### **Vývoj v oblasti zářivek**

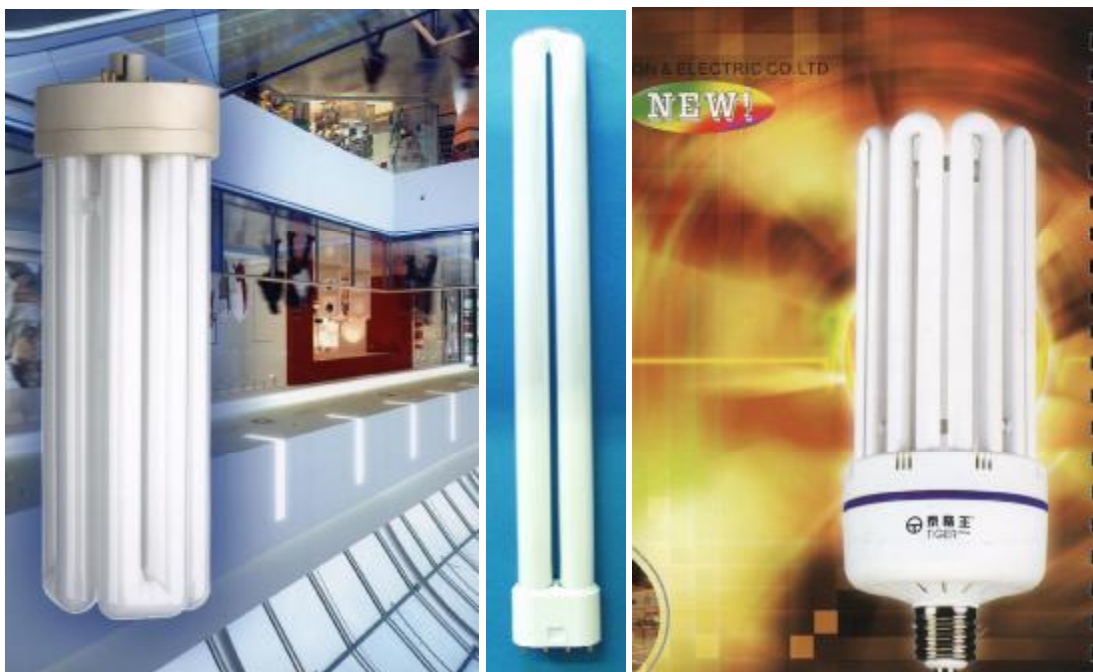
Zde je pokrok v posledním období též pozoruhodný. Nejdůležitější trendy je možné shrnout do následujících bodů:

- snižování množství rtuti v trubičce lineární žárovky. Moderní žárovky mají v současnosti obsah rtuti menší než 3 mg,
- vývoj amalgámových technologií vede k lepší stabilitě světelného toku při nízkých a vysokých teplotách okolí, ale přináší i další výhody
- dořešení luminoforů s fotonovou kaskádou s Pr aktivátorem (lantanoid – Praseodym),
- vývoj nízkotlakých výbojových zdrojů s proměnlivou barvou světla (závislost na speciální elektronice)
- vývoj zdrojů světla bez elektrod (s integrovanou a nezabudovanou elektronikou) – indukční výbojky
- mimořádně intenzivně se rozvíjí program T5. Na trhu jsou i zářivky tohoto typu se zlepšeným barevným podáním ( $R_a=90$ ),
- vývoj nových typů luminoforů, např. luminoforů s fotonovou kaskádou, které by mohly zvýšit měrný výkon zářivek
- vyšší teploty chromatičnosti. Někteří výrobci vyvíjí zářivky s vyšším cirkadiánním koeficientem. Zvyšují teplotu chromatičnosti např. na hodnotu 8000 K
- vyšší život – v současnosti někteří výrobci deklarují život některých typů zářivek v blízkosti 50 000 h.

### Vývoj v oblasti kompaktních zářivek

I když kompaktní zářivky už nejsou nejvýraznějším hitem světelné techniky, i zde je možné pozorovat výrazné vývojové trendy:

- přebírání nových technologií platných pro zářivky
- 3/8“ technologie
- tvarované KŽ
- KŽ s reflektorem nebo difuzorem
- amalgámové kompaktní zářivky
- zvyšování příkonu
- snižování příkonu
- zvyšování života

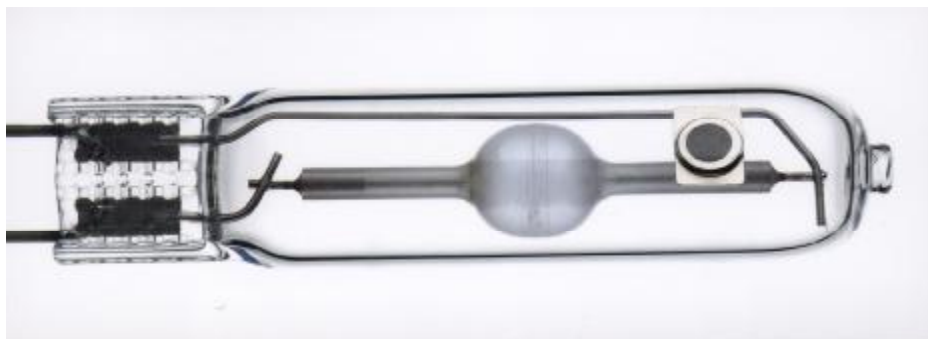


Obr. 3.36 Maximalizace příkonů v oblasti kompaktních zářivek

### Vývoj v oblasti halogenových výbojek

Halogenové výbojky podléhají v současnosti výrazným vývojovým změnám. Trendy vývoje je možné charakterizovat následovně:

- použití keramického hořáku jako všeobecné řešení pro všechny typy halogenových výbojek. To přináší zvýšení měrného výkonu, zlepšení barevného podání a stabilizaci vlastností po dobu života,
- dávkování sodíku do hořáku halogenové výbojky s cílem zvýšit měrný výkon. To má za následek přiblížení vlastností sodíkových a halogenových výbojek,
- použití nových plynových náplní hořáku a venkovní baňky s cílem stabilizovat práci hořáku,
- miniaturizace příkonů halogenových výbojek.



Obr. 3.37 Halogenidová výbojka 20W s kulovým keramickým hořákem

### Vývoj v oblasti vysokotlakých sodíkových výbojek

Jsou nejčastějším používaným zdrojem pro venkovní osvětlení. Ve vysokotlakém provedení jsou našim nepostradatelným společníkem při osvětlování komunikací. Mají velmi vysoký měrný výkon, a v současnosti i velmi dlouhou život.

I tyto světelné zdroje jsou v současnosti středem pozornosti vývojových skupin velkých světloteknických firem. Pokrok v jejich oblasti je možné charakterizovat následovně:

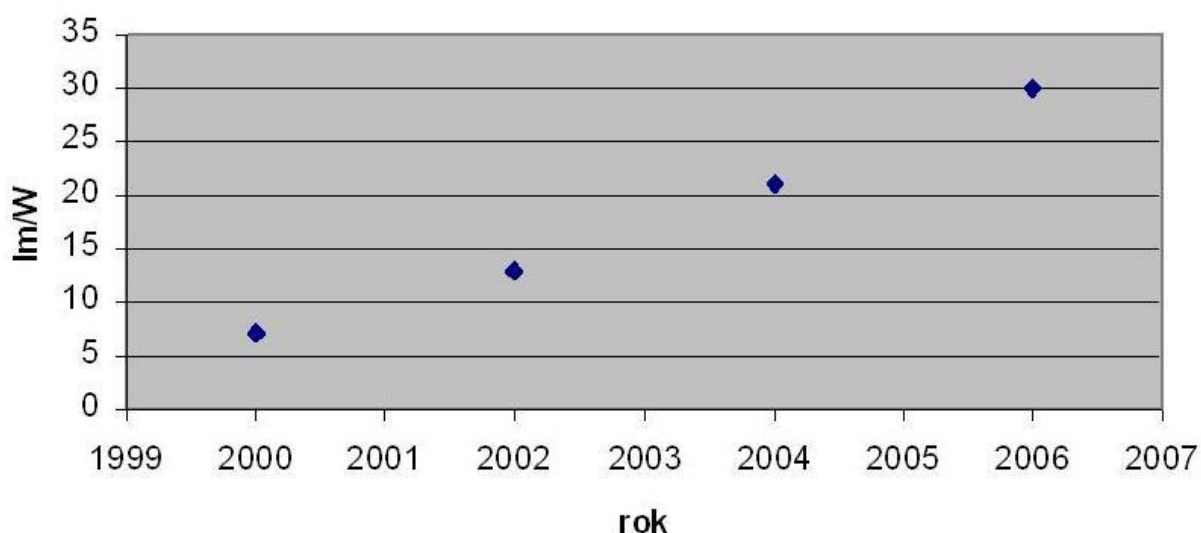
- vývoj a nasazování bezrtuťových výbojek,
- dávkování nových prvků s cílem zlepšit barevné podání,
- použití vícehořákových výbojek,
- možnosti přepínání barvy světla nebo příkonu sodíkové výbojky,
- miniaturizace příkonů.

### Vývoj v oblasti LED

Jednou z výhod luminiscenčních LED diod je, že jsou současně podobně jako laser zdrojem monochromatického záření. Toto záření má pouze úzký okruh vlnových délek (proto je možné ho pokládat za monochromatické záření) na rozdíl od obyčejných žárovek, které mají toto spektrum spojitě a obsahují každou vlnovou délku viditelného záření. Předností luminiscenčních LED diod je nepatrná spotřeba elektrické energie.

Jak už bylo řečeno, barva vyzařovaného světla je dána použitým materiálem a příměsí substrátu. První technologie nebyly schopné vyrábět LED diody, které by vyzařovaly bílé světlo. Až s postupným vývojem těchto technologií je to v současnosti možné.

Vysoce modře svítící diodový čip je umístěn na dně průsvitného držáku čipu, který tvoří zároveň katodový vývod. Tento čip je pokrytý fosforescenční látkou. Fotony modrého světla jsou touto vrstvou ve velké míře absorbovány a tato vrstva potom eliminuje světlo s nižší energetickou úrovní, tj. delší vlnovou délkou. Materiál této vrstvy musí být pečlivě vybrán tak, aby pohlcoval maximum modrého světla emitovaného čipem a toto světlo účinně převáděl na světlo s nižší vlnovou délkou tak, aby jeho spektrum bylo vhodné pro potřebné použití.



Obr. 3.38 Vývoj měrného výkonu bílých LED

### Vývoj v oblasti indukčních výbojek

Indukční výbojky mají už dávno známý princip, ale pouze miniaturizace elektronických prvků v posledním období umožnila sestavit tento světelný zdroj, který se od ostatních liší principiálně, a to v použití elektromagnetického pole na buzení výboje. To umožňuje vyrobit světelný zdroj s mimořádně dlouhým životem. Už v současnosti induktivní výbojky mohou pracovat 60 000 hodin. S vývojem nových typů luminoforů bude možné tuto hodnotu několikrát znásobit. Nevidí se to však jako účelné a proto vývoj indukčních výbojek bude směřovat k jejich miniaturizaci. Už v současnosti používané indukční výbojky Genura umožňují přímé použití jako žárovek, přičemž jednoduchým způsobem byly odstraněny známé problémy s odrušením silného elektromagnetického pole.

Měrný výkon mají přibližně 60-80 lm/W a  $R_a > 80$ . Jsou bez stroboskopického efektu. Tyto světelné zdroje musí být ale odstíněné, protože vysokofrekvenční elektromagnetické pole by způsobovalo rušení rádiových a televizních vln. Stínění se provádí Faradayovou klecí.

### Závěr

Předpokládáme, že v blízké budoucnosti budou mít větší význam světelné zdroje, které fungují na jiných než vzpomenutých principech, např. elektroluminiscenční zdroje světla apod. Předpokládáme, že výzkum odhalí možnosti využití fotobiologických jevů k osvětlování.

### Literatura:

- [3.1] *Plch, J.*: Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999.
- [3.2] *Habel, J.*: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995.
- [3.3] *Sokanský, K.*: Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor Publikace ČEA, Ostrava 2004.
- [3.4] *Smola, A.*: Súčasný trendy v svetelných zdrojoch. Kurz osvětlovací techniky XXIV, Ostrava 2005.

## 4. SVÍTIDLA

Svítidla jsou zařízení, které rozdělují, filtrují nebo mění světlo vyzařované jedním nebo více světelnými zdroji a obsahují, kromě světelných zdrojů samotných, všechny díly nutné pro upevnění a ochranu zdrojů a v případě potřeby pomocné obvody, včetně prostředků pro jejich připojení k síti.

### Světelně činné části svítidel slouží:

- ke změně rozložení, usměrnění nebo rozptýlení světelného toku svítidla,
- k omezení oslnění - omezení jasu svítidla v úhlu, pod kterým může být svítidlo vnímáno pozorovatelem,
- k filtraci – je schopen měnit spektrum vyzařované světelným zdrojem.

Konstrukční části svítidla slouží k upevnění zdroje, k upevnění světelně činných částí, ke krytí zdrojů i světelně činných částí před vniknutím cizích předmětů a vody, musí vyhovovat z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím. Svítidla musí splňovat podmínky jednoduché a snadné montáže, jednoduché údržby, dlouhého života a spolehlivosti. Kromě svítidel se ve světelné technice používají světlomety, které se od svítidel liší tím, že vyzařují směrově soustředěný svazek paprsků a používají se k osvětlování z velkých vzdáleností.

### 4.1. Světelně technické parametry svítidel

#### 4.1.1. Světelný tok svítidla

Světelný tok svítidla  $\Phi_{SV}$ , který je svítidlem opticky upraven, je dán rozdílem světelného toku všech zdrojů  $\Phi_Z$  umístěných ve svítidle a světelného toku ztraceného  $\Phi_{ZTR}$ , který se ztratil při optickém zpracování. Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku je znázorněno v Tab. 4.1.

#### 4.1.2. Účinnost svítidla

Účinnost svítidla charakterizuje hospodárnost svítidla a její hodnota je dána poměrem světelného toku svítidla ke světelnému toku zdrojů dle vztahu:

$$\eta_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_Z}, \quad [-; \text{lm}, \text{lm}] \quad (4.1)$$

kde

$\Phi_{sv}$  ... světelný tok svítidla

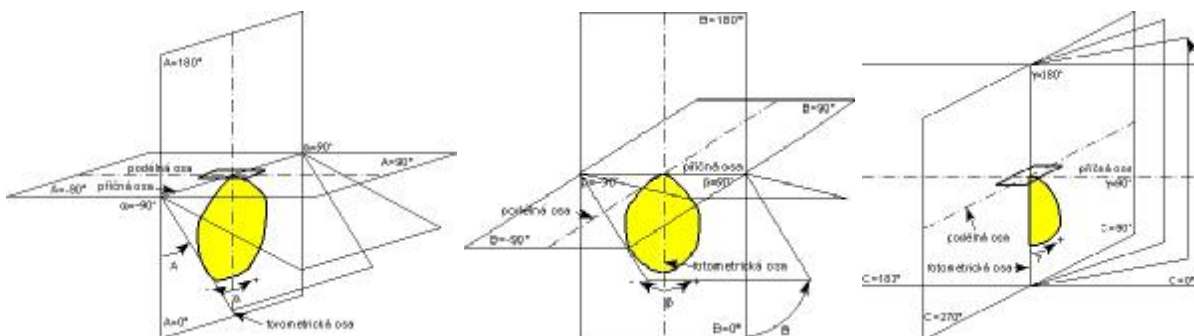
$\Phi_Z$  ... světelný tok všech zdrojů světla ve svítidle

Maximální účinnost by měl z tohoto hlediska holý světelný zdroj v objímce. Ten však není možné použít s ohledem na oslnění, nevhodné směřování vyzařovaného světelného toku a nedostatečnou ochranu ve většině případů před povětrnostními vlivy. Z hlediska maximálního využití dodávané elektrické energie je třeba dosahovat vysokých hodnot této veličiny. U běžných svítidel se pohybuje účinnost v rozmezí od 0,3 do 0,9.

### 4.1.3. Křivky svítivosti svítidel

Prostorové rozložení svítivosti svítidel je souměrné anebo nesouměrné. Souměrné rozložení může být rotační anebo souměrné k jedné anebo více axiálním rovinám.

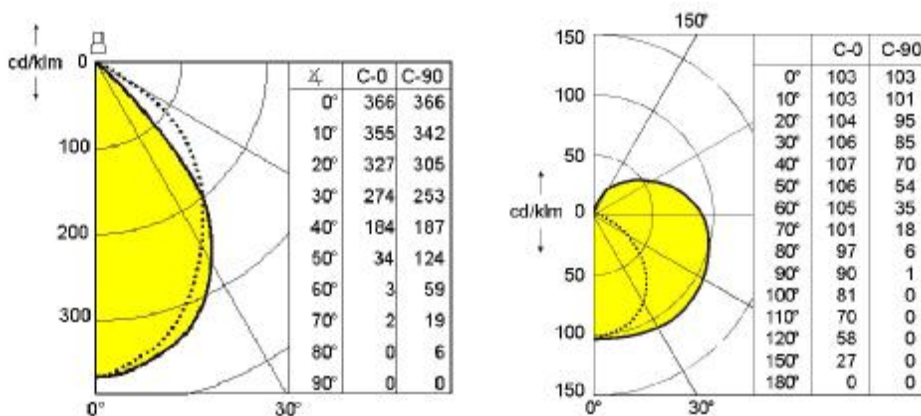
Svítivosti se udávají nejčastěji pomocí fotometrického systému C- $\gamma$ . U svítidel s rotačně symetrickou křivkou svítivosti postačí měřit a zobrazovat křivku v jedné fotometrické rovině. Rozložení svítivosti svítidel lze též znázorňovat pomocí izokandelového diagramu.



Obr. 4.1: Křivky svítivosti ve fotometrických systémech A- $\alpha$ , B- $\beta$ , C- $\gamma$

Pro vystižení tvaru čáry svítivosti svítidla se používá číselník tvaru křivky  $K_F$  a úhlové pásmo maximální svítivosti. Číselník tvaru křivky je dán poměrem maximální svítivosti  $I_{\max}$  a střední svítivosti  $I_{\text{stř}}$  dle vztahu:

$$K_F = \frac{I_{\max}}{I_{\text{stř}}} \quad [-; \text{cd}, \text{cd}] \quad (4.2)$$



Obr. 4.2 Příklady křivek svítivosti

Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti je uvedeno v Tab. 4.2.

#### 1.1.1 Jas svítidel

Jas svítidla je definován jako podíl svítivosti v daném směru a velikosti průmět svítící plochy do roviny kolmé k uvažovanému směru viz vztah (4.3).

$$L_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}}{A \cdot \cos \gamma}, \quad [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^2] \quad (4.3)$$

kde

$I_{\gamma}$ ... je svítivost svazku světelných paprsků (svítící plochy)

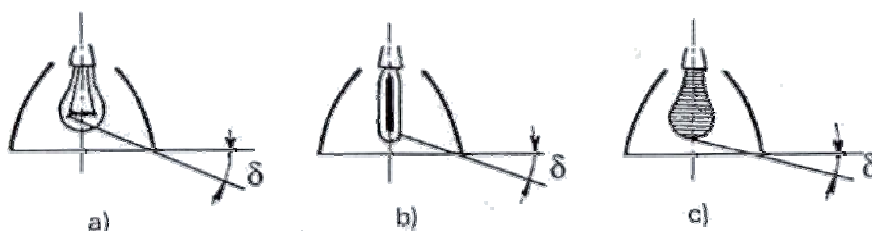
$A$ ... je velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem

$\gamma$ ... je úhel mezi normálou plochy a směrem radiusvektoru  $I_{\gamma}$

U svítidel pro osvětlování vnitřních prostorů se pro kontrolu na oslnění udávají často jasy v kritické oblasti úhlů od 45 ° do 85 ° ve vodorovném směru pohledu.

#### 4.1.4. Úhel clonění

Patří sem především úhel clonění  $\delta$ , který udává míru zaclonění světelného zdroje svítidlem. Je to nejmenší ostrý úhel mezi vodorovnou rovinou a přímkou spojující okraj svítidla se světelným zdrojem. U čiré žárovky je to její vlákno, u opálové zářivky nebo výbojky je to povrch baňky.



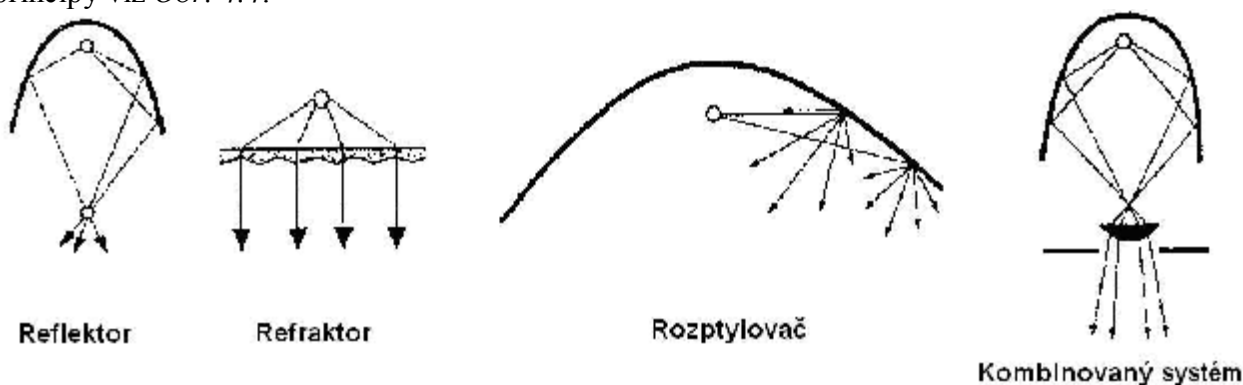
- žárovkové
- výbojkové s čirou baňkou
- výbojkové opatřené luminoforem nebo s opálovou žárovkou

Obr. 4.3: Úhel clonění u svítidla.

Doplňkový úhel do 90° k úhlu clonění se nazývá úhel otevření svítidla.

#### 4.2. Základní principy usměrnění světelného toku

U většiny svítidel se k usměrnění světelného toku světelných zdrojů používají následující principy viz Obr. 4.4.



Obr. 4.4: Základní typy světelně aktivních ploch

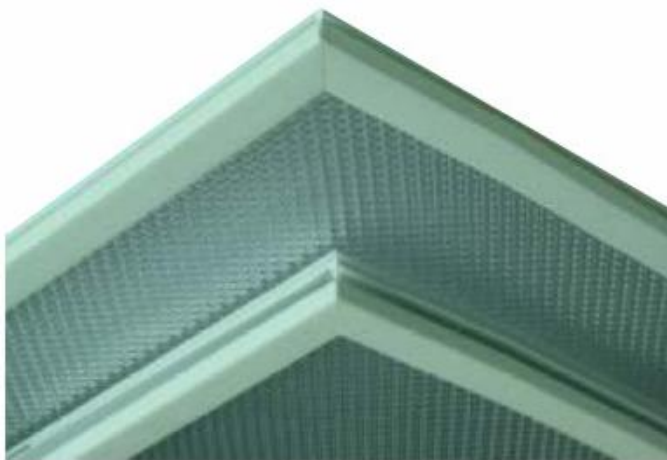
### 4.2.1. Reflektory

Reflektory vyžívají k usměrnění světelného toku zrcadlový odraz. Převážně se k těmto účelům používá vysoce čistý hliník (99,8%) s povrchovou úpravou zaručující odraznost až 95%.

Pro konstrukci reflektorů se hojně využívá i tzv. difuzních povrchových úprav s různou hodnotou difuzní složky. Tyto materiály na rozdíl od hladkých materiálů se používají tam, kde není potřeba vysoké přesnosti při výrobě reflektorů při zachování vysoké odraznosti reflektoru.

### 4.2.2. Refraktory

Zde se neusměrňuje světelný tok pomocí odrazných vlastností použitých materiálů, nýbrž díky jejich propustným vlastnostím.



*Obr. 4.5: Příklad použití refraktoru*

Jejich konstrukce je zaměřena na usměrnění světelného toku na principu lomu světla tak, aby byla dosažena požadovaná křivka svítivosti.

Z nejpoužívanějších materiálů je nutné zmínit PMMA (polymetalakrylát), který má sice vysokou propustnost ovšem ne zcela vyhovující mechanické vlastnosti. Z tohoto důvodu se nejčastěji používá PC (polykarbonát) jehož propustné vlastnosti jsou o cca 10% horší, ale mechanické vlastnosti pro konstrukci svítidel jsou mnohem příznivější. Propustnost těchto materiálů však závisí na jejich tloušťce a nelze ji korektně vyčíslit.

### 4.2.3. Rozptylovače

Využívají k usměrnění světelného toku difuzního odrazu. Stejně jako u zrcadlového odrazu se k těmto účelům používá vysoce čistý hliník (99,8%) s povrchovou úpravou vytvářející difuzní odraz.

Za materiály s difuzním odrazem se považují ty, které odrážejí 60 - 90% dopadajícího světelného toku. Nejlepší materiály s difuzním odrazem dosahují podobně jako materiály se zrcadlovým odrazem vysokou celkovou odraznost až 94%.





Obr. 4.6: Používané materiály pro reflektory a rozptylovače

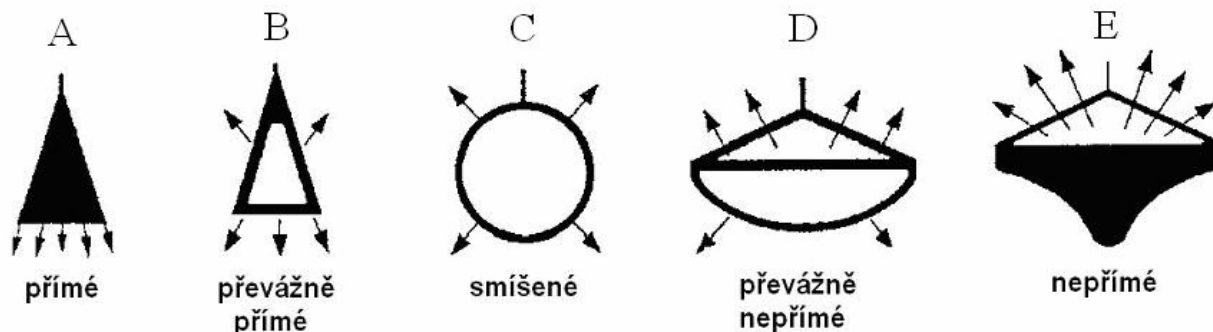
### 4.3. Třídění svítidel

Svítidla je možné rozdělit do skupin podle jejich vlastností, přičemž lze volit různá kritéria. Podle použitého světelného zdroje rozeznáváme svítidla žárovková, zářivková, výbojková, popř. i jiná. Podle oblasti použití je možné rozlišit svítidla vnitřní a venkovní.

Podstatou třídění svítidel jsou jejich světelně technické vlastnosti. Nejjednodušší světelně technické třídění svítidel je třídění podle CIE, založené na prostorovém rozložení světelného toku do horního a dolního poloprostoru. Podrobně je uvedeno v Tab. 4.1.

Tab. 4.1: Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

Označení svítidla	Světelný tok do dolního poloprostoru (%)	Světelný tok do horního poloprostoru (%)	Značení podle DIN 5040
přímé	90 až 100	0 až 10	A
převážně přímé	60 až 90	10 až 40	B
smíšené	40 až 60	40 až 60	C
převážně nepřímé	10 až 40	60 až 90	D
nepřímé	0 až 10	90 až 100	E



Obr. 4.7: Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

Pro rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti se v praxi používá několik způsobů. Například třídění podle tzv. BZ - klasifikace svítidel. Svítidla jsou rozdělena podle tvaru křivek svítivosti do 10 tříd, jak je zřejmé z Tab. 4.2.

**Tab. 4.2: BZ - klasifikace svítidel**

Označení	Tvar křivky svítivosti
BZ 1	$I_\gamma = I_0 \cos^4 \gamma$
BZ 2	$I_\gamma = I_0 \cos^3 \gamma$
BZ 3	$I_\gamma = I_0 \cos^2 \gamma$
BZ 4	$I_\gamma = I_0 \cos^{1,5} \gamma$
BZ 5	$I_\gamma = I_0 \cos \gamma$
BZ 6	$I_\gamma = I_0 (1 + 2\cos \gamma)$
BZ 7	$I_\gamma = I_0 (2 + \cos \gamma)$
BZ 8	$I_\gamma = \text{konst.}$
BZ 9	$I_\gamma = I_0 (1 + \sin \gamma)$
BZ 10	$I_\gamma = I_0 \sin \gamma$

Toto třídění do jisté míry odpovídá i způsobu podle dřívějších čs. norem. Jde o zařazení svítidel podle tabulky do 7 typů, přičemž je dáno úhlové pásmo, v němž může ležet maximum svítivosti, a pro každý typ též číselný tvar křivky svítivosti.

**Tab. 4.3: Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti**

Tvar křivky svítivosti		Úhlové pásmo maximální svítivosti [°]	Číselný tvar křivky svítivosti
označení	název		
a	koncentrovaná	0 až 15	$K_F \geq 3$
b	hluboká	0 až 30, 150 až 180	$2 \leq K_F < 3$
c	kosinusová	0 až 35, 145 až 180	$1,3 \leq K_F < 2$
d	pološiroká	35 až 55, 125 až 145	$1,3 \leq K_F$
e	široká	55 až 85, 95 až 125	$1,3 \leq K_F$
f	rovnoměrná	0 až 180	$K_F \leq 1,3$ , přičemž $I_{\min} > 0,7 I_{\max}$
g	sinusová	70 až 90, 90 až 110	$1,3 < K_F$ , přičemž $I_{\min} < 0,7 I_{\max}$

Rozdělení svítidel podle elektrotechnických vlastností odpovídá elektrotechnickým předpisům. Podle ochrany před nebezpečným dotykovým napětím tak lze v souladu s ČSN 34 1010 a 36 0000-1 rozlišit svítidla třídy 0, I, II a III.

- Třída 0 má pouze základní izolaci, to znamená, že nemá prostředky na připojení ochranného vodiče.
- Třída I znamená, že svítidlo má prostředek pro připojení vodivých částí na ochranný vodič.
- Třída II obsahuje jako ochranu před nebezpečným dotykem dvojitou nebo zesílenou izolaci.
- Třída III označuje svítidla na bezpečné napětí.

Svítidla musí být konstruována tak, aby jejich živé části nebyly přístupné, ani když je svítidlo otevřené za účelem výměny světelných zdrojů nebo předřadníků. Ochrana před úrazem elektrickým proudem musí být zachována při všech způsobech montáže a polohách svítidla.

Pro krytí svítidel platí ČSN EN 60 529 (33 0330), podle níž se druh krytí svítidla označuje zkratkou IP (International Protection) a dvojčíslím. První číslice (od 0 do 6) vyjadřuje ochranu před nebezpečným dotykem živých nebo pohybujících se částí a před vniknutím cizích předmětů, druhá (od 0 do 8) ochranu před vniknutím vody. Nejmenší krytí svítidel na nízké napětí je IP 20. Pro venkovní prostředí je třeba krytí před deštěm, tedy alespoň IP 23. Krytí IP 54 je běžné krytí svítidel proti stříkající vodě. Konstrukčně obdobně jsou tvořena svítidla s krytím IP 65, která však mají mnohem vyšší užitnou hodnotu. Vyšší ochrana proti vniknutí prachu a vody znamená prodloužení života optického systému svítidla a snížení nákladů na jeho údržbu (čištění).

Použití svítidel do určitého prostředí je dáno hlavně normou ČSN 333310. Zvláštní kategorii tvoří svítidla v nevybušném provedení, která se mohou používat v prostorech s nebezpečím výbuchu, např. v dolech.

**Tab. 4.4: Význam číslic pro krytí svítidel - kód IP**

První číslice	Stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a vniknutím cizích předmětů	Druhá číslice	Stupeň ochrany před vniknutím vody
0	bez ochrany	0	bez ochrany
1	před vniknutím pevných těles větších než 500 mm (hřbetu ruky)	1	před svisle kapající vodou
2	před vniknutím pevných těles větších než 12,5 mm (prstu)	2	před kapající vodou při sklonu 15°
3	před vniknutím pevných těles větších než 2,5 mm (jemného nástroje)	3	před dopadající vodou při sklonu 60° (déšť)
4	před vniknutím těles větších než 1 mm (drátu)	4	před stříkající vodou (z libovolného směru)
5	před prachem (částečně, prach však nemůže narušit funkce svítidla)	5	před tryskající vodou (tj. tlakovou vodou)
6	úplně před prachem	6	před intenzivně stříkající vodou
		7	při dočasném ponoření (při určeném tlaku a čase)
		8	při trvalém ponoření

Podle požární bezpečnosti se svítidla dělí na ta, která jsou určena pro bezprostřední montáž na hořlavý materiál a svítidla pro montáž na nehořlavý materiál.

#### 4.4. Konstrukční prvky svítidel

Konstrukční prvky a materiály, používané pro všechny druhy svítidel, mají splňovat ještě další požadavky:

- světelná stálost,
- teplotní stálost,

- odolnost proti korozi,
- mechanická pevnost.

Světelná stálost je důležitou veličinou, která určuje u mnoha materiálů jejich život. Stálým působením světelného a ultrafialového záření, zesíleného teplem a vlhkostí dochází k trvalým změnám, např. žloutnutí, vybělení, zkřehnutí, tvoření trhlin nebo praskání.

Teplotní stálost konstrukčních prvků má zvláštní význam, protože provozní teploty na svítidle dosahují často hodnot na hranicích přípustnosti. Pokud jsou tyto hodnoty překročeny, dochází k trvalým změnám, např. k deformaci, zkřehnutí, zuhelnění a praskání - tvoření trhlin.

Odolnost kovů proti korozi musí být zajištěna účelnou povrchovou ochranou, která mimoto ovlivní ještě vzhled a světelně technické vlastnosti materiálu. Aby bylo vyhověno přípustným podmínkám použití, požadovaným světelnětechnickým parametrům a estetickým požadavkům, používají se následující povrchové úpravy: lakování, poniklování, pochromování, emailování, pozinkování, kadmiování, nanášení umělých hmot, leštění a eloxování. U plastů je odolnost proti korozi zaručena, a proto nevyžadují dodatečná opatření.

Mechanická pevnost je mírou stability konstrukčních prvků, především u plastů a křemenných skel. Vlivem záření, tepla, chladu a vlhkosti se může změnit mechanická pevnost, a tím i spolehlivost svítidla.

#### **Konstrukční prvky se dělí na:**

- světelnětechnické (světelně činné),
- elektrotechnické,
- mechanické.

#### **K používaným odrazovým materiálům světelně činných částí se používají:**

- skleněná zrcadla,
- lakované povrchové plochy,
- opálová světlo rozptylující skla,
- plasty nebo tkaniny.

#### **Používají se tyto propustné materiály světelně činných:**

- křemenné sklo (čiré sklo, ornamentní sklo, opálové sklo, matované sklo, refraktorové sklo),
- světlo - propouštějící plasty,
- světlo - propouštějící tkaniny.

Elektrotechnické části svítidel slouží k připojení, upevnění a provozu světelných zdrojů a svítidel. Patří sem: objímky žárovek, vypínače, zásuvky a vidlice, vnitřní vedení vodiče, vnější vedení, připojovací a propojovací svorky, svítidlová krabice, předřadné přístroje, zapalovač, kondenzátory. Jednotlivé části musí odpovídat použitým světelným zdrojům. Použitím jiných světelných zdrojů se mění i připojovací podmínky.

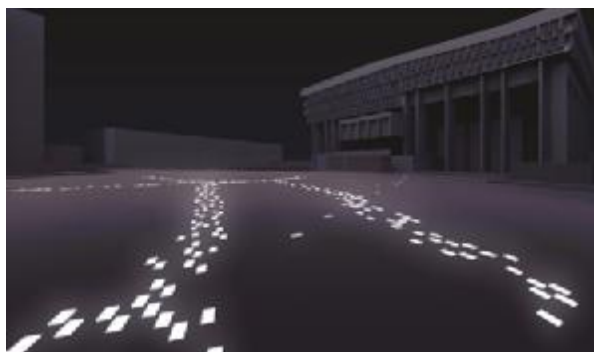
Mechanické části svítidel slouží jako ochranné nebo nosné části světelných zdrojů a světelně technických a elektrotechnických konstrukčních prvků. Podstatné konstrukční díly svítidel,

keré se počítají k mechanickým konstrukčním prvkům, jsou: ochranná skla, ochranná mříž, nosná konstrukce, zaostřovací zařízení, závěsy, upevňovací části, vidlice, klouby a stojany pro svítidla pro místní osvětlení. Protože jednotlivé díly mají velmi rozdílný význam a jsou různě zatíženy, najdou zde použití různé materiály. Svítidla musí mít potřebnou mechanickou pevnost a musí být odolná vůči korozi, vyhovět předepsaným oteplovacím zkouškám a být elektromagneticky slučitelná.

#### 4.5. Racionalizační trendy v oblasti svítidel

Trendy a budoucí vývoje v oblasti svítidel venkovního osvětlování se týkají nejen světelné techniky, ale i dalších souvisejících oborů. Na začátku je vhodné si uvědomit co svítidla představují a jaký byl jejich vývoj. V minulosti byla svítidla v podstatě schránkou pro primární zdroj světla (olej, dřevo), která umožňovala zdroj světla přemísťovat, případně upevňovat a následně sloužila i jako ochrana před vlivy okolí. Podle dostupných informací však k trvalejšímu technickému pokroku dochází až se zaváděním plynového a elektrického osvětlení, kdy svítidla začínají plnit i další funkce. Slouží k usměrnění světelného toku zdrojů, umožňují měnit intenzitu osvětlení, barvu světla a další parametry.

Lze předpokládat, že vývoj venkovních svítidel bude pravděpodobně ovlivněn odlišnými vizemi o budoucích podobách osvětlovaných prostorů. Může to být například vize, která se objevuje u architektů a projektantů a spočívá v tom, že prostor, předměty nebo plochy jsou osvětleny, aniž bychom vnímali vlastní svítidla a případně i směr, ze kterého světlo přichází. Této vizi se blíží systém svítících stropů, stěn případně komunikací (viz. *Obr. 4.8*)



*Obr. 4.8, Dream Gate, M.Steinberg, výstava Dream Light*

V oblasti venkovního osvětlení bude vývoj ve vzdálené budoucnosti v jisté míře ovlivněn vývojem a podobou měst, řešením městských komunikací i vývojem dopravních prostředků. Například může dojít k úplnému oddělení automobilové a pěší dopravy situováním dopravních komunikací pod úroveň měst. Celkově vzato je však taková budoucnost příliš vzdálená, aby bylo možné odhadnout technologický vývoj v oblasti světelných zdrojů, materiálů a v dalších oblastech souvisejících s vývojem svítidel. Lze tedy spíše popsat trendy a vize, které mohou podobu svítidel a osvětlovacích soustav ovlivnit než popsat svítidla vlastní.

Současný vývoj svítidel byl ovlivněn nejen technologickým pokrokem, ale také řadou vnějších impulsů. Jedním z důležitých impulsů byly energetické krize, která ovlivnily myšlení lidí a jejich pohled na hospodaření s energií a na její účinnější využívání. To přineslo rychlejší rozšíření nových světelných zdrojů s vyššími měrnými výkony a delší dobou života i návrhy účinnějších optických systémů. Dalším impulsem, který se objevil začátkem 90, představují diskuse o mimovizuálních vlivech osvětlení na své okolí. Jde nejen o vlivy na člověka, na

faunu a flóru, ale i o problematiku týkající se podmínek pro astronomická pozorování. Pokud se budeme pokoušet odhadnout vývoj svítidel v horizontu několika let až desítek let, je nejprve třeba se pokusit nalézt a popsat oblasti a odvětví, která mohou tento vývoj ovlivnit. Pravděpodobně hlavními oblastmi budou:

- technický a technologický vývoj
- osvětlení a jeho vliv na okolí
- výzkum v oblasti zrakového vjemu

## TECHNICKÝ A TECHNOLOGICKÝ VÝVOJ

### Svítidla

Na vlastní podobu svítidel bude mít výrazný vliv vývoj v oblasti materiálů. V současné době je stále více dílů svítidel a v řadě případů i celá svítidla vyráběna z hliníku nebo plastických hmot. Jedním z hlavních důvodů je relativně snadná výroba i poměrně složitých tvarů. V oblasti optických systémů je jedním z trendů používání plastových pokovených reflektorů. Z pohledu technických parametrů se, hlavně u venkovních svítidel, neustále zvyšuje jejich krytí, které ovlivňuje stálost světelně technických parametrů svítidel. U venkovních svítidel se zavádí nové hodnocení mechanické odolnosti svítidel. Při návrzích svítidel se bere v úvahu snadná montáž, údržba i připojení. Důležitým trendem je též zvyšování celkové bezpečnosti svítidel. Například řada nových svítidel je již vyráběna v izolační třídě II. Venkovní zemní svítidla se například navrhuje s ohledem na doporučení týkající se maximální povrchové teploty čelního skla. Tyto parametry budou ovlivňovat celkové technické řešení svítidel. S novým pohledem na funkci a vzhled městských částí se začíná stále více uplatňovat estetické hledisko, které ovlivní vzhled venkovních svítidel.

Využití svítících diod ve všeobecném osvětlování s největší pravděpodobností velmi významně ovlivní konstrukci svítidel. Použití reflektorů pro úpravu rozložení světelného toku svítidel ztratí význam, neboť u svítících diod je světelný tok již usměrněn. Způsob vyzařování bude možné ovlivnit použitými typy svítících diod, jejich polohou a nasměrováním. Použití čoček a refraktorů v optických systémech svou funkci pravděpodobně neztratí naopak možná bude mít větší využití než u svítidel pro běžné světelné zdroje. Využití svítících diod umožní nejen měnit intenzitu osvětlení, teplotu chromatičnosti a barvu světla, ale teoreticky bude možné měnit i vyzařovací charakteristiky, spínáním diod rozdělených do různých skupin. Vzhledem k tomu, že svítící diody pracují na malém napětí bude poměrně snadné jejich použití v kombinaci s akumulátorovými články, například v systémech nouzového světlení nebo se systémem fotovoltaických článků.

### Předřadné přístroje

V oblasti předřadných přístrojů se předpokládá široké nasazení elektronických předřadníků. Zatímco u vnitřních svítidel se používání elektronických předřadníků u zářivkových svítidel, a postupně i u výbojkových svítidel, stává standardem, u venkovních svítidel je použití elektronických předřadníků zatím jen ojedinělé. Přesto se již začínají objevovat i první stmívatelné elektronické předřadníky pro sodíkové výbojky o výkonech 70 a 150 W. Dalším trendem v oblasti předřadníků je používání tzv. adaptabilních předřadníků. Ty umožňují jednak připojení zátěže v určitém výkonové rozsahu (15 – 80 W), a připojení k napájecí síti s určitých napětíovým a frekvenčním (50 – 60 Hz) rozsahem. Letošní novinkou je elektronický stmívatelný předřadník, který umožňuje připojení jak digitálního, tak analogového řídicího signálu. Další inovací pro oblast výbojových zdrojů budou elektronické

předřadníky umožňující připojení různých typů světelných zdrojů (sodíkové výbojky, halogenidové výbojky). Pokud jde o vliv vývoje v oblasti předřadných přístrojů na vlastní svítidla, pak bude hlavně ve snížení hmotnosti svítidel a ve zmenšení rozměrů. Hlavní vliv předřadných přístrojů bude na osvětlovací soustavu jako celek, který souvisí s jejím ovládním.

### **Napájení a ovládání**

U venkovního, respektive veřejného osvětlení může systém napájení a ovládání velmi výrazně ovlivnit podobu venkovních svítidel i celé osvětlovací soustavy. První systémy venkovního osvětlení ve městech měly zdroje energie (olej, dřevo) umístěny ve svítidlech, které bylo třeba pravidelně doplňovat. Svítidla bylo třeba také individuálně rozsvěcet a zhasínat. Se zavedením plynového a následně elektrického osvětlení bylo napájení a ovládání jednotlivých svítidel zajištěno centrálně. Nevýhodou centrálního napájení je závislost jednotlivých prvků systému na centrálním zdroji. Centrální ovládání je naopak výhodné. Optimálním řešením u budoucích osvětlovacích soustav veřejného osvětlení by bylo oddělení systému napájení a systému ovládání. Individuální napájení jednotlivých svítidel by odstranilo závislost na centrálním napájení. Toto individuální napájení by mohly zajišťovat fotovoltaické články ve spojení s akumulátorovými články. V současné době se již také objevují svítidla s větrnými turbínami (Tuusniemi Ecological Housing Project, Finsko), které pracují ve spojení s akumulátorovými články. Na druhé straně centrální dálkové ovládání by umožnilo začlenit do celého systému ovládání řadu snímacích prvků a čidel (hustota dopravy, hladina osvětlenosti a jasu, pohyb osob). Získané informace, by pak umožňovaly analyzovat aktuální podmínky a nastavit světelně technické parametry soustavy, dle okamžité potřeby.

### **OSVĚTLENÍ A JEHO VLIV NA OKOLÍ**

Vliv osvětlení na okolní prostředí lze vnímat ve dvou rovinách. Z hlediska primárního, bezprostředního vlivu jde o vliv na člověka, zvířata i rostliny. Z pohledu sekundárního pak jde o výrobu elektrické energie pro osvětlení a o její efektivní využívání. Na začátku 90. let 20. století se rozšířila diskuze, původně vyvolaná astronomy, o rušivých vlivech veřejného osvětlení na okolí. Tato diskuze přinesla řadu námětů a výrazně ovlivnila myšlení projektantů, architektů, světelných techniků i výrobců svítidel. Hlavním tématem této diskuse je nalézt způsob osvětlení, který by měl minimální rušivý vliv na své okolí. V rámci této diskuse vznikly následující teze:

- svítit pouze tam, kde je třeba
- svítit v nezbytně nutné míře
- svítit po dobu nezbytně nutnou
- využít nejúčinnější technické prostředky

Diskuse o těchto tématech již ovlivnila a pravděpodobně ještě dále ovlivní nejen vývoj nových optických systémů a clonícího příslušenství, ale i přístup k návrhům osvětlovacích soustav. Mezi sekundární vlivy patří negativní vlivy, spojené s výrobou elektrické energie pro osvětlení. Vzhledem k dlouhodobému trendu týkající se účinného využívání energií bude i v oblasti osvětlení tlak na snižování energetické náročnosti. To by v budoucnu mohl být jeden z impulsů pro zavedení venkovních svítidel napájených z vlastních fotovoltaických článků. Velký důraz bude také kladen na ekologickou likvidaci světelných zdrojů i dožilých prvků osvětlovací soustavy. To bude ovlivňovat nejen technologii výroby světelných zdrojů, ale také volbu materiálů pro výrobu vlastních svítidel.

## VÝZKUM V OBLASTI ZRAKOVÉHO VJEMU

V několika posledních desetiletích bylo osvětlení vnímáno z pohledu energie. V tomto celém období byla primárně řešena otázka, jak navrhnout osvětlení, abychom dosáhli co nejnižších provozních nákladů a spotřeby elektrické energie. Tento přístup snad ani nebyl chybný, ale v jeho důsledku, bohužel, došlo při návrhu osvětlování k přesunu pozornosti od potřeb člověka k energetickým veličinám. Přitom hlavním cílem při návrhu osvětlení je zajistit dobré pracovní podmínky, pocit pohody nebo dobrého zrakového vjemu. To si v dnešní době uvědomují odborníci nejen z oboru osvětlování. Otázkou je, jakým způsobem a podle čeho takového osvětlení navrhnout. Nové výzkumy ukazují že světlo má daleko větší význam, než jen zprostředkování zrakového vjemu. V lidském oku se vedle běžného fotosenzorického systému nachází i mimozrakový cirkadiánní sensorový systém, tvořený skupinami gangliových buněk, které jsou propojeny samostatnými nervovými spoji s mimozrakovými centry v mozku. Tento systém má vliv nejen na řízení hormonů a metabolismu, ale i na výkon člověka, na jeho zdraví a pohodu. Výzkum v této oblasti je teprve na začátku. Bude trvat řadu let než budeme schopni využít jeho výsledků v návrzích osvětlovacích soustav.

V oblasti venkovního osvětlení je otázka zrakového vjemu daleko komplikovanější. V současné době veškeré světelně technické výpočty vycházejí z podmínek fotopického vidění. V posledních několika letech se začaly objevovat studie, které zkoumají vliv spektrálního složení světla u venkovních osvětlovacích soustav v souvislosti s rozpoznáváním překážek a zrakovým výkonem. Studie ještě nejsou v konečné fázi s jednoznačnými výsledky. Ukazuje se však, že rozdíly v reakcích při různých typech světelných zdrojů existují. Proto se v současné době diskutuje o tom, jak vlastně člověk vidí v noci a jakým způsobem tento proces popsat, a v souvislosti s tím, jak venkovní osvětlení navrhnout a jak měřit. Také v oblasti venkovního osvětlení se diskutuje otázka pohledu na návrh osvětlení a přístupu k tomuto návrhu. Řada odborníků souhlasí s názorem, že by bylo vhodné přejít od systému hodnocení v hodnotách jasů a osvětlení k systému hodnocení viditelnosti, který by lépe vystihoval to, jak člověk opravdu vnímá a vidí své okolí. Odhadnout dopady výsledků výzkumu v této oblasti na vývoj svítidel je poměrně obtížné. Dá se snad předpokládat, že by tato oblast mohla mít vliv na clonění svítidel a na kontrolu povrchových jasů světelně činných částí svítidel. Současně by výsledky mohly vést k širšímu využití biodynamických systémů osvětlení.

## ZÁVĚR

Na základě rozboru možného vývoje svítidel si lze při jisté dávce fantazie vytvořit představu o jedné z možných podob venkovního svítidla budoucnosti. Díky rychlému technickému vývoji v oblasti světelných zdrojů bude svítidlo osazeno světelným zdrojem typu LED. Každé svítidlo bude vybaveno fotovoltaickým článkem a baterií, které zajistí napájení svítidla. Centrální dálkové ovládání bude umožňovat spínání a stmívání jednotlivých svítidel v závislosti na aktuální situaci na základě informací o jasu na komunikaci, hustotě provozu, čase atd. Předřadné systémy svítidel umožní nastavit barevný tón vyzařovaného světla. To bude sloužit pro odlišení důležitých komunikačních tahů, vyznačení změn v dopravě (objížďky, uzavírky atd.). Výhodou systému bude jeho nezávislost na centrálním napájení i na provozu ostatních svítidel. Tím odpadnou rozvody pro napájení veřejného osvětlení. Z pohledu údržby odpadne pravidelná výměna světelných zdrojů jelikož doba života zdrojů LED je stejná jako předpokládaná životnost vlastní osvětlovací soustavy. Vzhledem k vlastnímu energetickému zdroji, by součástí svítidla mohly být i další prvky městského



---

mobiliáře, jako například parkovací automaty, automaty na lístky, hodiny, proměnné dopravní značky, jízdní řády s dálkovou aktualizací a další.

### **Literatura:**

- [4.1] *Plch, J.:* Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999.
- [4.2] *Sokanský, K.:* Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení. Publikace ČEA, Ostrava 2004.
- [4.3] *Habel, J., Žák P.:* Trendy ve vývoji svítidel. Kurz osvětlovací techniky XXIII, Ostrava 2004.
- [4.4] *Sokanský, K.:* Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor Publikace ČEA, Ostrava 2004.

## 5. VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ

### 5.1. Úvod

Na veřejných komunikacích a prostranstvích je nutno zabezpečit bezpečnost dopravy a ochranu majetku, spolehlivost, jakost a životnost zařízení VO, což znamená, že platné ČSN je nutno dodržovat i když jsou nezávazné. K tomu je nutné, aby objednatelé dokumentací a staveb (většinou MěÚ) při uzavírání smluv zajišťovali uplatňování ČSN a technických předpisů, tím se stávají závaznými pro dané dílo. Také správce a provozovatel VO, jako neopomenutelný účastník stavebního řízení pro stavby VO ve městě, musí dbát na respektování technických a provozních požadavků na VO.

### 5.2. Základní pojmy a členění

#### 5.2.1. Členění osvětlení

Pod pojmem "veřejné osvětlení" se obecně rozumí:

- osvětlení vnitřních částí měst a obcí
- osvětlení vnějších částí měst a obcí
- osvětlení parků
- osvětlení silnic, dálnic a vozovek se silnou dopravou
- osvětlení podjezdů a podchodů
- osvětlení tunelů
- osvětlení odstavných ploch (parkovišť apod.)
- slavnostní osvětlení (osvětlování významných budov, uměleckých děl, památek atd.).

Moderní urbanistické řešení vyžaduje další členění na:

- osvětlení sídlišť
- osvětlení obchodních čtvrtí nebo částí měst vyhrazených jen pro chodce (pěší zóny, pěší centrální oblasti měst)
- osvětlení základního komunikačního systému měst, mimoúrovňových křižovatek.

Každý z těchto druhů osvětlení je charakterizován účelem, kterého se osvětlením dosáhnout. Historicky nejstarším je činitel bezpečnosti. Již od středověku měli majitelé důležitých budov za povinnost opatřit fasády budov pochodněmi nebo jinými osvětlovacími prostředky a také toto osvětlení udržovat.

Rozvojem plynového a později elektrického osvětlení přibyl další sociální prvek, než je jen prostá bezpečnost osob a majetku, význam osvětlení pro zlepšení vzhledu města.

Vývoj rychlých dopravních prostředků, zejména osobních automobilů a jejich masový rozvoj i u nás, si vynucuje zásadní zlepšení všech činitelů vázaných na vozovku a její okolí.

#### 5.2.2. Základní prvky veřejného osvětlení

Veřejné osvětlení je mnohaprvkový provozní soubor, který lze rozdělit do tří zásadních částí:

- osvětlovací systém
- napájecí systém
- ovládací (řídící) systém

### ***Osvětlovací systém***

V tomto členění zahrnuje světelné zdroje, svítidla, nosné a podpěrné prvky (stožáry, výložníky, převěsy)

#### *Světelné zdroje*

Dominantní postavení ve světelných zdrojích pro veřejné osvětlení měst a obcí představují vysokotlaké sodíkové výbojky o výkonech 50, 70, 100, 150, 250, 400 W. V některých vyspělých státech, kde již bylo přikročeno i k osvětlování celistvých úseků dálnic a silnic s výlučně motoristickým provozem i vysoce výkonné nízkotlaké sodíkové výbojky. Pro správce je rozhodující posouzení velikosti světelného výkonu na instalovaný watt a život zdroje.

#### *Svítidla*

Je nutná odborná orientace správce v nepřeberném množství typů a druhů svítidel nejružnějších výrobců a dovozců. Kriterialem musí být především fotometrická účinnost (podíl světelného toku dopadajícího na vozovku a celkového světelného toku emitovaného zdrojem světla), stupeň krytí světelně-činné (optické) části svítidla (nutno požadovat IP 65, s uzavřenou optikou a výměnami zdrojů do objímky v bajonetovém uzávěru s filtrem, který umožňuje tzv. "dýchání" svítidel bez nasávání atmosférických nečistot, zabraňuje svým provedením zásahu "lidského faktoru" při údržbě - např. vypadnutí těsnící gumy - s následným znečištěním světelně-činné části hmyzem a spadem. Dalším kriteriem musí být kvalita předřadníku (tlumivka, zapalovač, odrušení, kompenzace)

#### *Nosné a podpěrné prvky*

V podstatě rozhodují o životnosti celého zařízení, proto je nutné vyžadovat atest výrobce. Je nutno používat výhradně stožáry se zesílenou ochrannou manžetou v místě vetknutí do země, případně stožáry přírubové, stožáry s nejdokonalejší povrchovou úpravou (nejlépe vnější i vnitřní žárové pokovení). Důležité je i správné provedení základu stožáru a vstupu kabelového napájení do něj.

### ***Napájecí systém***

Tvoří elektrický rozvod z napájecích rozváděčů, přičemž již hlavní přívodní kabel z distribuční transformovny rozvodných závodů je v majetku a správě VO. Rozvody zapínacích rozváděčů se v místech nejkratšího přiblížení větví propojují tzv. havarijní smyčkou - t.j. nezapojený kabel zaústěný do stožárových rozvodnic nejbližších sousedních stožárů různých zapínacích bodů. Problémem napájecího systému VO je možné přepětí v síti (zejména v noční době při odlehčení zatížení energetické sítě), které výrazně zkracuje život světelných zdrojů. Proto je v poslední době dán důraz na doplňování napájecího systému VO stabilizátory a současně napětíovými regulátory. Při jejich výběru hraje hlavní roli pořizovací ceny, spolehlivost, poměr výkonu regulátoru a skutečného rovnoměrně rozloženého instalovaného příkonu zapínacího rozváděče.

### ***Ovládací systém***

Má zajistit spolehlivé zapínání a vypínání podle spínacího kalendáře VO, případně regulaci a zpětnou kontrolu stavu (svítí - nesvítí), nejlépe z jednoho místa. Ovládání je zpravidla provedeno:

- samostatnými ovládacími kabely od hlavního zapínacího místa
- kaskádní spojením (zapnuté VO od posledního stožárů zapíná další rozváděč)
- systémem HDO
- časovými spínači (hodinami - méně vhodné, časté přestavování, velká tolerance časů)

- fotoelektrickým spínačem (při dobrém seřízení - vhodnější než spínací hodiny)
- ručním zapínáním a vypínáním (neužívá se v praxi)

Jsou již zkoušeny modernější způsoby ovládání VO - dálkovým způsobem, radiem, využitím počítačové sítě, telefonních linek apod. Je nutné posoudit místní podmínky a možnosti a zvolit nejvhodnější způsob pro danou oblast.

Výklad dosud platných norem ČSN 360400, 360410 připouští vícestupňovou regulaci osvětlení, ale pro první tři stupně osvětlení vyžaduje zachování celkové rovnoměrnosti 1 : 2,5, je mnohdy velmi svérázný a neodborný. Nelze si regulaci vykládat jako možnost vypínání osvětlovací soustavy (úseků, každý druhý stožár apod.), regulaci je možno provádět pouze snížením světelného toku zdrojů při současném snížení instalovaného příkonu svítidel. K tomu je nutné vybavit zapínací místa příslušným regulátorem napětí soustavy.

### 5.2.3. Základní názvosloví

Dle ČSN 36 0400 jsou uvedeny nejčastěji se vyskytující technické výrazy a popsán jejich smysl.

**Světelné místo** - je každý stavební prvek v osvětlovací soustavě (stožár, nástěnný výložník nebo převěs) vybavený jedním nebo více svítidly, nebo každé svítidlo v tunelech, průchodech apod.

**Zapínací místo** - je elektrický rozváděč, který slouží k napájení a spínání veřejného osvětlení v určité oblasti, případně, kde se měří spotřeba el. energie. V rozváděči může být i jiné zařízení pro ovládání a regulaci osvětlení.

**Světelný zdroj** - je zdroj záření určený pro přeměnu některé formy energie ve světlo (žárovka, zářivka, výbojka apod.)

**Svítidlo** - samostatné světelně-technické zařízení upravující světelný tok zdroje (jednoho nebo několika) k žádanému účelu. Obsahuje části potřebné k upevnění a ochranu světelných zdrojů a přívod energie k nim. Dále se dělí zejména na:

- výložníkové - k upevnění na výložník nebo podobnou konzolu
- dříkové (také sadové) - k upevnění svisle přímo na dřík stožáru
- převěsové - k upevnění na převěs.

**Osvětlovací soustava** - kompaktní soubor prvků tvořící funkční zařízení, které splňuje požadavky na úroveň osvětlení prostoru. Zahrnuje svítidla, podpěrné a nosné prvky, elektrický rozvod, rozváděče, ovládací systém.

**Osvětlovací stožár** - podpora, jejíž hlavním účelem je nést jedno nebo několik svítidel a který sestává z jedné nebo více částí: dříku, případně nástavce; případně výložníku

**Dříkový stožár** - stožár bez výložníku, který bezprostředně nese svítidlo (dříkové svítidlo).

**Jmenovitá výška** - vzdálenost mezi montážním bodem na ose vstupu výložníku (dříku stožáru) do svítidla a předpokládanou úroveň terénu u stožárů kotvených do země a nebo spodní hranou příruby stožáru u stožáru s přírubou.

**Úroveň vetknutí** - vodorovná rovina vedená místem vetknutí stožáru.

**Vyložení** - vodorovná vzdálenost mezi montážním bodem na ose vstupu výložníku do svítidla a osou stožáru (svislicí) procházející těžištěm příčného řezu stožáru v úrovni terénu.

**Výložník** - část stožáru, která nese svítidlo v určité vzdálenosti od osy dřívku stožáru; výložník může být jednoramenný, dvouramenný nebo víceramenný a může být připojen k dřívku pevně nebo odnímatelně.

**Úhel vyložení svítidla** - úhel, který svírá osa spojky (spojovací část mezi koncem dřívku nebo výložníku a svítidlem) svítidla s vodorovnou rovinou.

**Osvětlovací výložník** - výložník k upevnění svítidla na budovu, na výškovou stavbu nebo na jiný stožár než osvětlovací.

**Elektrická část stožáru (elektrovýzbroj)** - rozvodnice pro osvětlovací stožár (ve skřínce na stožáru, pod patičí, v prostoru pod dvířky bezpaticového stožáru) a elektrické spojovací vedení mezi rozvodnicí a svítidlem.

**Patice** - samostatná část osvětlovacího stožáru, která tvoří kryt elektrické výzbroje.

**Převěs** - nosné lano mezi dvěma objekty, na kterém je umístěno svítidlo.

### 5.3. Návrh veřejného osvětlení dle dosud platných norem ČSN

#### 5.3.1. Základní požadavky

Návrh veřejného osvětlení obsahuje tyto body:

- 1) zatřídění komunikace
- 2) přiřazení stupně osvětlení dané komunikaci
- 3) volba vhodného světelného zdroje a svítidla
- 4) návrh geometrických parametrů soustavy
- 5) kontrolní výpočet dosahované úrovně a kvality osvětlení
- 6) zpracování odpovídající dokumentace

#### 5.3.2. Zatřídění komunikace

Pro stanovení potřebné osvětlenosti respektive jasu je třeba nejprve provést zatřídění podle Tab. 5.1 normy ČSN 73 6110.

**Tab. 5.1 Zatřídění komunikací**

Třída	Charakteristika použití	Poloha v sídelním útvaru	Provoz
A1	rychlostní komunikace ve městech nad 250 tisíc obyvatel, průtah dálnic a rychlostních silnic ve městech nad 100 tisíc obyvatel, vazba na dálnice a rychlostní silnice	na hranici vyšších urbanistických celků	vyloučení přímého styku s okolním územím
A2	rychlostní komunikace ve městech nad 50 tisíc obyvatel, průtah rychlostních silnic ve městech nad 200 tisíc obyvatel, vazba na dálnice a rychlostní silnice	na hranici vyšších urbanistických celků	omezení přímého styku s okolním územím

<b>B1</b>	sběrné komunikace ve městech nad 20 tisíc obyvatel, průtah ve městech a střediskových obcích navazující na silnice I. a II. třídy	na hranici nižších územních útvarů	převážně dopravní význam, důraz na rychlost a omezení přímé obsluhy
<b>B2</b>	sběrné komunikace nižších obytných útvarů pro jejich obsluhu a průtahy silnic III. třídy nebo na ně navazující	mezi nižšími obytnými útvary	dopravní význam s částečnou přímou obsluhou
<b>C1</b>	městské třídy převážně společenského významu ve stávající zástavbě	obslužné osy městských útvarů	umožnění přímé obsluhy všech objektů
<b>C2</b>	obslužné komunikace doplňující spojení sběrných komunikací ve stávající a nové zástavbě	mezi nižšími obytnými útvary nebo uvnitř nich	umožnění přímé obsluhy všech objektů
<b>C3</b>	obslužné komunikace zpřístupňující objekty a území, ukončené někdy i slepě	uvnitř obytných útvarů	dtto
<b>D1</b>	pěší zóny	v historických a obchodních centrech	za stanovených podmínek povolena obslužná doprava, pěší ulice s vyloučením veškeré motorové dopravy
<b>D2</b>	cyklistické stezky, pruhy a pásy pro cyklistický provoz	neomezená	vyloučení nebo oddělení veškeré motorové dopravy
<b>D3</b>	stezky pro pěší, chodníky, průchody	dtto	dtto

Zatřídění komunikací je třeba konzultovat s referátem dopravy příslušného orgánu správa (okresní, krajský nebo obecní úřad), popřípadě se stavebním úřadem. Po zatřídění komunikací již lze stanovit požadavky na osvětlení komunikace podle tabulek č. 5.1 norem ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací a ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic, a to podle Změny č. 1 obou norem platných od 1.5.1992 (Tab. 5.2, Tab. 5.3).

### 5.3.3. Přiřazení stupně osvětlení

Zatřídění silničních a dálničních komunikací je provedeno dle ČSN 360411:

**Tab. 5.2 Základní světelně technické požadavky na osvětlení silnic a dálnic**

Stupeň osvětlení	Komunikace funkční třídy	Jas povrchu $L_p$ (cd.m <sup>-2</sup> )	Celková rovnoměrnost $L_{min} : L_p$ ( $E_{min} : E_p$ )	Podélná rovnoměrnost $L_{min} : L_{max}$ (hodnoty doporučené)	Stupeň oslnění
<b>I</b>	zvláště nebezpečné úseky silniční komunikace	1,6	1 : 2,5	1 : 1,4	1
<b>II</b>	dálnice a silnice I.třídy	0,8	1 : 2,5	1 : 1,4	1
<b>III</b>	silnice II.třídy	0,4	1 : 2,5	1 : 2	2
<b>IV</b>	silnice III. třídy	0,2	1 : 4	1 : 4	2

Zatřídění místních komunikací je provedeno dle ČSN 36 0410:

**Tab. 5.3 Základní světelně technické požadavky na osvětlení místních komunikací**

Stupeň osvětlení	Komunikace funkční třídy	Jas povrchu vozovky $L_p$ (cd.m <sup>-2</sup> )	Osvětlenost povrchu vozovky $E_p$ (lx)	Celková rovnoměrnost $L_{min} : L_p$ ( $E_{min} : E_p$ )	Podélná rovnoměrnost $L_{min} : L_{max}$ (hodnoty doporučené)	Stupeň oslnění
------------------	--------------------------	---	--	--	---	----------------

<b>I</b>	A2-rychlostní směr. nerozdělené B1-sběrné C1-obslužné	1,6	-	1 : 2,5	1 : 1,4	1
<b>II</b>	A1-rychlostní směr. nerozdělené A2-rychlostní směr. nerozdělené B2-sběrné směr. nerozdělené	0,8	-	1 : 2,5	1 : 1,4	1
<b>III</b>	B2-sběrné směr. nerozdělené C2-obslužné směr. nerozdělené	0,4	-	1 : 2,5	1 : 2	2
<b>IV</b>	C2-obslužné směr. nerozdělené C3-obslužné	-	4	(1 : 5)	-	2
<b>V</b>	D1-nemotoristické zklidňené kom. D2-nemotoristické cyklistické	-	2	(1 : 10)	-	-
<b>VI</b>	D3-nemotoristické pro pěší	-	0,1 <i>(min. hodnota v ose kom.)</i>	-	-	-

### 5.3.4. Oslnění a adaptační pásma

Oslněním se hodnotí dvojím způsobem:

- příslušný stupeň oslnění se stanoví podle omezení svítivosti použitých svítidel v rozsahu polorovin C0 až C15 a C165 až C180. Tento způsob hodnocení se používá ve většině případů
- stupeň oslnění se hodnotí podle relativního zvýšení prahu rozlišitelnosti  $k_r$ . V ČSN 36 0400, tab. 3 je uvedena maximální hodnota tohoto činitele. Toto hodnocení se používá ve zvláštních případech, např. osvětlení mimoúrovňových křižovatek za použití vysokých stožárů.

**Tab. 5.4** Stupeň omezení oslnění na silničních komunikacích

Stupeň oslnění	Maximální svítivost v polorovinách C0 až C15 a C165 až C180 v úhlu		Relativní zvýšení prahu rozlišení $k_r$ při	
	$g = 90^\circ$	$g = 180^\circ$	světlém okolí	tmavém okolí
<b>1</b>	10 cd na 1000 lm max. 500 cd	30 cd na 1000 lm max. 1000 cd	10%	10%
<b>2</b>	50 cd na 1000 lm max. 1000 cd	100 cd na 1000 lm max. 2000 cd	20%	20%

Adaptační pásma se zřizují na komunikacích, kde hlavním účelem veřejného osvětlení je osvětlení pro motorovou dopravu, jestliže rychlost pohybu vozidla je větší než 60 km/hod.

Norma stanovuje délky dílčích úseků adaptačních pásem i způsob jejich provádění, pro který platí tyto zásady:

- použití svítidel s menším příkonem, avšak se stejným typem světelných zdrojů
- prodloužení roztečí stožárů při zachování typu soustavy a závěsné výšky.

Adaptační pásmo zabezpečuje postupné snížení úrovně VO na hladinu průměrného jasu  $0,2 \text{ cd.m}^{-2}$ , při které již výjezd do tmy nečiní oku řidiče větší problémy.

Adaptační pásma ve městě – vjezdů a výjezdů k obchodním centrům:

Jasy rozdílně osvětlených úseků komunikace jsou v poměru větším než 1 : 10, investoři supermarketů požadují na výjezdě intenzitu osvětlení 100 lx, navazující komunikace je dimenzována na prům. osvětlenost 4 lx. Je nutno zvolit adaptační pásmo. Správce VO při schvalování PD výše uvedené stavby musí požadovat doložení výpočtu VO ve všech místech navazující komunikace na vjezd či výjezd parkoviště nové stavby obchodního centra.

### **5.3.5. Geometrie osvětlovací soustavy, stožáry**

#### ***Rozdělení komunikací***

- na směrově rozdělené a směrově nerozdělené
- na jednosměrné a obousměrné
- podle počtu dopravních pruhů na dvou, tří, čtyř a šestipruhové

#### ***Soustavy***

- osová
- jednostranná
- vystřídáná
- párová

#### ***Stožáry, svítidla, světelné zdroje***

Osvětlovací stožáry jsou typové. K závěsné délce stožáru je nutno navrhnout výložník, délka vyložení je normalizována dle ČSN 34 8340. Sklon výložníku je zpravidla vodorovný, max. úhel vyložení 4°, na toto vyložení jsou konstruována svítidla pro VO, jejich konstrukce zaručuje, že řidič nebude oslněn zdrojem při obvyklém směru pohledu. Nakloněním svítidla nedochází k podstatnému zvýšení rovnoměrnosti, klesá však průměrná intenzita osvětlení a zvyšuje se riziko oslnění. Volba svítidel a zdrojů viz kap. 2.3 a 2.4.

### **5.3.6. Doporučení pro osvětlení důležitých a nebezpečných míst**

#### ***Oblouky***

Oblouky o poloměru 1000 m a více lze osvětlovat stejně jako přímé úseky komunikace. U menších poloměrů v jednostranné soustavě mají být svítidla z důvodu optického vedení umístěna na vnějším obvodu ve zkrácených roztečích.

#### ***Úrovňové křižovatky***

Platí zásada, že bez ohledu na typ soustavy na navazující komunikaci, umísťuje se vždy svítidlo po levé straně vozovky, zhruba 3 m před ohybem křižovatky. Křižovatka se osvětluje na stupeň osvětlení odpovídající nejvyššímu stupni osvětlení komunikací ústící do křižovatky. Pokud nastane případ, že se kříží dvě komunikace, jejichž osvětlení se liší víc než o 1 stupeň, musí se na méně osvětlené komunikaci provést na úseku v délce minimálně 1 prvku osvětlovací soustavy zvýšení osvětlení tak, aby byla zaručena adaptace lidského oka.

#### ***Mimoúrovňové křižovatky***

Při osvětlování z vysokých stožárů se stupeň oslnění hodnotí podle relativního zvýšení prahu rozlišitelnosti. Uspořádání světelných míst má vytvářet správné optické vedení řidiče a nezakreslovat představu o uspořádání křižovatky.

#### ***Železniční přejezdy***

Přejezdy mají zpravidla v místě křížení s komunikací jiný povrch než je na komunikaci a proto nelze při výpočtu uvažovat o jasových hodnotách. Dle ČSN 36 0410, čl. 3.6.4. se



požaduje, aby na přejezdech byla dosahována stejná intenzita osvětlení jako na navazující komunikaci. U přejezdů nepřesahujících šířkou rozteč soustavy, není potřebné provádět zvláštní opatření, pouze u mnohakolejových přejezdů je nutno přilehlá místa posílit.

#### ***Osvětlení zastávek MHD***

V prostoru zastávky má být zajištěna průměrná intenzita osvětlení 8 lx, při rovnoměrnosti osvětlení 1 : 3. Na komunikacích vyšších stupňů osvětlení je automaticky tato intenzita zaručena. Pro dobrou orientaci řidiče MHD se doporučuje posílit osvětlení v místech zastávek o 50%.

#### ***Přechody pro chodce***

Na komunikacích je provozováno veřejné osvětlení na principu negativního kontrastu. Tento způsob osvětlení je tedy potřebné podporovat i v místě přechodu, tzn. neumísťovat svítidlo těsně před přechod nebo nad něj, což zbytečně zvyšuje osvětlení chodce a vyrovnává tak kontrast s pozadím. Vzhledem k zákonu č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích je nutno věnovat zvýšenou pozornost osvětlení přechodů pro chodce - při návrhu osvětlovací soustavy umísťovat stožáry VO ke stávajícím přechodům dle výše uvedených zásad, při budování nových přechodů respektovat stávající soustavy VO, případně navrhnout posílení stávajícího VO.

Tento požadavek nelze požadovat dodatečně na správci VO, již při návrhu nových osvětlovacích soustav a také nových přechodů pro chodce je nutno učinit potřebná opatření pro bezpečnou rozlišitelnost chodce. V rámci dokumentace nového přechodu pro chodce je nutno řešit i osvětlení přechodu. Návrh osvětlení přechodu je nutno odsouhlasit se správcem zařízení VO Ostravskými komunikacemi, a.s., souhlasné stanovisko je nedílnou součástí PD nového přechodu pro chodce.

## 5.4. Normy pro osvětlení pozemních komunikací a jejich aplikace

### 5.4.1. Aktuální stav

V dubnu roku 2004 byly převzaty k přímému používání v anglickém originále a v květnu roku 2005 byly převzaty překladem části 2 až 4 EN 13201 pod označením:

- **ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky**
- **ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet**
- **ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření**

Část 1, obsahující pravidla přiřazení tříd osvětlení podle 2. části Evropské normy jednotlivým osvětlovaným pozemním komunikacím, byla nakonec Evropským výborem pro normalizaci (CEN) vydána pouze jako technická zpráva pod označením:

- **CEN/TR 13201-1 Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes**  
(Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení)

Část 1 dosud v ČR nebyla zavedena, ale je ji možno zakoupit nebo půjčit v Českém normalizačním institutu (ČNI). Je k dispozici k používání v anglickém originále.

Pro číselné označení technické zprávy, tedy byl použit stejný číselný kód jako pro označení vlastní normy. To je logické, protože jednotlivé státy mohou zmíněnou technickou zprávu vydat jako část své národní normy, a pak bude rozumné, když její všechny části budou vydány pod společným číselným kódem (13201).

Jak je to se starým souborem norem pro veřejné osvětlení? Tento soubor tvořený kmenovou a dvěma přidruženými normami

- **ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení**
- **ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací**
- **ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic**

dosud platí. V květnu 2005 nabyla účinnosti ZMĚNA Z3 ČSN 36 0400 zajišťující soulad starého souboru a nové ČSN EN 13201. Pro výpočet a měření již jednoznačně platí ČSN EN 13201! Pozor na používání starých programů pro výpočet osvětlení pozemních komunikací! V případě světelně technických požadavků na osvětlení platí starý soubor norem pro veřejné osvětlení. Zle však doporučit, aby bylo souběžně prováděno přiřazení třídy osvětlení dle ČSN EN 13201-2 s využitím CEN/TR 13201-1 a v případě, že budou požadavky dle ČSN EN 13201-2 přísnější nebo úplně nové v porovnání se starým souborem, navrhnout osvětlení tak, aby splňovalo i tyto přísnější nebo nové požadavky.

Plánován je rozborový úkol zahrnujícího vedle uvedeného starého souboru i technickou zprávu CEN/TR 13201-1, revidované normy ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací a ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic, případně další normy pro projektování. Výsledek tohoto rozborového úkolu by měl být základem pro vytvoření chybějící první části normy pro osvětlení pozemních komunikací, která by snad mohla být označena ČSN 13201-1. Po jejím vydání by měl definitivně ukončit svou platnost starý soubor.

### 5.4.2. Některé rozdíly starého souboru a nové normy

Evropská norma pro osvětlování pozemních komunikací společně se související technickou zprávou je komplexním a systematickým dokumentem. Bere v úvahu všechny uživatele pozemních komunikací. Její záběr je širší než záběr našeho starého souboru norem

pro veřejné osvětlení. ČSN 36 0410 např. neplatí pro osvětlení pěších zón a komunikací společenského významu.

Základní fotometrické veličiny se počítají (a pochopitelně také měří) trochu jiným způsobem. Např.: Pozorovatel se postupně umísťuje doprostřed každého jízdního pruhu. Průměrný jas, celková rovnoměrnost, podélná rovnoměrnost i prahový přírůstek (TI) se počítá postupně pro každou polohu pozorovatele. Rovněž jsou jiným způsobem rozmístěny výpočtové body v podélném směru. Při stanovení TI se pozorovatel postupně posunuje v podélném směru (10 poloh v každém jízdním pruhu).

Zavádí se nová terminologie a nové značky /např. „udržovaná hodnota“ místo „časově minimální hodnota“, „prahový přírůstek“ (TI) místo „relativní práh rozlišitelnosti“ ( $k_r$ ), nově „činitel osvětlení okolí“ (SR), hodnocení rušivého neboli psychologického oslnění prostřednictvím tříd clonění G a tříd oslnění D.

SR (surround ratio – činitel osvětlení okolí), stanoví poměr průměrné osvětlenosti definovaných pruhů mimo pozemní komunikaci, které bezprostředně přiléhají k okrajům jízdního pásu, a průměrné osvětlenosti definovaných pruhů pozemní komunikace bezprostředně s nimi sousedících.

Zavádí se hodnocení rušivého neboli psychologického oslnění prostřednictvím tříd clonění G (uplatňuje se pro třídy osvětlení CE) a tříd oslnění D (pro třídy osvětlení S, A, ES a EV). Toto hodnocení se použije v případech, kdy nelze vyhodnotit prahový přírůstek TI (omezující neboli fyziologické oslnění).

Celková rovnoměrnost osvětlení je v Evropské normě značena symbolem  $U_0$ , podélná rovnoměrnost symbolem  $U_l$ , místně minimální osvětlenost symbolem  $E_{min}$ , polokulová osvětlenost symbolem  $E_{hs}$ , poloválčová osvětlenost symbolem  $E_{sc}$ , průměrný jas  $\bar{L}$ , průměrná osvětlenost  $\bar{E}$ .

Technická zpráva CEN nabízí propracovanou metodiku přiřazení požadavků na osvětlení venkovních veřejných dopravních prostorů, vlastní evropská norma obsahuje vedle stupnic světelnotechnických veličin i metodiku výpočtu a měření požadovaných parametrů osvětlení. Třídění pozemních komunikací, zavedené technickou zprávou a normou, vychází z odlišnosti požadavků na osvětlení. Jejich pomocí lze navrhnout pevné osvětlovací soustavy, které mají zaručit dobrou viditelnost všem účastníkům veřejné dopravy za snížené viditelnosti tak, aby byla zajištěna bezpečnost a plynulost dopravy a bezpečnost obecně. Norma platí i pro veřejně přístupné, soukromě provozované pozemní komunikace a mosty. Normu nelze použít pro mýta, tunely, plavební kanály a plavební komory. Norma neobsahuje kritéria pro rozhodování, které prostory osvětlit.

### 5.4.3. Kategorizace dle CEN/TR 13201-1

Rozlišují se čtyři základní kategorie uživatelů venkovních veřejných dopravních prostorů. Jsou to:

Řidiči motorových vozidel (symbol **M**) - střední až vysoká povolená rychlost

Řidiči pomalých vozidel (symbol **S**) - řidiči motorových vozidel, vozidel poháněných zvířaty a lidé jedoucí na zvířatech - rychlost do  $40 \text{ km.h}^{-1}$  (v některých zemích do  $50 \text{ km.h}^{-1}$ )

Cyklisté (symbol **C**) - řidiči jízdních kol a mopedů - rychlost do  $50 \text{ km.h}^{-1}$

Chodci (symbol **P**) - chodci nebo lidé na vozíčkách

Požadavky na osvětlení jsou závislé na geometrickém uspořádání osvětlovaného prostoru, na typu jeho uživatelů a způsobu využití, a také na vlastnostech prostředí:

- Geometrické uspořádání prostoru
  - existence konfliktních oblastí (křížení proudů motorizované dopravy nebo jejich překrývání v oblasti s četným výskytem jiných uživatelů)
  - existence prostředků pro zklidnění dopravy
  - oddělení dopravních proudů
  - druh křížení (úrovňové, mimoúrovňové)
  - četnost křižovatek (na 1 km délky), nebo rozteč mostů v případě mimoúrovňových křižovatek
  - dopravní využití sousedních prostorů
- Uživatelé dopravního prostoru
  - hlavní typ uživatele
  - další přípustní uživatelé
  - nepřípustní uživatelé
  - typická rychlost hlavního typu uživatele
- Využití prostoru
  - hustota dopravy
  - obtížnost orientace
  - přítomnost parkujících vozidel
  - potřeba rozeznání obličejů a barvy vozidel
  - riziko kriminality
- Vliv prostředí
  - převažující typ počasí (suchý nebo mokrá povrch)
  - úroveň jasu okolí
  - složitost zorného pole (souhrnný vliv osvětlení a dalších prvků v zorném poli uživatele komunikace, které odvádějí pozornost, ruší, matou nebo obtěžují uživatele, např. reklamní tabule, osvětlovací stožáry, osvětlené budovy nebo osvětlení sportovišť)

#### 5.4.4. Třídy osvětlení dle ČSN EN 13201-2

##### Třídy osvětlení ME/MEW

Třídy osvětlení ME a MEW uvedené v Tab 5.5 a 5.6 se vztahují na řidiče motorových vozidel pohybujících se po pozemních komunikacích střední až vysokou povolenou rychlostí.

**Tab.5.5 – Řada tříd osvětlení ME**

Třída	Jas suchého povrchu pozemní komunikace			Omezující oslnění $TI$ [%] <sup>a</sup>	Osvětlení okolí $SR$ <sup>b</sup>
	$\bar{L}$ [cd.m <sup>-2</sup> ] (udržovaná hodnota)	$U_0$	$U_1$		
ME1	≥ 2,0	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 10	≥ 0,5
ME2	≥ 1,5	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 10	≥ 0,5

ME3a	$\geq 1,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,7$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
ME3b	$\geq 1,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,6$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
ME3c	$\geq 1,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,5$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
ME4a	$\geq 0,75$	$\geq 0,4$	$\geq 0,6$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
ME4b	$\geq 0,75$	$\geq 0,4$	$\geq 0,5$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
ME5	$\geq 0,5$	$\geq 0,35$	$\geq 0,4$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
ME6	$\geq 0,3$	$\geq 0,35$	$\geq 0,4$	$\leq 15$	neurčeno

<sup>a</sup> Zvýšení prahového přírůstku o 5 procentních bodů lze připustit v případech, kde jsou použity světelné zdroje s nízkým jasem. (viz poznámka 6)

<sup>b</sup> Toto kritérium lze uplatnit pouze v případě, kde k silniční komunikaci nepřiléhají jiné komunikace s vlastními požadavky.

Tab. 5.6 – Třídy osvětlení MEW

Třída	Jas povrchu pozemní komunikace				Omezující oslnění	Osvětlení okolí
	Suchý povrch		Mokrý povrch			
	$\bar{L}$ [ $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ] (udržovaná hodnota)	$U_0$	$U_1$ <sup>a</sup>	$U_0$	$TI$ [%] <sup>b</sup>	$SR$ <sup>c</sup>
MEW1	$\geq 2,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,6$	$\geq 0,15$	$\leq 10$	$\geq 0,5$
MEW2	$\geq 1,5$	$\geq 0,4$	$\geq 0,6$	$\geq 0,15$	$\leq 10$	$\geq 0,5$
MEW3	$\geq 1,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,6$	$\geq 0,15$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
MEW4	$\geq 0,75$	$\geq 0,4$	neurčeno	$\geq 0,15$	$\leq 15$	$\geq 0,5$
MEW5	$\geq 0,5$	$\geq 0,35$	neurčeno	$\geq 0,15$	$\leq 15$	$\geq 0,5$

<sup>a</sup> Použití tohoto kritéria není povinné, ale doporučuje se v případě dálnic.

<sup>b</sup> Zvýšení prahového přírůstku  $TI$  o 5 procentních bodů lze připustit v případech, kde jsou použity světelné zdroje s nízkým jasem. (viz poznámka 6)

<sup>c</sup> Toto kritérium lze uplatnit pouze v případě, kdy k pozemní komunikaci nepřiléhá komunikace s vlastními požadavky.

### Třídy osvětlení CE

Třídy osvětlení uvedené v tabulce 2 se vztahují na řidiče motorových vozidel a jiné uživatele pozemní komunikace v konfliktních oblastech, jako jsou např. obchodní třídy, složitější křižovatky, okružní křižovatky, úseky, kde se tvoří dopravní zácpy, atd.

Třídy osvětlení CE je také možno použít v oblastech používaných chodci a cyklisty, jako jsou např. podchody a podjezdy.

Oblast komunikace, pro niž platí Tab 5.7, může zahrnovat pouze jízdní pás v případě, použijeme-li pro ostatní komunikace, určené např. pro pěší nebo cyklisty, odlišné požadavky na osvětlení, nebo může zahrnovat celou komunikaci.

Tab. 5.7 – Třídy osvětlení CE

Třída	Vodorovná osvětlenost	
	$\bar{E}$ [lx] (udržovaná hodnota)	$U_0$ (minimum)
CE0	$\geq 50$	$\geq 0,4$
CE1	$\geq 30$	$\geq 0,4$
CE2	$\geq 20$	$\geq 0,4$
CE3	$\geq 15$	$\geq 0,4$
CE4	$\geq 10$	$\geq 0,4$

CE5	$\geq 7,5$	$\geq 0,4$
-----	------------	------------

Třídy osvětlení CE se používají v případech, kdy dohody pro výpočet jasu povrchu komunikace neplatí, nebo je nepraktické je použít. To platí například pro případy, kdy je pozorovací vzdálenost menší než 60 metrů nebo kde je více důležitých poloh pozorovatele. V konfliktních oblastech komunikací platí třídy osvětlení CE i pro ostatní uživatele. Třídy osvětlení CE lze použít i pro chodce a cyklisty v případech, kdy požadavky tříd S a A nejsou postačující.

### Třídy osvětlení S, A, ES a EV

Třídy osvětlení S uvedené v Tab 5.8 a alternativní třídy osvětlení A uvedené v Tab. 5.9 jsou určeny pro pěší a cyklisty pohybující se po komunikacích pro pěší nebo cyklisty, zpevněných krajnicích a ostatních částech pozemních komunikací, které leží odděleně nebo podél jízdního pásu, po komunikacích v sídelních útvarech, pěších zónách, parkovacích plochách, školních dvorech apod.

Doplňkové třídy osvětlení ES uvedené v Tab. 5.10 se používají pro pěší zóny za účelem snížení rizika kriminálního deliktu a zvýšení pocitu bezpečí.

Doplňkové třídy osvětlení EV uvedené v Tab. 5.11 se používají v situacích, kde je třeba zajistit dobrou viditelnost svislých ploch, např. na křižovatkách.

Oblast komunikace, pro kterou platí požadavky uvedené v Tab 5.8, 5.9, 5.10 a 5.11 může zahrnovat pozemní komunikaci v celé šířce, např. jízdní pásy komunikací v sídelních útvarech a dělicí pásy mezi nimi, komunikace pro pěší a pro cyklisty.

**Tab5.8 – Třídy osvětlení S**

Třída	Vodorovná osvětlenost	
	$\bar{E}$ [lx] <sup>a</sup> (udržovaná hodnota)	$E_{\min}$ [lx] (udržovaná hodnota)
S1	$\geq 15$	$\geq 5$
S2	$\geq 10$	$\geq 3$
S3	$\geq 7,5$	$\geq 1,5$
S4	$\geq 5$	$\geq 1$
S5	$\geq 3$	$\geq 0,6$
S6	$\geq 2$	$\geq 0,6$
S7	neurčeno	neurčeno

<sup>a</sup> Pro zajištění dostatečné rovnoměrnosti osvětlení, nesmí vypočtená hodnota  $\bar{E}$  navržené osvětlovací soustavy překročit 1,5 násobek hodnoty  $\bar{E}$  uvedené v tabulce.

**Tab. 5.9 – Třídy osvětlení A**

Třída	Polokulová osvětlenost	
	$\bar{E}_{hs}$ [lx] (udržovaná hodnota)	$U_0$ (minimum)
A1	$\geq 5$	$\geq 0,15$
A2	$\geq 3$	$\geq 0,15$
A3	$\geq 2$	$\geq 0,15$
A4	$\geq 1,5$	$\geq 0,15$
A5	$\geq 1$	$\geq 0,15$
A6	neurčeno	neurčeno

**Tab. 5.10 – Třídy osvětlení ES**

Třída	Poloválcová osvětlenost
	$E_{sc,min}$ [lx] (udržovaná hodnota)
ES1	≥ 10
ES2	≥ 7,5
ES3	≥ 5
ES4	≥ 3
ES5	≥ 2
ES6	≥ 1,5
ES7	≥ 1
ES8	≥ 0,75
ES9	≥ 0,5

Tab 5.11 – Třídy osvětlení EV

Třída	Svislá osvětlenost
	$E_{v,min}$ [lx] (udržovaná hodnota)
EV1	≥ 50
EV2	≥ 30
EV3	≥ 10
EV4	≥ 7,5
EV5	≥ 5
EV6	≥ 0,5

### Srovnatelné třídy osvětlení dle ČSN EN 13201-2

V následující Tab 5.12 jsou porovnány základní třídy osvětlení podle úrovně osvětlení. V případě kategorie ME a MEW se předpokládá povrch obrusné vrstvy vozovky s odraznými vlastnostmi odpovídajícími třídě CII.

Tab. 5.12 - Třídy ME, MEW, CE, S srovnatelné podle úrovně osvětlení

	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6		
	MEW1	MEW2	MEW3	MEW4	MEW5			
CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6

Třídy A jsou alternativní k třídám S a k jejím použití slouží srovnatelné úrovně osvětlení podle Tab 5.13.

Tab. 5.13 – Přiřazení alternativních tříd A

Referenční třída	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Alternativní třída		A1	A2	A3	A4	A5

Třídy ES a EV jsou doplňkové ke třídám CE a S. Používají se podle Tab 5.14.

Tab. 5.14 - Přiřazení doplňkových tříd ES a EV

Referenční třída	CEO	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5			
				S1	S2	S3	S4	S5	S6
Doplňková třída	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8	ES9
		EV3	EV4	EV5					

#### 5.4.5. Řešení problematiky rušivého světla

ČSN EN 13201-2 zahrnuje požadavek minimalizace účinků světla vyzařovaného do směrů, kde není potřeba nebo kde je nežádoucí. Požaduje se:

- ve venkovských nebo příměstských oblastech minimalizace rušivého působení osvětlovacích soustav při dálkových pohledech přes otevřenou krajinu,
- minimalizace rušivého světla vnikajících do nemovitostí a světla vyzařovaného nad vodorovnou rovinu (tedy světla, které rozptylem v atmosféře narušuje přirozený pohled na hvězdy a zhoršuje podmínky pro astronomická pozorování). Uvádí se, že množství světla vyzařovaného nad vodorovnou rovinu lze omezit použitím svítidel s nižším podílem přímého světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru.

Jako měřítko pro hodnocení obtěžujícího světla je podle normy možno použít tříd clonění G (původně určených k hodnocení míry omezujícího oslnění osvětlovacími soustavami).

Více podrobností k řešení problematiky rušivého světla lze nalézt např. v publikaci CIE 126 :1997, Guidelines for minimizing sky glow a v publikaci a v publikaci CIE 150:2003 Guide on the limitation of the obtrusive light from outdoor lighting installations (uvádí např. limity osvětlenosti v rovině oken, svítivosti zdrojů světla, jasů fasád budov apod.).

#### 5.4.6. Řešení problematiky osvětlení přechodů pro chodce

V ČSN EN 13201-2 je problematika řešení místního osvětlení přechodů pro chodce řešena velmi obecným popisem.

Přechody pro chodce vyžadují v některých případech zvláštní pozornost. V některých státech existují národní normy, které uvádějí další návod vztahující se k národní praxi.

Lze-li běžnou osvětlovací soustavou zajistit dostatečně vysokou úroveň jasu povrchu komunikace v místě přechodu, je možné vhodným umístěním běžných svítidel pro pozemní komunikace dosáhnout dostatečného negativního kontrastu, při kterém je chodec na přechodu vnímán jako tmavá silueta na světlém pozadí.

Místní osvětlení přídatnými svítidly se používá v případě, pokud chceme přímo osvětlit chodce na a u přechodu a upozornit řidiče motorových vozidel na přítomnost přechodu.

Typ přídatných svítidel a jejich umístění a orientace vůči přechodu pro chodce má být zvolen tak, aby bylo dosaženo pozitivního kontrastu a zároveň, aby nedošlo k nadměrnému oslnění řidičů. Jedním z řešení je umístění svítidel v malé vzdálenosti před přechodem z pohledu řidičů přijíždějících motorových vozidel tak, aby chodce osvětlovala ze směru přijíždějících vozidel. V případě komunikace s obousměrným provozem je třeba svítidla umístit před přechodem v každém z obou směrů jízdy na té straně komunikace, po níž vozidla k přechodu přijíždějí. Vhodná jsou svítidla s asymetrickým rozložením svítivosti.

Místní osvětlení může poskytovat dostatečné osvětlení chodců ze strany přijíždějících vozidel v celé oblasti přechodu. Svislá osvětlenost chodců má být výrazně vyšší než vodorovná



osvětlenost přilehlé komunikace zajištěná běžnou osvětlovací soustavou komunikace. V oblastech na obou koncích přechodu, kde chodci čekají před vstupem do jízdního pásu, je také nutno zajistit dostatečnou osvětlenost. Osvětlení omezené na oblast přechodu pro chodce a na úzký pás kolem něj vyvolává divadelní efekt, který pomáhá upoutat pozornost.

Příklad řešení místního osvětlení přechodu pro chodce je schematicky znázorněn na *Obr. 5.1*.



*Obr. 5.1 Osvětlení přechodů*

#### **5.4.7. Metodika měření osvětlení pozemních komunikací dle ČSN EN 13201-4**

Účelem ČSN EN 13201-4 je zavést zásady a postupy při světelně technických měřeních osvětlovacích soustav uličního osvětlení a poskytnout vodítka při používání a výběru měřicích zařízení pro měření jasů a osvětlenosti. Pro volbu polohy pozorovatele a umístění kontrolních bodů platí zásady přijaté v ČSN EN 13201-3. Odchylení od některých těchto zásad je povoleno v případech "monitorování" výkonnosti osvětlovací soustavy apod. V EN zde uvedeny možné příčiny nepřesnosti měření, opatření k jejímu omezení, i příklady uspořádání protokolu o měření.

Pro případ porovnání výsledků měření s vypočtenými hodnotami musí být měření co nejpřesnější.

V případech monitorování je možno měřit v řidší síti kontrolních bodů. Zásadním požadavkem je, aby byla měření prováděna vždy stejným způsobem.

V řadě případů může vyhovět kontrola parametrů osvětlovací soustavy ve vhodně zvolených kontrolních bodech.

Rozlišují se fotometrická a nefotometrická měření. Fotometrická měření zahrnují zjišťování vlastních hodnot osvětlení, nefotometrická měření zahrnují zjišťování ostatních souvisejících parametrů, např. geometrických údajů, napájecího napětí a teploty.

#### **5.4.8. Fotometrická měření**

##### **Ustálení po rozsvícení**

Norma bere v úvahu dobu náběhu výbojových světelných zdrojů. Po uvedení do provozu je třeba vyčkat, až dojde k ustálení světelného výkonu. Před zahájením měření je třeba na stejném místě nebo na stejných místech provést opakovaně v pravidelných intervalech kontrolu osvětlenosti a ověřit tak stabilitu výkonu světelného zdroje. Udržení stability se pak kontroluje i v průběhu měření prováděním pravidelných odečtů.

### **Klimatické podmínky**

Klimatické podmínky během měření by měly být takové, aby neovlivňovaly měření, s výjimkou případu zjišťování vlivu klimatických podmínek na parametry osvětlení.

Vysoké nebo nízké teploty mohou mít vliv na světelný výkon tepelně citlivých zdrojů, nebo na přesnost použitých měřicích přístrojů. Kondenzace vzdušné vlhkosti na světelně činných plochách měřicích přístrojů, nebo na jejich elektrických obvodech, může mít vliv na přesnost těchto přístrojů. Silný vítr může způsobit rozkmitání svítidel nebo vibrace měřicích přístrojů. Vítr může také způsobit ochlazení tepelně citlivých zdrojů a tím ovlivnit jejich světelný tok. Dokonce i nepatrná vlhkost povrchu komunikace může výrazným způsobem změnit jeho jas. Světelná propustnost atmosféry má vliv na množství světla dopadlé na měřený povrch a v případě měření jasu i na množství světla přicházející do jasoměru od měřeného povrchu.

### **Světlo cizího původu a clonění světla**

Je-li účelem prováděného měření zjištění parametrů pouze samotné osvětlovací soustavy, je nutno vyloučit přímé i odražené světlo z okolí, nebo je zohlednit. Použitý způsob eliminace světla cizího původu je třeba zaznamenat do protokolu o měření.

*Pozn:*

*Světlo cizího původu může zahrnovat světlo z výkladů, reklamních panelů, světelné signalizace, osvětlení vozidel, jiných osvětlovacích soustav, ozářené oblohy, světlo odražené od sněhu podél komunikace, atd. Ovlivnění měření světlem cizího původu se lze někdy vyhnout. Někdy lze zdroj světla cizího původu odclonit nebo vypnout, někdy lze jeho vliv korigovat pomocí dalšího měření provedeného při vypnuté osvětlovací soustavě, jejíž parametry chceme zjistit. Korekci vlivu záře oblohy lze provést při neproměnlivé oblačnosti.*

Je-li měření určeno ke zjištění stavu nezacloněné osvětlovací soustavy, je nutno měřit v úsecích bez překážek vrhajících stín na komunikaci. Těmito překážkami mohou být např. stromy, parkující automobily nebo městský mobiliář. Přítomnost takových překážek je nutno zaznamenat do protokolu o měření.

### **Měření prováděná z jedoucího vozidla**

Parametry soustav osvětlení pozemních komunikací lze zjišťovat i z jedoucího vozidla. Hlavní rozdíly mezi statickým a dynamickým měřením jsou tyto:

- pomocí dynamického měření lze provést měření ve větším počtu kontrolních bodů,
- požadavky na polohu pozorovatele a uspořádání kontrolních bodů podle ČSN EN 13201-3 jsou v případě dynamického měření jen obtížně splnitelné nebo jsou vůbec nesplnitelné.

Aby byly výsledky zjištěné při dynamickém měření smysluplné a důvěryhodné, je nutno:

1. pro každý kontrolní bod být možno stanovit polohu fotometrické hlavičky (fotočidla) ve smyslu výšky a příčných a podélných vzdáleností nebo souřadnic vztažených např. vůči obrubníku,
2. minimalizovat takové vlivy, jako stínění vlastním vozidlem, odrazy světla a elektronické rušení, kterým může vozidlo ovlivnit údaje měřicího zařízení,

3. požit fotočidla splňující dále uvedené požadavky.

Měření z pohybujícího se vozidla musí být dostatečně popsáno.

#### **5.4.9. Nefotometrická měření**

Podobně jako v případě fotometrických měření musí být i v případě nefotometrických měření použita metoda co nejpřesnější v případě porovnání výsledků měření s vypočtenými hodnotami. V ostatních případech je možno použít méně přesných měřicích metod.

#### **Geometrické údaje**

Namísto je třeba zjistit uspořádání osvětlovací soustavy. Tato měření by měla zahrnovat půdorysnou polohu svítidel vůči komunikaci, výšku osvětlovacích stožárů a délku výložníků. Dále by měl být, je-li to možné, zjištěn úhel sklonu, natočení (rotace) a orientace svítidel.

#### **Napájecí napětí**

Před zahájením měření osvětlení je třeba změřit napájecí napětí na nezbytném počtu osvětlovacích stožárů. V průběhu měření osvětlení je třeba napětí průběžně kontrolovat a sledovat jeho výkyvy.

#### **Teplota**

Teplotu vzduchu je třeba měřit ve výšce 1 metr nad povrchem komunikace v půlhodinových intervalech.

#### **Měřicí přístroje**

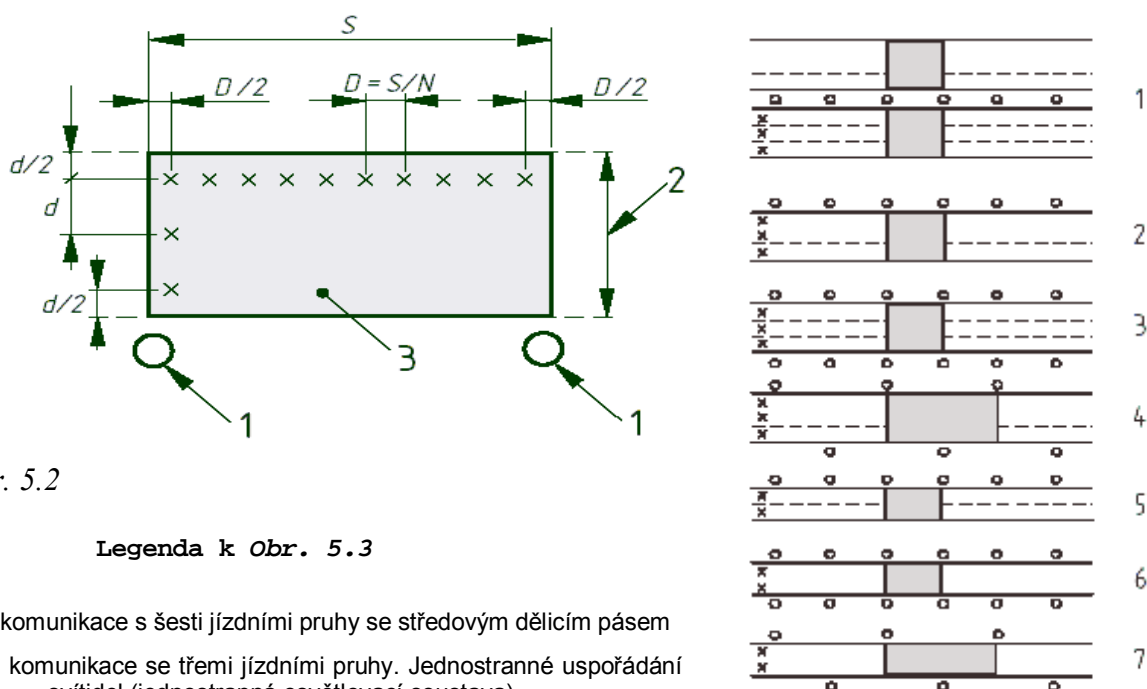
Všechny měřicí přístroje musejí být kalibrovány.

### Rozmístění kontrolních bodů a poloha pozorovatele

Aby byl dosažen soulad naměřených a vypočtených hodnot je třeba při měření a výpočtu použít shodnou síť kontrolních bodů a polohu pozorovatele. Síť kontrolních bodů použitá při výpočtu musí splňovat pravidla uvedená v ČSN EN 13201-3. Provedení tak velkého počtu měření může být nerealizovatelné ať už z časových nebo jiných důvodů. V takových případech je možno provést měření v menším počtu bodů, ale s vědomím ztráty přesnosti. Maximální a minimální hodnoty může být rozumnější nalézt průzkumem než měřením v husté síti kontrolních bodů.

Typické rozmístění kontrolních bodů (odlišné od ČSN 36 0400) je znázorněno na Obr. 5.2, kde jako 1 jsou označena svítidla, jako 2 je označena šířka relevantní oblasti  $W_r$ , jako 3 je označeno výpočtové pole a X označuje řady výpočtových bodů v podélném a příčném směru.

Obr. 5.3 znázorňuje příklady poloh pozorovacích bodů ve vztahu k výpočtovému poli.



Obr. 5.2

#### Legenda k Obr. 5.3

- 1 komunikace s šesti jízdními pruhy se středovým dělicím pásem
- 2 komunikace se třemi jízdními pruhy. Jednostranné uspořádání svítidel (jednostranná osvětlovací soustava)
- 3 komunikace se třemi jízdními pruhy. Párové uspořádání svítidel (párová osvětlovací soustava)
- 4 komunikace se třemi jízdními pruhy. Střídavé uspořádání svítidel (vystřídaná osvětlovací soustava)
- 5 komunikace se dvěma jízdními pruhy. Jednostranné uspořádání svítidel
- 6 komunikace se dvěma jízdními pruhy. Párové uspořádání svítidel
- 7 komunikace se dvěma jízdními pruhy. Střídavé uspořádání svítidel
- 8 poloha pozorovatele
- 9 výpočtové pole

Obr. 5.3

#### 5.4.10. Měření osvětlenosti

##### Obecné zásady

Osvětlenost je třeba měřit luxmetrem v provedení vhodném k účelu měření. V případech monitorování není nutná absolutně přesná kalibrace, je však třeba počítat s dlouhodobým stárnutím luxmetru.

*Pozn.:*

*Návod pro volbu luxmetru je uveden v publikaci CIE 53:1982.*

Horizontální a vertikální osvětlenost je třeba měřit luxmetrem s fotometrickou hlavicí (fotočidlem) pro měření rovinné osvětlenosti. K měření polováčkové a polokulové osvětlenosti je třeba použít fotometrické hlavice určené k těmto účelům.

*Pozn.:*

*Při dodržení následujícího postupu je možno polokulovou osvětlenost měřit i luxmetrem pro měření rovinné osvětlenosti. V kontrolním bodě se provede měření horizontální osvětlenosti  $E_h$  způsobené všemi svítidly osvětlovací soustavy. Složka  $E_i$ , způsobená jednotlivými svítidly, se změří tak, že se fotometrická hlavice luxmetru namíří kolmo ke směru dopadu světla od měřeného svítidla a ostatní světlo se eliminuje.*

*Pro polokulovou osvětlenost  $E_{2\pi}$  pak platí:*

$$E_{2\pi} = \frac{1}{4} [ E_h + \sum_{k=1}^n (E_i)_k ] \quad (5.1)$$

kde  $(E_i)_k$  je příspěvek  $k$ -tého svítidla,

$\sum_{k=1}^n$  označuje součet příspěvků prvního až  $k$ -tého svítidla.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat tomu, aby měřící osoby nestínily a nebránily tak světlu, které by jinak dopadlo na fotočidlo. Z tohoto důvodu se doporučuje použití luxmetru s kabelem spojujícím fotometrickou hlavici s vlastním přístrojem nebo luxmetru s kabelem pro dálkové ovládání. Kabele by měly být tak dlouhé, aby měřící osoby mohly zaujmout takovou polohu, aby neclonily světlo, které by jinak dopadlo na fotočidlo.

Použití závěsu usnadní udržování fotometrické hlavice během měření ve správném sklonu vůči svislici.

*Pozn.:*

*Světelná propustnost atmosféry může výrazně omezit množství světla dopadlé na luxmetr.*

##### Výška a orientace fotometrické hlavice

a) Horizontální a polokulová osvětlenost

Fotočidlo se musí udržovat ve vodorovné poloze. Mělo by být umístěno v úrovni povrchu komunikace, ale tam, kde to není možné, smí být umístěno ve výšce až 200 mm, přičemž tato výška musí být zaznamenána v protokolu o měření.

**b) Poloválcová a svislá osvětlenost**

Střed fotočidla by se měl nacházet ve výšce 1,5 m nad povrchem komunikace. Fotočidlo se musí udržovat ve svislé rovině a musí být správně orientováno, většinou podél komunikace. Návod je uveden v ČSN EN 13201-3.

**Síť kontrolních bodů**

Nedohodnou-li se zúčastněné strany na jiné síti kontrolních bodů, platí síť kontrolních bodů podle ČSN EN 13201-3. Fotočidlo musí být v každém kontrolním bodě přesně nastaveno.

**5.4.11. Měření jasu**

Jas povrchu pozemní komunikace je třeba měřit kalibrovaným jasoměrem v provedení vhodném k účelu měření.

*Pozn.:*

*Návod pro volbu jasoměrů je uveden v publikaci CIE 69:1987.*

Pro měření jasu v jednotlivých kontrolních bodech musí být jasoměr schopen vymezit celkový úhel měřicího kužele na 2 obloukové minuty ve svislé rovině a na 20 obloukových minut ve vodorovné rovině. Velikost měřicího pole na komunikaci nesmí být větší než 0,5 m v příčném a 2,5 m v podélném směru. Při měření průměrné hodnoty jasu jediným měřením musí být přístroj vybaven clonami, které umožní zahrnout do měření pouze světlo z příslušného úseku komunikace. Úhel směřování jasoměru od svislice k povrchu komunikace musí splňovat toleranci  $(89 \pm 0,5)^\circ$ .

Není-li dohodnuta jiná síť kontrolních bodů, je nutno měřit v síti kontrolních bodů specifikované pro výpočet. Poloha jasoměru musí splňovat požadavky ČSN EN 13201-3.

*Pozn.1:*

*Měřicí pole specifikované v ČSN EN 13201-3 začíná ve vzdálenosti 60 m před pozorovatelem. Z důvodu zamezení překrývání měřicích polí, odpovídajících této vzdálenosti, musí být úhel měřicího kužele tak malý, jak bylo uvedeno. V případě měření z menší vzdálenosti se jako méně striktní nabízí alternativa použití jasoměru s větším měřicím kuzelem. V tomto případě se doporučuje, aby měřicí kužel jasoměru nebyl větší než 30 obloukových minut a aby velikost měřicího pole nepřesáhla 0,5 m v příčném směru a 3 metry v podélném směru.*

*Pozn.2:*

*Vzhledem k proměnlivosti odrazných vlastností povrchu pozemních komunikací v prostoru i v čase mohou vzniknout velké rozdíly mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami jasu. Z tohoto důvodu se považuje za důležitější porovnání naměřených a vypočtených hodnot osvětlenosti. Tím se zároveň vyhneme potížím, které nastávají při měření jasu v terénu.*

*Pozn.3:*

*V ideálním případě suchého povrchu komunikace by mělo být odebráno několik vzorků povrchu měřené komunikace k proměření v laboratoři. Jedná se o zdlouhavý a nákladný postup, který může být v praxi neuskutečnitelný. V současnosti neexistuje běžně dostupný přenosný měřicí přístroj, kterým by bylo možno tento druh měření provádět. Vizuálním posouzením povrchu komunikace lze zjistit, že některé části povrchu se od ostatních liší v důsledku opotřebení nebo potřísnění olejem v podélném směru komunikace. Tyto rozdíly lze*

snadno zjistit na komunikacích se světlým povrchem, jako je beton, a je třeba se o nich zmínit v protokolu o měření.

Pozn. 4:

Před měřením se doporučuje označení jednotlivých kontrolních bodů výraznými značkami, které usnadní zaměření jasoměru. Pokud by se tyto značky objevily v měřicím kuželu jasoměru, je nutno je před zahájením měření odstranit.

Pozn. 5:

Vlka nebo mokrá komunikace má výrazně odlišný jas v porovnání se suchou komunikací (viz bod 2.1.2). Světelná propustnost atmosféry má vliv na množství světla dopadlé na komunikaci i na světlo přicházejícího od povrchu komunikace do jasoměru.

V případech monitorování není nutná absolutně přesná kalibrace jasoměru, je však třeba počítat s jeho dlouhodobým stárnutím. Rovněž vymezení zorného pole jasoměru se může změnit.

#### 5.4.12. Upozornění

Při měření by vedle zásad uvedených v ČSN EN 13201-4 by měly být respektovány i další, uvedené v ČSN 36 0400, např.:

1. Měření jasu se provádí na komunikaci s ustálenými odraznými vlastnostmi povrchu, tj. cca po jednom roce provozu.
2. Měření provádět tak, aby bylo možno zanedbat vliv měsíčního světla.
3. Výbojové zdroje světla by v době měření měly mít ustálený světelný tok, což nebývá splněno u zcela nových zdrojů. Měření by se mělo provádět cca po 100 hodinách celkové doby provozu výbojových zdrojů.

### 5.5. Příklad přiřazení parametrů osvětlení podle ČSN EN 13201-2 a CEN/TR 13201-1

Nyní si na jednoduchém příkladu ukážeme postup odvození požadavků na osvětlení dle ČSN EN 13201-2 s využitím CEN/TR 13201-1. Podle následující Tab 5.15 (podle charakteristiky uživatelů uvažovaného prostoru a typické rychlosti hlavního uživatele) vybereme příslušnou modelovou situaci.

Tab 5.15: Odvození modelové situace

Typická rychlost hlavního uživatele	Uživatelé v téže uvažované oblasti			Modelová situace
	Hlavní uživatel	Jiný uživatel (povolený)	Nepovolený uživatel	
vysoká > 60 km.h <sup>-1</sup>	M	-	S C P	A1
		S	C P	A2
		C P	-	A3
střední 30 až 60 km.h <sup>-1</sup>	MS	C P	-	B1
	MSC	P	-	B2
	C	P	MS	C1
nízká 5 až 30 km.h <sup>-1</sup>	MP	-	S C	D1
		S C	-	D2
	MC	S P	-	D3
	M S C P	-	-	D4

velmi nízká (chůze)				
	P	-	M S C	E1
		M S C	-	E2

Dejme tomu, že hlavním uživatelem mají být řidiči motorových vozidel (M), že nepovolenými uživateli jsou řidiči pomalých vozidel (S), cyklisté (C) a chodci (P) a že typická rychlost hlavního uživatele je větší než  $60 \text{ km.h}^{-1}$ . Příslušná modelová situace dle tabulky 12 pak má označení A1.

Pro modelovou situaci A1 jsou v normě k dispozici další dvě tabulky (viz Tab. 5.16 a tabulka 14), obdobně jako ke všem ostatním modelovým situacím.

Další předpoklady: převládající počasí - suché, oddělené jízdní pruhy - ano, křížení - mimoúrovňové, rozteč mostů - větší než 3 km, hustota provozu - více než 25 000 vozidel za den. V Tab. 5.16 jsme dospěli k okénku obsahující tři třídy osvětlení: ME4a, ME3a, ME2. Pomocí Tab. 5.17 vybereme jednu ze tří tříd odvozených v předcházejícím kroku. Platí-li: konfliktní oblast - ne, složitost zorného pole - běžná, obtížnost orientace - běžná, úroveň jasu okolí - nízká, dostaneme se k okénku s šipkou směřující vlevo. Znamená to, že odpovídající třída osvětlení je ME4a (levá poloha z trojice tříd podle Tab. 5.16). Příslušné požadavky na osvětlení vyplývají z Tab. 5.18.

V případě, že bychom se dostali v Tab. 5.17 okénku s nulou, vybrali bychom v Tab. 5.18 třídu uprostřed rozsahu (ME3a), v případě šipky směřující vpravo bychom volili třídu ležící vpravo (ME2).

**Tab. 5.16: Výběr třídy ME – 1. krok**

Převládající typ počasí	Oddělení jízdních pásů	Typ křižovatek		Hustota dopravy za den									
		mimo-úrovňové	úrovňové	< 15 000			15 000 to 25 000			> 25 000			
			rozteč mostů km	hustota počet/km	←	o	→	←	o	→	←	o	→
suché	ano	> 3		ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME
				5	4a	3a	4a	3a	2	4a	3a	2	
		≤ 3		ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME
				4a	3a	2	4a	3a	2	3a	2	1	
			< 3	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME
			5	4a	3a	5	4a	3a	4a	3a	2		
		≥ 3	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	
		4a	4a	3a	4a	3a	2	3a	2	1			
	ne	> 3	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	
		4a	3a	2	3a	2	1	3a	2	1			
≤ 3		ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME		
3a		2	1	3a	2	1	2	2	1				
	< 3	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME		
	4a	4a	3a	4a	3a	2	3a	2	1				
	≥ 3	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME		
	4a	3a	2	3a	2	1	2	2	1				
vlhké				volba obdobná, ale pro třídy osvětlení MEW									

**TAB. 5.17: Výběr třídy ME – 2. krok**

Konfliktní oblast	Složitost zorného pole	Obtížnost orientace	Úroveň jasu okolí
-------------------	------------------------	---------------------	-------------------



			nizká	střední	vysoká
ne	běžná	běžná	↔	←	0
		vyšší než běžná	0	0	→
	vysoká	běžná	←	0	0
		vyšší než běžná	0	→	→
ano			→		

TAB. 5.18: Třídy osvětlení ME - požadavky dle ČSN EN 13201-2

Třída	Jas suchého povrchu pozemní komunikace			Omezující oslnění	Osvětlení okolí
	$\bar{L}$ [cd.m <sup>-2</sup> ] (udržovaná hodnota)	$U_0$	$U_1$	$TI$ [%]	$SR$
ME1	≥ 2,0	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 10	≥ 0,5
ME2	≥ 1,5	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 10	≥ 0,5
ME3a	≥ 1,0	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 15	≥ 0,5
ME3b	≥ 1,0	≥ 0,4	≥ 0,6	≤ 15	≥ 0,5
ME3c	≥ 1,0	≥ 0,4	≥ 0,5	≤ 15	≥ 0,5
<b>ME4a</b>	<b>≥ 0,75</b>	<b>≥ 0,4</b>	<b>≥ 0,6</b>	<b>≤ 15</b>	<b>≥ 0,5</b>
ME4b	≥ 0,75	≥ 0,4	≥ 0,5	≤ 15	≥ 0,5
ME5	≥ 0,5	≥ 0,35	≥ 0,4	≤ 15	≥ 0,5
ME6	≥ 0,3	≥ 0,35	≥ 0,4	≤ 15	neurčeno

## 5.6. Možnosti úspor v osvětlení pozemních komunikací

Přestože osvětlení pozemních komunikací představuje jen něco přes jedno procento celkové spotřeby elektrické energie v České republice, nejsou náklady na jeho správu, provoz a údržbu v rozpočtech obcí zdaleka zanedbatelné. Uplatněním racionalizačních opatření lze dosáhnout významných finančních úspor.

Nutným předpokladem zvyšování efektivity prostředků vynaložených na veřejné osvětlení je znalost aktuálního stavu zařízení veřejného osvětlení. Je potřeba mít přehled o počtu, vlastnostech a rozmístění jednotlivých světlených míst (svítidlech, stožárech apod.) a zapínacích míst (rozvaděčích), o napájecím rozvodu a ovládání veřejného osvětlení, atd. Základní evidence zařízení veřejného osvětlení je součástí tzv. pasportů veřejného osvětlení. Pasporty např. uvádějí údaje o struktuře instalovaných svítidel a světelných zdrojů, o celkovém počtu svítidel na komunikaci a příslušejících k jednotlivým zapínacím místům atd. Důležité jsou také údaje o době pořízení jednotlivých prvků veřejného osvětlení, o jejich výměnách a opravách, o provedení revizí elektrického zařízení, o délkách osvětlovaných komunikací podle přiřazeného stupně osvětlení apod.

V návaznosti na generel dopravy a další koncepční materiály se zpracovává generel veřejného osvětlení obce. Ten musí mimo jiné obsahovat přiřazení stupně osvětlení jednotlivým

osvětlovaným komunikacím s dostatečným výhledem do budoucna, jež je nutno brát v úvahu při sestavování plánu obnovy a rekonstrukcí osvětlení.

Všeobecným cílem by mělo být v dvoudobém horizontu dosažení minimálních celkových ročních nákladů na zajištění veřejného osvětlení obcí. Je třeba uvědomit si, že nejnižší pořizovací náklady nemusejí být zdaleka nejdůležitější. Vyšší pořizovací náklady bývají často převáženy nižšími provozními náklady. Velmi důležitá je energetická náročnost zařízení, ale velmi podstatné jsou také náklady na údržbu. Systém veřejného osvětlení je nutno řešit komplexně. Zásadním principem hospodárnosti veřejného osvětlení je také svítit jen tam, kde je to třeba, tolik, kolik je třeba a to pouze v době, kdy je to třeba. Významných úspor je ovšem možno dosáhnout i organizačními opatřeními.

### Literatura:

- [5.1] *Kotek, J.*: Evropská norma pro osvětlení pozemních komunikací. Technika osvětlování XXI, Plzeň, květen 2005, str. 22-33, ISBN 80-7043-370-1
- [5.2] ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení
- [5.3] ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací
- [5.4] ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic
- [5.5] CEN/TR 132 01-1 Road lighting – Part 1: Selection of lighting classes
- [5.6] ČSN EN 132 01-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky
- [5.7] ČSN EN 132 01-3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet
- [5.8] ČSN EN 132 01-4 Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Měření
- [5.9] TR 13201-1 Vol'ba tried osvetlenia
- [5.10] Publikace CIE 47:1979, Road lighting for wet conditions
- [5.11] Publikace CIE 53:1982, Methods of characterizing the performance of radiometers and photometers
- [5.12] Publikace CIE 66:1984, Road surfaces and lighting
- [5.13] Publikace CIE 126:1997, Guidelines for minimizing sky glow
- [5.14] Publikace CIE 140:2000, Road lighting calculations
- [5.15] Publikace CIE 150:2003, Guide on the limitation of the obtrusive light from outdoor lighting installations

## 6. HODNOCENÍ OSLNĚNÍ U VENKOVNÍCH PROSTOR

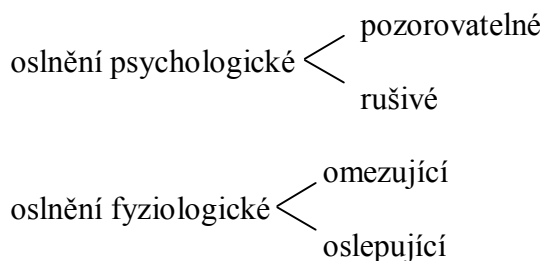
### 6.1.1. Úvod

K oslnění dochází vyskytují-li se v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíl (1:10) nebo vzniknou-li časové kontrasty jasů, které výrazně překračují meze adaptability zraku. Oslnění je tedy nepříznivý stav zraku, k němuž dochází, je-li sítnice nebo její část vystavena jasu vyššímu, než na jaký je oko adaptováno. Oslnění je tím větší, čím větší je jas oslňujícího zdroje ve srovnání s jasnem adaptačním a čím větší je prostorový úhel, pod kterým je z daného místa oslňující zdroj vidět. Dále záleží na poloze oslňujícího zdroje vzhledem k ose pohledu pozorovatele a na poloze pozorovatele.

Podle příčiny se rozlišuje jednak oslnění přímé, způsobené nadměrným jasnem svítících částí svítidel nebo hlavních světelně činných povrchů prostoru (např. stropu a stěn při nepřímém osvětlení), jednak oslnění odrazem, způsobené odrazy svítících ploch na lesklých částech pozorovaných předmětů a jejich bezprostředního okolí. Při náhlé změně adaptačního jasu (např. při náhlém přechodu z tmavšího do světlejšího prostředí), které se zrakový systém nestačí dostatečně rychle přizpůsobit, dochází k oslnění přechodovému. Zvláštním případem je oslnění závoje, které vzniká, je-li před pozorovaným pozadím prostředí s vyšším jasnem, např. při pozorování přes osvětlenou záclonu, při mlze před světlomety, zrcadlení ve skle a podobně.

Z hlediska světelné techniky je nejdůležitější oslnění kontrastem (relativní oslnění), způsobené tím, že se v zorném poli vyskytnou jasy (např. vlivem primárních či sekundárních zdrojů) příliš vysoké v porovnání s jasnem, na který je zrak adaptován.

Podle psychofyzilogických následků se oslnění kontrastem člení na:



Oslnění ruší zrakovou pohodu, zhoršuje až znemožňuje vidění. Oslnění se hodnotí indexem oslnění, eventuelně činitelem oslnění.

### 6.1.2. Hodnocení oslnění u silničních komunikací

#### A) Dle ČSN EN 36 400

Metody hodnocení oslnění ve veřejném osvětlení musí respektovat závislost na:

- svítivosti použitých svítidel ve směrech blízkých k obvyklému směru pohledu pozorovatele,
- adaptačním jasům,
- poloze svítidel v zorném poli,
- velikosti svítících ploch svítidel.

Jestliže jasy rozdílně osvětlených úseků komunikace jsou v poměru větším než 1 : 10, pak je nutné zavedení adaptačních pásem.

Oslněním se hodnotí dvojím způsobem:

- příslušný stupeň oslnění se stanoví podle omezení svítivosti použitých svítidel v rozsahu polorovin C0 až C15 a C165 až C180 (viz. Tab. 6.1). Tento způsob hodnocení se používá ve většině případů,
- stupeň oslnění se hodnotí podle relativního zvýšení prahu rozlišitelnosti  $K_r$ . V ČSN 36 0400, (Tab. 6.1) je uvedena maximální hodnota tohoto činitele. Toto hodnocení se používá ve zvláštních případech, např. osvětlení mimoúrovňových křižovatek za použití vysokých stožárů.

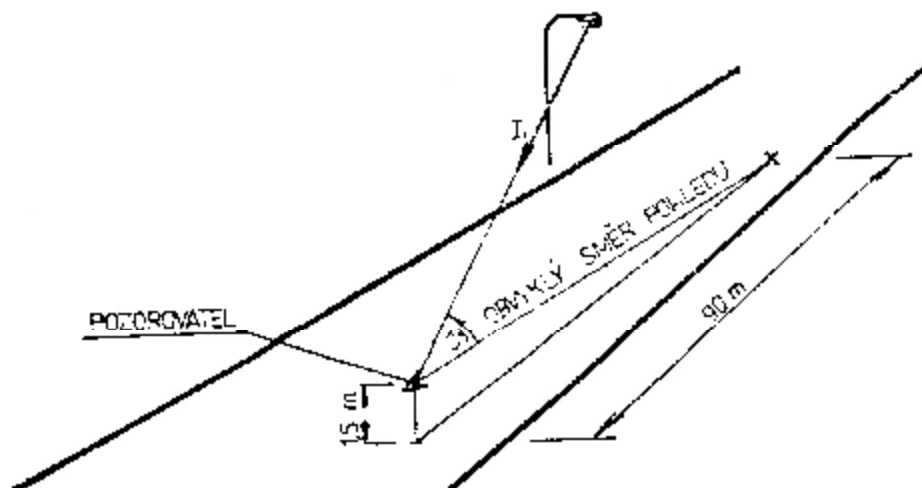
Tab. 6.1 Stupeň omezení oslnění na silničních komunikacích

Stupeň oslnění	Maximální svítivost v polorovinách C0 až C15 a C165 až C180 v úhlu		Relativní zvýšení prahu rozlišení $k_r$ při	
	$g = 90^\circ$	$g = 180^\circ$	světlém okolí	tmavém okolí
1	10 cd na 1000 lm max. 500 cd	30 cd na 1000 lm max. 1000 cd	10%	10%
2	50 cd na 1000 lm max. 1000 cd	100 cd na 1000 lm max. 2000 cd	20%	10%

Použití necloněných svítidel v soustavách pro motorovou dopravu je nepřipustné.

### *Výpočet relativního zvýšení prahu rozlišitelnosti pro hodnocení oslnění.*

Obvyklý směr pohledu řidiče motorového vozidla je rovnoběžný s osou komunikace zaměřený na bod vzdálený 90 m před pozorovatelem (viz. Obr. 6.1).



Obr. 6.1 Výpočet ekvivalentního závojevého jasu

Ekvivalentní závojevý jas osvětlovací soustavy  $L_V$  v  $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$  se vypočte podle vzorce:

$$L_V = \sum_{i=1}^n L_{Vi} \quad [\text{cd.m}^{-2}] \quad (6.1)$$

kde  $L_{Vi}$  je závojevový jas způsobený  $i$ -tým svítidlem v  $\text{cd.m}^{-2}$  vypočtený podle vzorce:

$$L_{Vi} = 3 \cdot \frac{E_i}{n_i^2} \cdot 10^{-3} \quad [\text{cd.m}^{-2}] \quad (6.2)$$

- $E_i$  intenzita osvětlení roviny kolmé ke směru pohledu v místě oka pozorovatele vyvolaná  $i$ -tým svítidlem v lx,  
 $v_i$  úhel mezi směrem pohledu a směrem svítivosti vstupujícího do oka pozorovatele v rad,  
 $n$  počet svítidel zahrnutých do výpočtu.

Do výpočtu se zahrnují pouze svítidla, pro která je  $v \leq 20^\circ$ , neboť ostatní jsou již mimo zorné pole řidiče.

Relativní zvýšení prahu rozlišitelnosti  $K_r$  v % se vypočte podle empirického vzorce:

$$K_r = 65 \cdot \frac{L_V}{L_P^{0,8}} \quad [\%] \quad (6.3)$$

- $L_V$  ekvivalentní závojevový jas, v  $\text{cd.m}^{-2}$ ,  
 $L_P$  průměrný jas povrchu vozovky, v  $\text{cd.m}^{-2}$ .

## B) Dle ČSN EN 132001 (-2,-3,-4).

Při hodnocení se vyhází:

**Prahový přírůstek ( $TI$ )** (*threshold increment*) (*bývalé relativní zvýšení prahu rozlišitelnosti*)- měřítko ztráty viditelnosti způsobené omezujícím oslněním svítidly osvětlovací soustavy pozemní komunikace

Prahový přírůstek ( $TI$ ) naznačuje, že přestože osvětlení pozemních komunikací zlepšuje zrakové podmínky, je také zdrojem omezujícího oslnění, jehož stupeň závisí na typu svítidel, světelných zdrojů a na geometrickém uspořádání.

Prahový přírůstek ( $TI$ ) se vypočítá z následujících rovnic, nebo jejich matematických ekvivalentů:

$$TI = \frac{65}{(\text{průměrný jas vozovky})^{0,8}} \times L_V \quad [\%] \quad (6.4)$$

$$L_V = 10 \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{q_k^2} = \frac{E_1}{q_1^2} + \frac{E_2}{q_2^2} + \dots + \frac{E_k}{q_k^2} + \dots + \frac{E_n}{q_n^2} \quad [\text{cd.m}^{-2}] \quad (6.5)$$

- kde: počáteční *průměrný jas vozovky* (v  $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) je průměrný jas vozovky vypočtený pro svítidla v novém stavu a pro světelné zdroje vyzařující počáteční světelný tok v lumenech;
- $L_V$  je ekvivalentní závojevý jas v kandelách na metr čtvereční;
- $E_k$  je osvětlenost (v luxech, založená na počátečním světelném toku zdroje v lumenech) způsobená  $k$ -tým svítidlem v novém stavu na rovině kolmé ke směru pohledu a to ve výšce zraku pozorovatele;
- $q_k$  je úhel ve stupních oblouku mezi směrem pohledu a přímkou vedenou od pozorovatele ke středu  $k$ -tého svítidla,
- $n$  je celkový počet svítidel (světelných zdrojů).

Oko pozorovatele, ve výšce 1,5 metru nad úrovní vozovky, se postupně umísťuje do osy každého pruhu, jak je naznačeno na *Obr. 1*, a podélně ve vzdálenosti v metrech  $2,75(H - 1,5)$ , kde  $H$  je montážní výška svítidla před výpočtovým polem (v metrech). Linie pohledu směřuje  $1^\circ$  pod vodorovnou rovinu a leží v podélné svislé rovině procházející okem pozorovatele.

Součet se provede pro první svítidlo ve směru pozorování a pro svítidla za ním, až do vzdálenosti 500 m v každé řadě svítidel, a skončí se, když příspěvek závojevého jasu jakékoli svítidla v té řadě je menší než 2% celkového závojevého jasu předchozích svítidel v té řadě. Svítidla nad mezní rovinou, která je vůči vodorovné rovině skloněna pod úhlem  $20^\circ$ , prochází okem pozorovatele a protíná komunikaci v příčném směru, se z výpočtu vyloučí.

Výpočet se zahájí s pozorovatelem v počáteční poloze, jak je popsáno výše, a opakuje pro pozorovatele pohybujícího se dopředu v krocích, které jsou co do počtu i vzdálenosti stejné jako podélná rozteč bodů pro výpočet jasu. Postup se opakuje s pozorovatelem umístěným v ose každého jízdního pruhu, přičemž se v každém případě použije *počáteční průměrný jas vozovky* odpovídající poloze pozorovatele.

**Největší nalezená hodnota  $TI$  je rozhodující hodnotou a tato rovnice platí pro  $0,05 < \text{průměrný jas vozovky} < 5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $1,5 < q_k < 60$  úhlových stupňů.**

Konstanta 10 v rovnici 5 platí pro pozorovatele starého 23 let. Konstanty pro jiná stáří je dají spočítat z formule:

$$9,86 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{A}{66,4} \right)^4 \right]$$

kde  $A$  je věk pozorovatele v rocích.

**Pro 70 let starého člověka vychází tato konstanta 22,04.**

### ***Třídy svítivosti***

V některých situacích je nezbytné potlačit omezující oslnění způsobené osvětlovacími soustavami v případech, kde není možno spočítat prahový přírůstek ( $TI$ ).

Tab. 6.2 uvádí přehled zavedených tříd svítivosti G.1, G.2, G.3, G.4, G.5 a G.6, z nichž lze vybrat třídu, která umožní splnit přiměřené požadavky na zábranu omezujícího oslnění nebo omezení dotěrného světla.

**Tab. 6.2 – Třídy svítivosti**

Třída	Největší svítivost v cd/klm			Jiné požadavky
	v 70° <sup>a</sup>	v 80° <sup>a</sup>	v 90° <sup>a</sup>	
G1		200	50	žádné
G2		150	30	žádné
G3		100	20	žádné
G4	500	100	10	svítivost nad 95° <sup>1)</sup> má být nula
G5	350	100	10	svítivost nad 95° <sup>1)</sup> má být nula
G6	350	100	0	svítivost nad 90° <sup>1)</sup> má být nula

<sup>a</sup> Jakýkoli směr daný uvedeným úhlem měřeným od vertikály zdola, pro svítidlo upevněné v provozní poloze.

**Třídy činitele oslnění**

V Tab. 6.3 jsou uvedeny třídy činitele oslnění D.0, D.1, D.2, D.3, D.4, D.5 a D.6 z nichž lze vybrat tu třídu, která umožní splnit přiměřené požadavky na omezení rušivého oslnění.

Činitel oslnění se vypočte jako  $I \cdot A^{-0,5}$ , jednotka cd/m, kde:

$I$  je největší hodnota svítivosti (cd) v libovolném směru daném úhlem 85° měřeném od vertikály zdola,

$A$  je zdánlivá plocha (m<sup>2</sup>) svítící části svítidla v rovině kolmé ke směru  $I$ .

**Jsou-li ve směru  $I$  viditelné části světelného zdroje, ať přímo nebo jako obrazy, použije se třída D.0.**

**Tab. 6.3 – Třídy činitele oslnění**

Třída	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Nejvyšší hodnota činitele oslnění	-	7000	5500	4000	2000	1000	500

**PŘÍKLAD 1** Svítící koule má průměr 0,6 m a v libovolném směru svítivost 60 cd na 1000 lm světelného toku holého světelného zdroje. Zdánlivá plocha je  $\pi \cdot 0,6^2 / 4 \text{ m}^2 = 0,28 \text{ m}^2$  a činitel oslnění je  $60 \cdot 0,28^{-0,5} = 113$  na 1000 lm světelného výkonu zdroje. Při současných světelných tocích zdrojů pro toto jednotlivé svítidlo při použití 50 W nebo 70 W vysokotlakých sodíkových výbojek vycházejí třídy D.6, případně D.5, při použití rtuťových výbojek 50, 80 nebo 125 W vycházejí třídy D.6, D.6, případně D.5.

**6.1.3. Hodnocení oslnění u venkovních prostranstvích a sportech****Dle publikace CIE 112 -1994**

Pojmy v oslnění, jako jsou „prahový přírůstek TI“ a „glare (oslnění) control mark G“, jež se běžně užívá při osvětlení pro silniční dopravu, nelze přímo aplikovat na prostorové osvětlení. Je tomu tak proto, že směr pohledu pozorovatelů není dán fixně (body osvětlení nemusí být nutně umístěny v pravidelném liniovém seskupení, atd.). Montážní výšky a světelné hranice jsou často mimo rozpětí platného návrhu veřejného osvětlení.

Stupeň, do kterého instalace osvětlení spadá, způsobuje oslnění, které závisí na dodaných svítidlech (jejich křivky svítivosti), jejich počtu, rozmístění, výšce a úrovně osvětlení v

osvětlovaném prostoru (dostatek světla, popř. jasu). Platnost tohoto systému je omezena na směry pohledu pod body úrovně očí. Jak je známo, ze zkušenosti problému nesnesitelného oslnění, největší oslnění je při pohledech směřovaných vzhůru, či přímo do svítidla.

Aby bylo možno tyto postupy hodnocení oslnění využít v praxi, je potřeba si stanovit standardní pozici pozorovatele a směry jeho pohledu.

Ve venkovním plošném a sportovním osvětlení nastává rušící oslnění nejen při pohledu přímo do svítidla, ale také při pohledu směřujícím ne přímo do svítidla, nýbrž k ploše jako takové (jenž je brána v úvahu). Stupeň rušivosti při zmíněných směrech pohledu záleží na faktorech jako je typ svítidel, typ zdroje svítidel, jejich rozmístění, výška připevnění a cílovém směru zaměření. Výzkumy ukázaly, že tyto dva následující parametry korelují nejlépe s „odhady“ oslnění u venkovních plošných a sportovních osvětlení.

- $L_{VI}$  závojevý jas (zahalující jas, zastření jasu) produkovaný svítidly
- $L_{VE}$  závojevý jas (zahalující jas, zastření jasu) produkovaný prostředím.

Vztah mezi  $L_{VI}$  a  $L_{VE}$  lze popsat jako:

$$GR = 27 + 24 \lg \left( \frac{L_{VI}}{L_{VE}^{0,9}} \right) \quad [ - ; \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6.6)$$

GR představuje hodnocení (výkon či hodnotu) oslnění. Čím je nižší hodnota GR tím je restrikce (zábrana) oslnění lepší. Z praktických důvodů jsou hodnoty GR vyjádřeny pouze dvěma číslicemi (10-90) a nikoli v desetinných číslech. Přesnost vyjádření GR je plus minus 5 procent.

#### **Základní vzorec pro hodnocení oslnění:**

$$L_V = 10 \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{q_k^2} = \frac{E_1}{q_1^2} + \frac{E_2}{q_2^2} + \dots + \frac{E_k}{q_k^2} + \dots + \frac{E_n}{q_n^2} \quad [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6.7)$$

kde:  $L_V$  je ekvivalentní závojevý jas v  $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ;

$E_k$  je osvětlenost (v lx, založená na počátečním světelném toku zdroje v lumenech) způsobená  $k$ -tým svítidlem v novém stavu na rovině kolmé ke směru pohledu a to ve výšce zraku pozorovatele;

$q_k$  je úhel ve stupních oblouku mezi směrem pohledu a přímkou vedenou od pozorovatele ke středu  $k$ -tého svítidla, ve stupních ( $1,5^\circ < q < 60^\circ$ ),

$n$  je celkový počet svítidel (světelných zdrojů)

$L_{VE}$  lze také vypočítat zjednodušenou metodou (je třeba znát jas okolního prostředí). Tuto zjednodušenou metodu lze použít, když vnímané pozadí je osvětlenou plochou.

$$L_{VE} = 0,035 \cdot L_{AV} \quad [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6.8)$$

Průměrný jas  $L_{AV}$  ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) lze naproti tomu vyjádřit vzorcem:



$$L_{AV} = E_{hor-av} \cdot \frac{r}{p \cdot \Omega_0} \quad [\text{cd.m}^{-2}] \quad (6.9)$$

kde

$E_{hor-av}$  - průměrná osvětlenost horizontální plochy (lx)

$r$  - odrazivost plochy (oblasti) přijímající rozptýlené odlesky

$\Omega_0$  - jednotný prostorový úhel (sr)

Mezi těmito dvěma druhy výpočtu je v jistých případech nepatrný rozdíl (co se výsledné hodnoty  $L_{VE}$  týče). Z druhého postupu v pořadí vzejde hodnota  $L_{VE}$  o něco lépe (lehce lepší).

### Doporučené limitní hodnoty GR:

#### Prostorové osvětlení

Typ aplikace		GR <sub>MAX</sub>
Osvětlení pro		
Bezpečnost a ochrana	Malé nebezpečí	55
	Střední nebezpečí	50
	Vysoké nebezpečí	45
Pohyb a bezpečnost	Pouze chodci	55
	Pomalou se pohybující doprava	50
	Normální doprava	45
Práce	Velmi hrubá	55
	Středně hrubá	50
	Konečná	45

#### Sportovní osvětlení

Typ aplikace	GR <sub>MAX</sub>
Osvětlení pro tréninkové účely	55
Osvětlení pro soutěžní účely (včetně TV vysílání)	50

### Literatura:

- [6.1] *Sokanský, K.*: Úspory elektrické energie na veřejném osvětlení. Česká společnost pro osvětlování, Ostrava, Česká Republika, 2002
- [6.2] ČSN EN 13201 (-2, -3, -4). Osvětlení pozemních komunikací, návrh červen 2004
- [6.3] ČSN 36 0400. Veřejné osvětlení, schválena 4.12.1984
- [6.4] Technical Report CIE 112 - 1994. Glare Evaluation System for Use within Outdoor Sports and Area Lighting, ISBN 3-900-734-55-0

## 7. ARCHITEKTONICKÉ OSVĚTLENÍ

### 7.1. Obecné požadavky

Venkovní osvětlení objektů dotváří obraz města a krajiny po západu slunce a podílí se nejen na zlepšení prostorové orientace chodců a řidičů, ale především vytváří slavnostní ráz lokality. Umělé osvětlení umožňuje zaměřit pozornost návštěvníků na důležité architektonické nebo historické památky. Vhodná technika osvětlení využívající kontrasty jasů nebo barev dovoluje zdůraznit vybrané architektonické prvky a dosáhnout působivějšího zobrazení stavby než ve dne. Doporučené hodnoty jasu objektů s vlastním osvětlením, pro různé pozorovací vzdálenosti jsou uvedeny v následující tabulce.

**Tab 7.1. Doporučený jas objektů s vlastním osvětlením**

Pozorovací vzdálenost objektu	Jas průčelí, fasády $L_{pk}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	Specifikace vzdálenosti pozorovatele
dálkové pohledy	10 až 20	Prostorový úhel pod, kterým pozorovatel sleduje pozorovaný objekt je velmi malý a jeho hodnota je výrazně menší než jeden steradián
pohledy z okolí	5 až 10	Prostorový úhel pod, kterým pozorovatel sleduje pozorovaný objekt se pohybuje okolo jednoho steradiánu
pohledy z bezprostřední blízkosti	1 až 5	Prostorový úhel pod, kterým pozorovatel sleduje pozorovaný objekt je výrazně větší než jeden steradián a vzdálenost pozorovatelem je menší než rozměry pozorované fasády

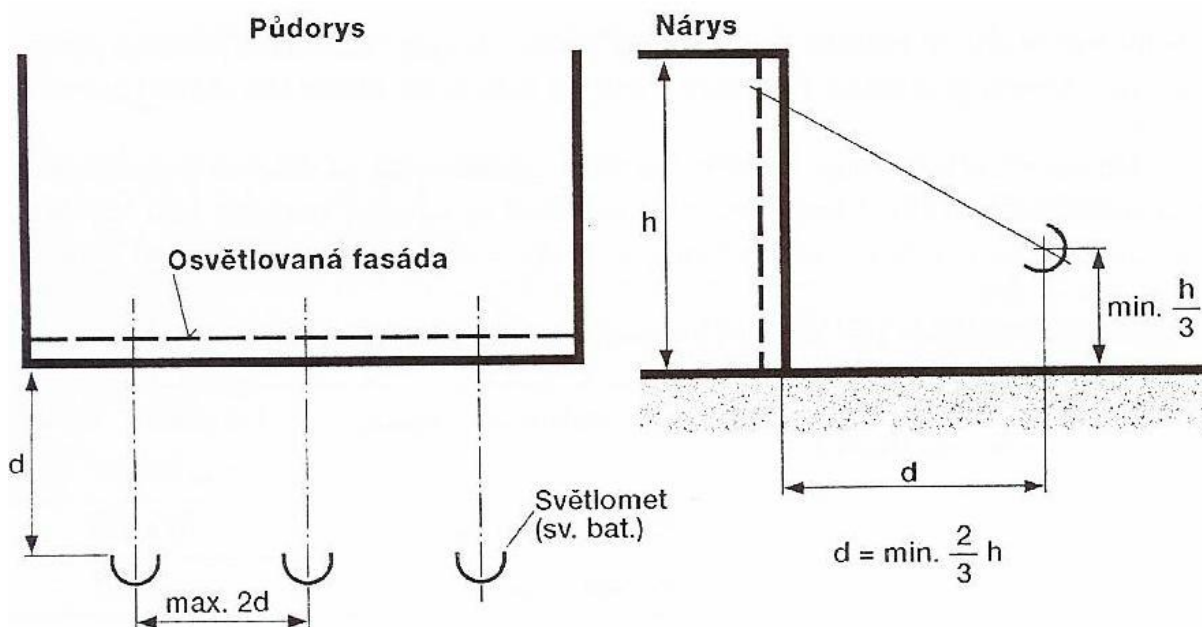
kde:  $L_{pk}$  je místně průměrný a časově minimální jas osvětlovaného objektu.

Při stanovení potřebné hodnoty jasu osvětlovaného objektu je kromě pozorovací vzdálenosti třeba vzít v úvahu především jas okolí a význam objektu. Při vyšších úrovních jasu okolí se volí vyšší hodnoty jasu průčelí. Obecná ucelená teorie osvětlovacích soustav výtvarného osvětlování venkovních objektů neexistuje. Přes značnou různost a pestrost řešení praktických případů však lze některé poznatky zobecnit a citlivě je využít.

### 7.2. Základní doporučení pro umístění svítidel

#### 7.2.1. Osvětlování budov s plochými fasádami

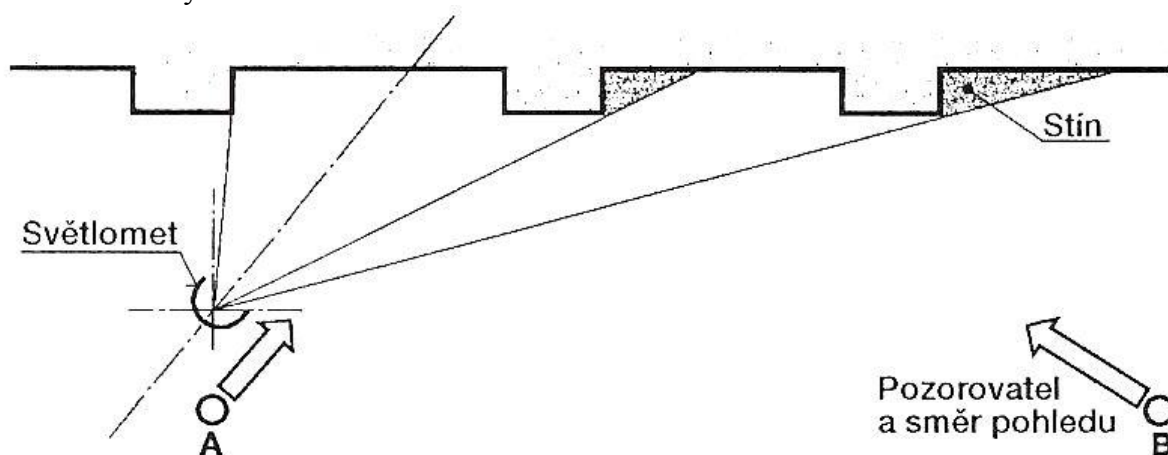
Pokud se osvětluje pouze čelní stěna objektu (nikoli zároveň některá z bočních stěn), lze pro výchozí úvahy použít pokyny podle *Obr. 7.1.* a pak podle konkrétně zvolených osvětlovacích prostředků provést vlastní výpočty. Je vhodné vybrat takové světlomety, které svými fotometrickými vlastnostmi umožní docílit přiměřeně rovnoměrného osvětlení na fasádě. Jestliže se šířka budovy přibližně rovná její výšce nebo výška nad šířkou převažuje, nelze ji osvětlovat pouze z jediného místa.



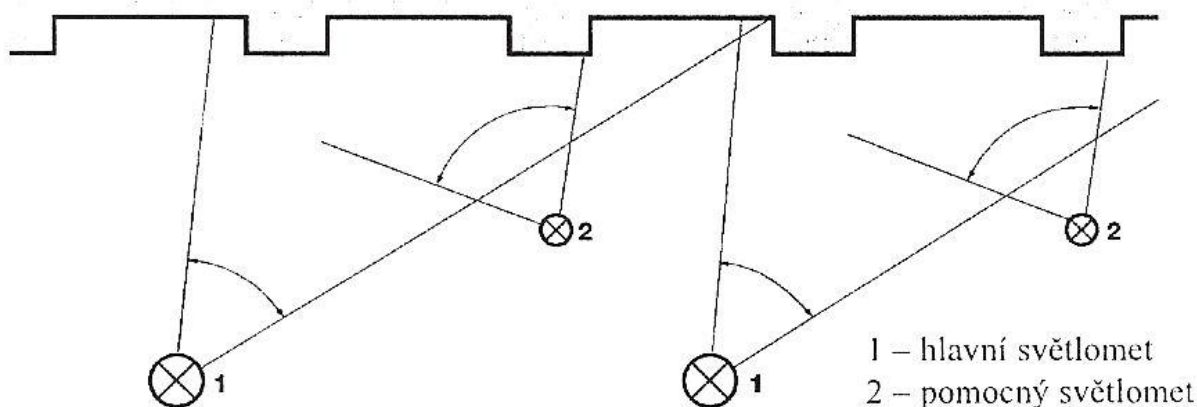
Obr. 7.1 Osvětlení budov s vertikálním členěním fasád

### 7.2.2. Osvětlení vertikálně členěných fasád

V praxi mívají fasády většinou jak vertikální, tak horizontální členění povrchu. Budeme zde tedy uvažovat převažující vertikální členění. Základem úspěšného řešení je správné určení úhlových směrů osvětlování a pozorování. Přitom je dobré mít na paměti, že vhodné směry osvětlování nejsou vždy kolmé k rovině osvětlované fasády. Vztahy mezi směrem osvětlování a směrem pozorování ilustruje Obr. 7.2. Ačkoli světlomet v daném případě vytváří na fasádě kombinaci světla a stínu, vidí tuto kombinaci pozorovatel v místě B, nikoli však pozorovatel v místě A. Nelze tedy ani u členěné fasády zabránit tomu, aby se při pohledu z jistých směrů nejevila plošně. Tento nedostatek lze odstranit vyloučením nevhodných pozorovacích směrů tzv. světelným (nikoli barevným) "tónováním". Světelného tónování (viz Obr. 7.3.) lze dosáhnout kombinací osvětlení z hlavních světlometných baterií (v obrázku označeny "1") s doplňkovým osvětlením od světlometů „2“, dimenzovaných zhruba na 1/3 celkové intenzity osvětlení fasády.



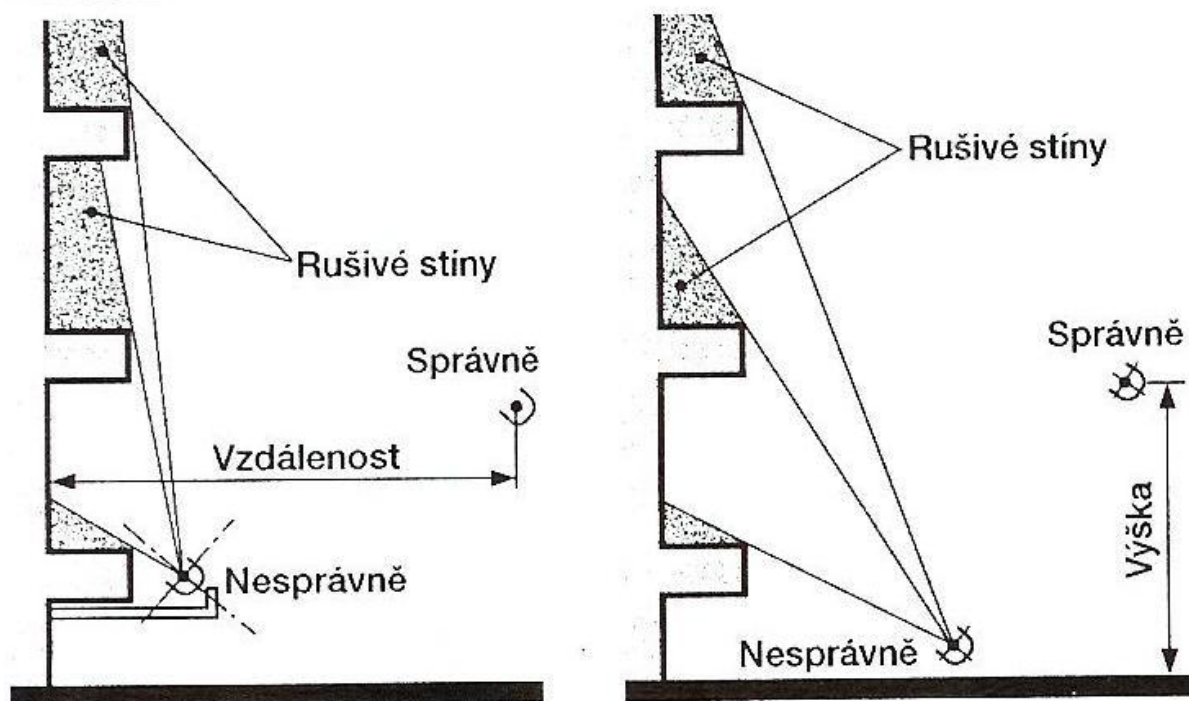
Obr. 7.2. Osvětlení budov s vertikálním členěním fasád



Obr. 7.3 Princip světelného tónování složitějších povrchů fasád budov

### 7.2.3. Osvětlení horizontálně členěných fasád

Horizontálnímu členění napomáhají hlavně balkony. Při výtvarném osvětlování je nutno věnovat samostatnou pozornost vzdálenosti světlometů od fasády a volbě správné výšky pro umístění světlometů nad terénem (v porovnání s výškou budovy a výškou oka pozorovatele). Praktické řešení osvětlovací soustavy podle výše uvedených požadavků uvádí Obr. 7.4.



Obr. 7.4 Řešení osvětlení s horizontálně členěnou fasádou budov

## 7.3. Jakost architektonického osvětlení

Architektonické osvětlení venkovních objektů se chápe jako nová kvalitativní úroveň, která může dotvářet estetické prostředí v exteriérech měst. K charakteristickým kvalitativním rysům architektonického osvětlení patří:

- Kontrast jasu povrchu uměle osvětlovaného objektu vůči jasu okolí se volí podle povahy osvětlovaných ploch objektů (členěná fasáda budovy vyžaduje za stejných situačních a funkčních podmínek vždy relativně nižší jas než fasáda nečleněná).
- Kontrasty světla a stínu na osvětlované ploše nesmí být esteticky rušivé, zejména nemají zkreslovat estetickou působivost.
- Architektonické osvětlení objektu musí být ve vizuálním souladu s osvětlením okolí, zejména s dopravně-bezpečnostním osvětlením silničních komunikací (v praxi nejčastěji oslňuje řidiče).
- Vhodné je světelné modelování výtvarně osvětlovaných ploch za pomoci účelného využívání druhu a velikosti odrazu světla od nich.

#### 7.4. Vývoj architektonického osvětlení

**Historie osvětlování** - jediným cílem bylo nabídnout denní světlo, nehledě na zvláštní osobitost noční dimenze.

**Současnost osvětlování** - stále více se šíří koncept, že světlo nemá pouze zahánět tmou, ale má také dodávat prostředí nový kvalitativní rozměr. Noční scenerie proto vyžaduje pečlivé promyšlení toho, aby umělé světlo interpretovalo místo a architektonický prostor jako celek. Světlo je tedy chápáno jako výpravný prvek sjednocující a shrnující původní historicko-umělecké rozměry.

#### 7.5. Postupy v osvětlování architektur

- analýza vlastností objektu (historická a kontextuální analýza) nezbytná k **pochopení poselství, které osvětlovaný objekt obsahuje** a výčet funkcí vhodného osvětlení
- zhodnocení technických aspektů
  - technika osvětlení a výběr světelných zdrojů
    - osobité architektonické vlastnosti
    - fyzické vlastnosti stavebního a obkladového materiálu
    - výskyt případných překážek
  - umístění světelných zdrojů a určení jejich počtu
    - podmínky osvětlení okolí a pozadí
    - hlavní vizuální směry a vzdálenosti, z nichž má být památka viditelná

#### 7.6. Světelné zdroje pro osvětlování architektur

Až dosud byly používány pro osvětlování architektur jako světelné zdroje výbojky. Především halogenidové výbojky, které jsou schopny zdůraznit barevné vlastnosti osvětlovaného objektu. V současné době se však díky značnému technickému pokroku v oboru architektonického osvětlení stále více uplatňují LED diody. Po léta byly sice považovány za pouhé signalizátory, ale dnes již začínají být brány v úvahu také jako alternativa tradičních světelných zdrojů. V následující tabulce jsou ukázány objemy prodeje LED diod od roku 2002 až po odhady do roku 2007. Z níže uvedené tabulky vyplývá, že průměrný meziroční nárůst objemů prodeje LED diod se pohybuje okolo **43,8%**.

**Tabulka 7.2. Ukazatele prodeje led diod v oboru osvětlovací techniky a předpoklad růstu trhu - zdroj Strategies Unlimited, USA**

rok	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Objem prodeje LED v milionech dolarů	85	129	197	282	386	522

### 7.7. Konfrontace světelných zdrojů

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Princip fungování je založen na principu výboje v plynech. Světlo vzniká ve výboji mezi dvěma elektrodami uvnitř trubice obsahující plyn (plus prvky vzácných zemin). Plyny při průchodu proudem vydávají v závislosti na tlaku v baňce energii ve formě záření o různých vlnových délkách.	LED dioda je tvořena různými vrstvami polovodičového materiálu. Přiváděním stálého napětí vzniká světelné záření uvnitř aktivní vrstvy.
Všechny výbojky vyžadují speciální pomocná zařízení regulující proud a umožňující rozsvícení (předřadník).	Bíle svítící LED dioda je tvořena modrou diodou, která umožní při použití specifického fluorescentního prášku získat druhotné záření. Při správné koncentraci fluorescentního materiálu se primární modré světlo kombinuje s druhotným do výsledného tvaru, který lidské oko vnímá jako bílou barvu.
Výbojky potřebují po rozsvícení určitou dobu (většinou 2 – 10 minut), než dosáhnou maximální úrovně světelného toku.	Je zapotřebí spouštěcí obvod.
	Časy znovurozsvícení LED diod jsou zanedbatelné.
Funkční pozice jsou omezeny.	Funkční pozice jsou bez omezení.

### Konfrontace světelných zdrojů – vývoj

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Primárně vyvinuty pro osvětlovací průmysl.	První průmyslové využití v roce 1970 (signalizace), v oboru osvětlovací techniky teprve v posledních letech.
Technologie se přiblížila svému maximálnímu potenciálu již v době vzniku.	Stálý vývoj a zvyšování potenciálu.
Vývoj je vázán na běžná pravidla tradičního osvětlení (vzácné zeminy, plyn...).	Růst měrných výkonů přesahuje hranice naší běžné reality.
	Vývoj polovodičů (tvořených čipem) je velmi blízko oboru informatiky.

### Konfrontace světelných zdrojů - barva a teplota chromatičnosti

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Náhradní teplota chromatičnosti se pohybuje od 3000K do 6000K. Toto rozmezí je	Existují různé odstíny bílé barvy světla s náhradními teplotami chromatičnosti od 3200

označováno jako studené světlo (je určené spektrálním složením a ovlivněné vlnovou délkou modré barvy).	K do 8000 K. Intenzita a odstín závisí na množství použitého fosforu.
Obecně řečeno mají halogenidové výbojky index podání barev mezi hodnotou 1A - výborný (Ra 90 / 100) a 1B - velmi dobrý (Ra 80 / 89).	Průměrná náhradní teplota chromatičnosti je 5500 K, již odpovídá index podání barev 2B - dobrý (Ra 60 – 70).
Stálost barvy světla závisí na typu výbojky.	Dobrá barevná stálost světla.

### Konfrontace světelných zdrojů - měrný výkon

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Měrný výkon se pohybuje mezi 80 – 90 lm / W.	V současnosti mají bílé diody účinnost 30 lm / W. Příští rok se očekává měrný výkon 50 lm / W. Ve výhledu dvou let uvažují výrobci s měrným výkonem okolo 60 – 70 lm / W.
	Měrný výkon se zvyšuje každé dva roky.

### Konfrontace světelných zdrojů - distribuce světelného toku

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Vyzařují světelný pod všemi úhly, což znamená že není soustředěn do jednoho směru.	Vzhledem k typické vlastnosti LED diod emitovat světelný tok v rozpětí 120° až 140° bez optiky, je jejich světelný tok lépe kontrolovatelný pomocí optických systémů, které umožňují dosahovat celkově vyšší účinnosti osvětlovacích soustav.
Halogenidové výbojky mají na počátku svého života měrný výkon mezi 80 – 90 lm / W. Když se takovýto světelný zdroj zapojí do výkonného optického systému jeho účinnost (účinnost celku) se sníží na hodnoty srovnatelné s výkonnými LED diodami.	Analogicky ke světelného toku (mezi dvěma světelnými zdroji) dosahují LED diody vyšších osvětleností.

### Konfrontace světelných zdrojů - střední doba života

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Od 6.000 hodin do 9.000 hodin (po 6.000 hodinách je tok snížen na cca 70%).	Průměrná doba života LED diod je přibližně 100.000 hodin (to je 22 let , pokud uvažujeme průměrnou dobu svícení 12 hodin denně). Počáteční světelný tok je redukován na 70% po cca 50.000 hodinách a na 50 % po 100.000 hodinách.

**Konfrontace světelných zdrojů – teplota**

<b>Halogenidové výbojky</b>	<b>Bílé LED diody</b>
Výbojky vyzařují teplo, které vzniká spolu se světelným zářením.	Uvnitř vysokovýkonných LED diod vzniká nezanedbatelný termický cyklus. V důsledku jejich konstrukce přenáší teplo směrem k zadní části a je tudíž nezbytné absorpční zařízení, které ho správně zpracuje.
Světelný tok nezávisí na teplotě prostředí. Pouze při nízkých teplotách, do minus 50 ° C je nutné použít speciální zapalovací zařízení.	Životnost LED diod velmi závisí na schopnosti návrháře nalézt vhodné řešení odvodu tepla a tomu odpovídající design, při zachování optimální výkonnosti LED diod.
	Při zvýšení proudu světelný tok roste, to má však negativní vliv na průměrnou dobu života LED diod. Také když teplota prostředí přesáhne limit, na který bylo zařízení navrhováno, může dojít ke snížení světelného toku.
	Možnost instalace v obzvlášť chladném prostředí, protože LED diody, jako všechny polovodiče, zlepšují při snížené teplotě svůj výkon.

**Konfrontace světelných zdrojů - spektrum vyzařování**

<b>Halogenidové výbojky</b>	<b>Bílé LED diody</b>
Bílé světlo halogenidových výbojek vzniká kombinací záření různých barev (vlnových délek), které vytváří viditelné spektrum. Vyzařují tudíž i v infračervené a ultrafialové oblasti.	LED diody nevyzařují ani v ultrafialové ani v infračervené oblasti. Minimalizuje se tudíž negativní vliv těchto složek na osvětlovaný povrch.

**Konfrontace světelných zdrojů - regulace světelného toku**

<b>Halogenidové výbojky</b>	<b>Bílé LED diody</b>
Při použití stmívače může u halogenidových výbojek docházet k výrazným změnám barev, problému s udržením světelného toku a k snížení doby života.	LED diody při stmívání umožňují regulovat vyzařování světelného toku a získávat tak různé odstíny a světelné efekty zhodnocující architektonické detaily osvětlovaných povrchů.

**Konfrontace světelných zdrojů – údržba**

<b>Halogenidové výbojky</b>	<b>Bílé LED diody</b>
Podle běžného programu údržby se předpokládá pravidelná výměna halogenidových výbojek v průměru každé dva roky.	Životnost až 100.000 hodin, což v podstatě znamená nulovou údržbu a snadné použití v prostředí, kde je zvlášť obtížné dostat se k nainstalovaným zdrojům světla.

Při porovnání průměrné doby života u zmíněných světelných zdrojů (halogenidové výbojky 70 % světelného toku po 6.000 hodinách a LED diody 70 % světelného toku po 50.000



hodinách) vychází, že halogenidové výbojky vyžadují osmkrát více údržby. Položme si tedy otázku, zda jsou vstupní náklady na zařízení s LED diodami porovnatelné s náklady na zařízení s výbojkami plus náklady na osm úkonů jeho údržby.

### Konfrontace světelných zdrojů - optické systémy

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Po zapojení halogenidové výbojky do optického systému se účinnost souboru sníží.	Mohou být použity v široké škále přídavných optik, navržených ad hoc pro různé kontexty a instalační studie.
Jeden optický systém může být navržen pro rozdílné typy zdrojů.	Neexistence formálních a rozměrových standardů vyžaduje navrhování specifických optických systémů pro každý jednotlivý typ LED diody.

### Konfrontace světelných zdrojů - základní prostorové rozměry

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Minimální rozměry pro 150 W halogenidovou výbojku s patičí G12 jsou 84 x 56mm a maximální rozměry pro 150 W halogenidovou výbojku s patičí E40 jsou 204 x 132 mm.	Rozměry jsou miniaturní (lze porovnat s jedním centem eura, nepočítaje odvaděč tepla). Vzhledem k miniaturním rozměrům, všechny LED diody umožňují maximální svobodu designu osvětlovacích těles a systémů.

Miniaturizace světelných zdrojů umožňuje světlu odhalit strukturu a trojrozměrnost hrou světla a stínu při zachování původního vzhledu díla. Zařízení projektovaná pro použití LED diod jsou tedy vysoce výkonná, aniž by ohrozila estetický aspekt objektu a umožňují použití v architektonických konceptech, kde bylo až dosud nemožné použít tradiční světelné zdroje. Miniaturní rozměry ve spojení s vysokým technologicko-inovativním obsahem, činí tyto produkty vhodné i pro uplatnění na fasádách historických budov, protože jsou schopny plnit úlohu nočního osvětlení přičemž jsou neinvazivní a absolutně neruší celkový vzhled fasády. LED diody výborně ladí s jednotlivými prvky staveb, jako jsou římsy, ochozy, štíty, sloupy apod. a jsou schopny vykreslit fasády plnými tahy světla.

### Konfrontace světelných zdrojů - aplikace

Halogenidové výbojky	Bílé LED diody
Halogenidové výbojky mají všechny fotometrické parametry, které musí splňovat řádný světelně-technický projekt.	LED diody mají nízkou schopnost osvětlení, a je tudíž třeba brát v úvahu především jasy.
Pro získání barevného světla je třeba použít filtry, které snižují výkon osvětlovacího systému.	Výhodou monochromatismu je možnost kombinovat přímo jednotlivé LED diody a získat tak širokou škálu barev bez použití filtrů.

### Literatura:

[7.1] Plch, J.: Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999.

- [7.2] *Corsaro, K.*: Kurz osvětlovací techniky XXIV, Vývoj LED diod od užití v signalizaci k osvětlení ve městě, 2005
- [7.3] Covitti, A.: LUXEUROPE 2005, Measurement and prevision of the chromatic appearance of a lit monument in relationship to the durinal situation
- [7.4] OSRAM                firemní katalog, [www.osram.com](http://www.osram.com).
- [7.5] LUXEON              firemní katalog

## 8. OSVĚTLENÍ TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

### 8.1. Úvod

Osvětlování tunelů je součástí technologického vybavení tunelu, jež je v rámci soustavy českých technických norem zmíněno v ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“, s účinností od 1.9.1999 [1], ale podrobněji jím nezabývá. V kapitole 11 „Vybavení tunelu“ se v této normě uvádí, že podrobné pokyny pro návrh technologického vybavení tunelu stanovuje zvláštní předpis, konkrétně technické podmínky „Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací“ (TP 98), jejichž aktualizovaná verze byla zpracována společností ELTODO EG, a.s. a nabyla účinnosti od 1. 10. 2003 [2]. TP 98 jsou platným doplňkem normy [1]. V rámci revize normy [1] je realizována snaha zařadit maximum požadavků obsažených v TP 98 do uvedené normy.

Do TP 98 jsou zapracovány požadavky publikace CIE 88:1990 „Guide for the lighting of road tunnels and underpasses“ (Průvodce osvětlením tunelů a podjezdů) [3].

Mezitím vyšlo v roce 2004 druhé vydání publikace CIE 88 [4].

V rámci činnosti 4. divize CIE „Lighting and signalling for transport“ (Osvětlení a signalizace v dopravě) se problematikou osvětlení v tunelech zabývá technická komise TC 4-24 „Calculation and measurement of tunnel lighting quality criteria“ (Výpočet a měření kvalitativních kritérií osvětlení tunelů), která již svou práci dokončuje, a TC 4-43 „Emergency lighting in tunnels“ (Nouzové osvětlení v tunelech), jejíž práce je v počátečním stádiu.

V rámci Evropského výboru pro normalizaci (CEN), jehož členem je ČR prostřednictvím Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví od roku 1997, se řadu let v pracovní skupině WG 6 technické komise TC 169 „Light and Lighting“ (Světlo a osvětlení) připravovala norma pro osvětlování tunelů. V roce 2000 bylo rozhodnuto, že výsledný dokument nebude vydán jako norma, ale pouze jako technická zpráva [5]. Zatím není v ČR uplatněna.

### 8.2. Zásady osvětlování tunelů

Jak vyplývá z předchozího textu, při osvětlování tunelů se v České republice má do doby dokončení revize ČSN 73 7507 [1] postupovat především podle technických podmínek TP 98 [2], v nichž je osvětlení věnována kapitola IV. „Osvětlení tunelu“ a příloha A „Metodika výpočtu osvětlení“.

Cílem osvětlení tunelů je zajistit v průběhu dne i noci bezpečnost, plynulost a zrakovou pohodu účastníků provozu obdobnou, jako na přílehlých úsecích otevřené komunikace, při respektování dané návrhové rychlosti. K dosažení tohoto cíle je potřeba vytvořit podmínky pro to, aby:

- a) řidiči vjíždějící do tunelu, projíždějící jím nebo vyjíždějící z tunelu měli dostatek zrakových informací o pokračování komunikace před sebou, zahrnující informace o případném výskytu překážek, včetně informací o ostatních vozidlech a jejich pohybu,
- b) pocity sebedůvěry řidičů byly stejné jako na přílehlých otevřených úsecích komunikace.

Nejnáročnější je dosažení uvedených cílů v denní době, zvláště za přímého svitu slunce.

Pro osvětlení v tunelech jsou za důležité považovány následující fotometrické charakteristiky:

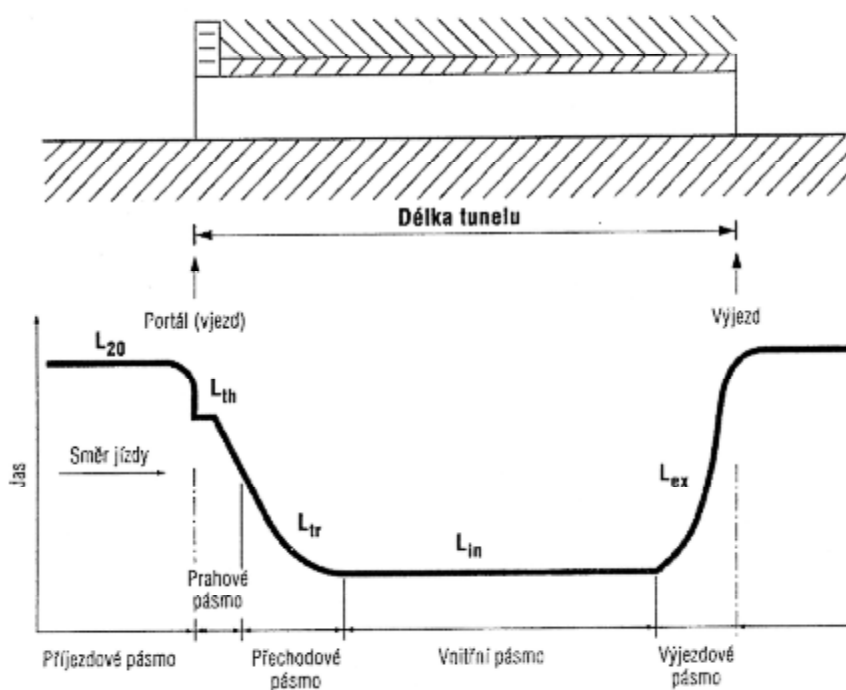
- úroveň jasu vozovky a spodní části stěn tunelu,
- rovnoměrnost rozložení jasu na vozovce,

- omezení oslnění,
- omezení mihání světla.

### 8.3. Osvětlení v jednotlivých pásmech tunelu

Úkolem osvětlení tunelu je zajistit uvnitř tunelu srovnatelnou viditelnost jako vně tunelu. Vzhledem k zrakové adaptaci řidiče je osvětlení tunelů nejkritičtější v denních hodinách, kdy řidič vjíždí z prostředí s vysokou úrovní jasu do prostředí, kde je jeho úroveň nízká. Čím větší je rozdíl těchto jasových úrovní, tím déle trvá proces adaptace zraku a tím větší dráhu vozidlo ujede za danou adaptační dobu. Tato vzdálenost nesmí být s ohledem na bezpečnost provozu větší, než celková brzdná dráha vozidla.

Z výše uvedených důvodů se v podélném směru tunelů rozlišuje pět pásem osvětlení. Tato pásma jsou schématicky znázorněna na *Obr. 8.1*.



*Obr. 8.1* Typický podélný řez jednosměrným tunelem

Pozn.: V příjezdovém a výjezdovém pásmu se jedná o vztažné jasy odpovídající adaptačnímu stavu zraku. V ostatních pásmech se jedná o jas povrchu komunikace v tunelu. Prahové a přechodové pásmo dohromady tvoří tzv. vjezdové pásmo (někdy se používá termín „adaptační pásmo“).

#### 8.3.1. Příjezdové pásmo

Příjezdové pásmo je úsek komunikace bezprostředně před vjezdem do tunelu, odkud musí příjezdějíci řidič vidět do tunelu. Viditelnost vozovky uvnitř tunelu z příjezdového pásma ovlivňuje několik činitelů. Patří mezi ně nedostatečné osvětlení prahového pásma, které způsobuje, že řidič nalézající se v příjezdovém pásmu nevidí překážky uvnitř tunelu. Také závoje oslnění, vyvolané rozptýleným atmosférickým světlem ovlivňuje viditelnost. Snižuje kontrast jasů předmětu na vozovce, a to jak uvnitř, tak vně tunelu.

Tzv. „efekt černé díry“ vzniká v případech, kdy řidič nemá dostatečnou důvěru, že cesta uvnitř tunelu je volná a v důsledku toho zpomalí. Nejhorší je případ, kdy se bezprostředně před řidičem nevyskytují žádná vozidla, podle nichž by mohl viditelnost snadno vyhodnotit. Jas příjezdového pásma se hodnotí ve dvacetistupňovém zorném poli z pohledu přijíždějícího řidiče. Osa tohoto kuželu směřuje přibližně do 1/4 výšky vjezdového otvoru tunelu. Jas v příjezdovém pásmu se označuje  $L_{20}$ .

Při shodných podmínkách denního osvětlení bývají u tunelů s různými příjezdy a okolím hodnoty jasu  $L_{20}$  značně rozdílné. Pro účely návrhu osvětlení je potřeba určit nejvyšší hodnotu jasu  $L_{20}$ , která se s dostatečnou četností vyskytuje v průběhu roku. Tato hodnota závisí na sezónních podmínkách a na počasí.

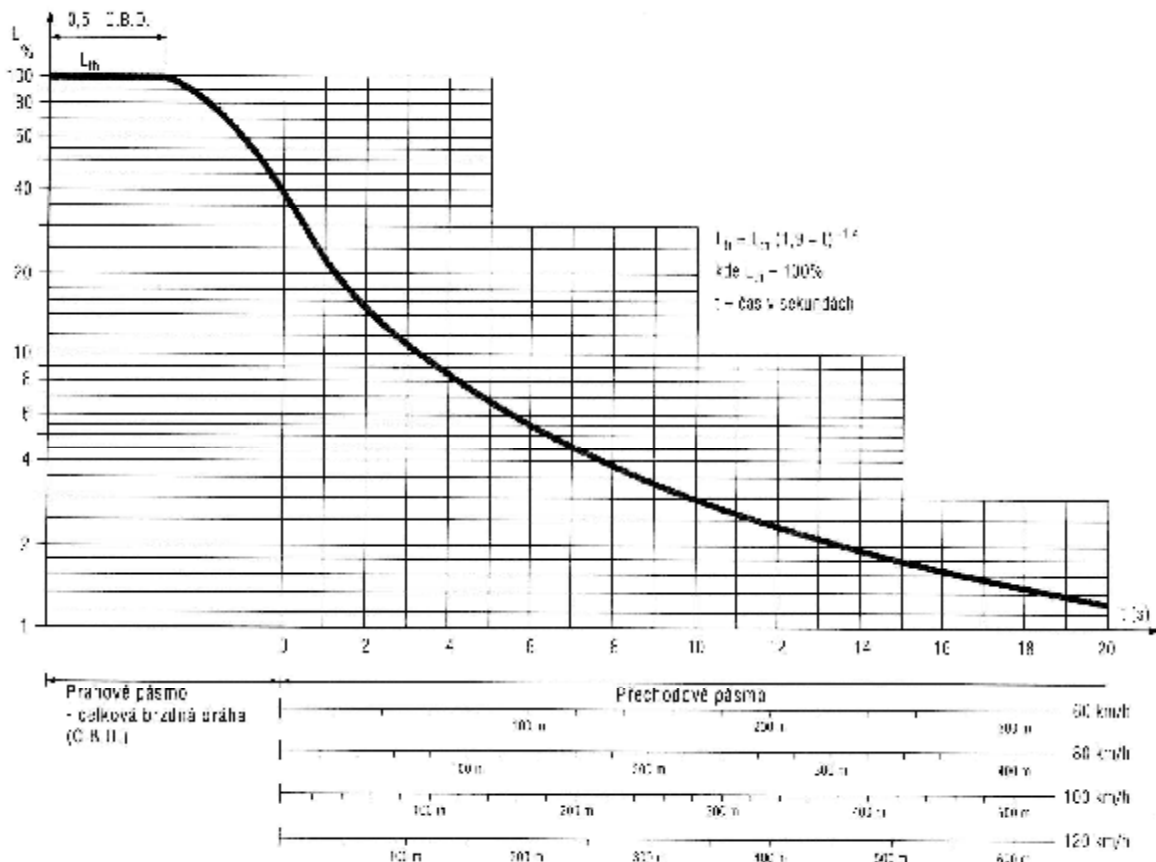
### 8.3.2. Prahové pásmo

Prahové pásmo je první úsek uvnitř tunelu ve směru jízdy (*Obr. 8.1*). Osvětlení tohoto pásma musí vycházet ze zrakového vnímání řidiče, který se ještě nalézá vně tunelu a je tedy obklopen jasy příjezdového pásma. Délka tohoto prahového pásma závisí na návrhové rychlosti a má se rovnat příslušné celkové brzdě dráze. Jas v prahovém pásmu se označuje  $L_{th}$ . Místně průměrná a časově minimální hodnota jasu  $L_{th}$ , vyžadovaná na začátku prahového pásma, se určí podle poměrů  $L_{th}/L_{20}$ , uvedených v Tab. 8.1 pro různé délky celkových brzděných drah (úměrné příslušným návrhovým rychlostem) a pro různé poměry  $L/E_v$ .

**Tab. 8.1. Doporučené poměry jasu prahového a příjezdového pásma,  $k = L_{th}/L_{20}$**

	Symetrické osvětlení ( $L/E_v \leq 0,2$ )	Protisměrné osvětlení ( $L/E_v \geq 0,6$ )
Celková brzděná dráha	$L_{th}/L_{20}$	$L_{th}/L_{20}$
60m	0,05	0,04
100m	0,06	0,05
160m	0,10	0,07

Délka prahového pásma musí být nejméně rovna celkové brzdě dráze. V první polovině jeho délky je požadován konstantní jas  $L_{th}$ , jako na začátku prahového pásma. Od poloviny délky má jas postupně klesat až na hodnotu  $0,4 L_{th}$ , na konci prahového pásma (*Obr. 8.2*). Toto snižování může být stupňovité, ale poměr sousedních stupňů nemá být větší než 3:1 a úroveň jasu by nikdy neměla klesnout pod hranici vymezenou čarou poklesu podle *Obr. 8.2*.



Obr. 8.2. Doporučený průběh jasu v prahovém a přechodovém pásmu

### 8.3.3. Přechodové pásmo

Přechodové pásmo je úsek tunelu následující po prahovém pásmu. V přechodovém pásmu se úroveň jasu existující na konci prahového pásma snižuje na úroveň jasu vnitřního pásma. Tento přechod musí být postupný, aby měl zrak dostatek času k adaptaci na nižší úroveň jasu, aby nedošlo vlivem nedostatečné adaptace zraku ke snížení viditelnosti a zrakové pohody. Délka přechodového pásma závisí na návrhové rychlosti a na rozdílu úrovní jasu mezi koncem prahového pásma a vnitřním pásmem. Toto snižování může být stupňovité, ale poměr sousedních stupňů nemá být větší než 3:1 a úroveň jasu by nikdy neměla klesnout pod hranici vymezenou čarou poklesu podle Obr. 8.2. Jas v přechodovém pásmu se označuje  $L_{tr}$ .

### 8.3.4. Vnitřní pásmo

Vnitřní pásmo je úsek tunelu následující po pásmu přechodovém. Ve vnitřním pásmu je úroveň jasu konstantní. Postupné snižování jasu v přechodovém pásmu nemůže zajistit úplnou adaptaci zraku. Proto je ve dne nutno ve vnitřním pásmu tunelu udržovat vyšší úroveň jasu než v noci. Jasu ve vnitřním pásmu se označuje  $L_{in}$ .

Místně průměrná a časově minimální hodnota jasu povrchu vozovky vnitřního pásma tunelu  $L_{in}$ , má nabývat velikostí uvedených v Tab. 8.2, v závislosti na délce celkové brzdě dráhy a intenzitě dopravy.

**Tab. 8.2 Doporučený jas ve vnitřním pásmu tunelu v denních hodinách**

Vnitřní pásmo Doporučený průměrný jas na vozovce [ $\text{cd m}^{-2}$ ]			
Celková brzdná dráha	Intenzita dopravy		
	malá $\leq 100$ vozidel/h	střední 100 až 1000 vozidel/h	vysoká $\geq 1000$ vozidel/h
160m	5	10	15
100m	2	4	6
60m	1	2	3

### 8.3.5. Výjezdové pásmo

Výjezdové pásmo je úsek tunelu, ve kterém je vidění řidiče, blížícího se k výjezdu z tunelu, ovlivněno jasnem prostoru za tunelem. Ve výjezdovém pásmu již není situace s ohledem na viditelnost a zrakovou pohodu během dne tak kritická, protože obrysy předmětů nalézajících se ve výjezdu jsou dobře viditelné proti jasnému otvoru výjezdu. Nicméně při velké hustotě provozu a při z ní vyplývajících malých odstupů za sebou jedoucích vozidel, může vysoký jas za tunelem řidiči ztížit posuzování manévru vozidla před ním. Jasu ve výjezdovém pásmu se označuje  $L_{ex}$ .

Ve výjezdovém pásmu tunelu je adaptace zraku na vyšší okolní jas rychlá. Proto zde obvykle není potřeba žádné zvláštní přisvětlování a vyhoví osvětlení doporučené pro vnitřní pásmo tunelu.

Za nepříznivých okolností (např. v jednosměrném tunelu s velmi silnou intenzitou dopravy a nízkou odrazností stěn a stropu) se doporučuje zajistit v úseku posledních nejméně 60 m tunelu jas v úrovni až asi pětinasobku hodnoty ve vnitřním pásmu.

## 8.4. Závěr

Vzhledem k rozsáhlosti problematiky osvětlování tunelů na pozemních komunikacích je tato kapitola zaměřena především na výčet základních předpisů, na popis vztahů mezi nimi a na upozornění na skutečnosti, jež by měly být při návrhu osvětlení jednotlivých pásem tunelu podle českých předpisů respektovány. Zmíněna je probíhající revize ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“ [1].

## Literatura:

- [8.1] ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“
- [8.2] Technické podmínky „Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací“ (TP 98), MD ČR - OPK 2003
- [8.3] „Guide for the lighting of road tunnels and underpasses“, CIE 88 -1990
- [8.4] „Guide for the lighting of road tunnels and underpasses“, CIE 88 -2003, 2nd edition
- [8.5] Technical Report „Tunnel lighting“, CR 14380:2003
- [8.6] Kotek, J.: „Osvětlování tunelů“, Kurz osvětlovací techniky XIX, VŠB TU Ostrava 2001

## 9. OSVĚTLOVÁNÍ SPORTOVIŠŤ

### 9.1. ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť

Cílem kapitoly je vytvoření návodu jak používat normu ČN EN 12193 při návrzích osvětlení sportovišť.

#### 9.1.1. Názvosloví

Názvosloví se odkazuje na níže uvedené evropské normy:

- nouzové osvětlení EN 1838
- osvětlení pracovišť EN 12464
- základní normy a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení EN 12665

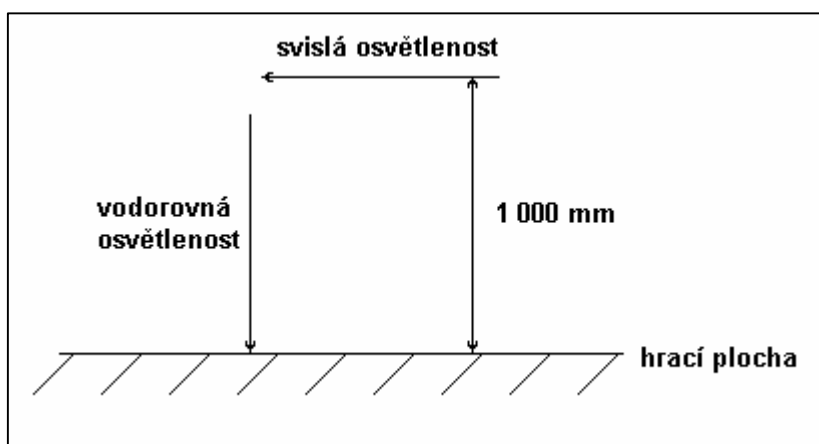
#### 9.1.2. Definice

Celou normou se vedle sebe prolínají definice hlavní plochy a celkové plochy. Pro výpočty a rozmístění výpočtových bodů je důležitá poznámka v dolní části strany 6, která pro většinu druhů sportů doporučuje rozmístění sítě bodů (srovnávací plocha) na hlavní ploše. Pojem celková plocha **TA** tedy může projektant chápat (dle tabulek v přílohách normy) pouze jako hlavní (srovnávací) plochu **PA** plus bezpečnostní pásmo viz. výše zmíněná poznámka na str. 6 normy.

#### 9.1.3. Srovnávací síť bodů pro výpočet a měření

Pravidla pro volbu sítě bodů u pravoúhlých sportovišť jsou obdobná jako pro výpočet dle staré normy ČSN 360450. Je však nutná změna uvažování srovnávací roviny. Pro výpočet vodorovné osvětlenosti se uvažuje (pokud pro daný sport není stanoveno jinak) úroveň povrchu sportoviště. To znamená, že výška výpočtových bodů nebude obligátních 850 mm, ale 0 mm.

Dále si je nutné uvědomit definování (pojmenování osvětleností), které je stanoveno podle osvětlované plochy, a nikoliv podle vektorů osvětlení. Svislá osvětlenost (tedy vektor osvětlenosti kolmý na vektor osvětlenosti vodorovné) je vektor osvětlenosti rovnoběžný s hrací plochou viz. *Obr 9.1*. Svislá osvětlenost se zpravidla počítá (měří) ve výšce 1000 mm nad hrací plochou.



*Obr 9.1 Grafické znázornění vektorů osvětleností*

#### 9.1.4. Rozmístění výpočtových bodů pro víceúčelová sportoviště



Vzhledem k tomu, že většina sportovišť není pouze jednoúčelová, ale na jedné ploše se provozuje více druhů sportů, je třeba uvažovat (kromě specifických požadavků na jednotlivé sporty) i různé požadavky na rozmístění bodů. Proto je nutné, aby každé z mnoha vyznačených sportovišť odpovídalo svými parametry nejen pro zvolenou síť bodů v rámci celé plochy sportoviště, ale i pro normou předepsaný počet bodů na srovnávací ploše pro daný sport. Pro sportoviště, kde je uvažováno s třídou osvětlení I (ligová utkání a výše), eventuelně s třídou I s požadavky na přenos barevné televize pro sport, jehož plocha je výrazně menší než celková plocha sportoviště, může nastat problém s tím, že zbytek plochy sportoviště bude s výrazně nižší osvětleností. Pro takto osvětlené sportoviště může nastat toto subjektivní hodnocení:

- „Vždyť je tam tma.“
- „Kam umístili reklamy?“
- „Kde budou poskakovat roztleskávačky?“

Z tohoto důvodu jsou i regule u některých sportů co se týče osvětlované plochy (ale také co se týče požadavků na intenzitu osvětlení) přísnější. To znamená, že při osvětlení sportoviště, u kterého působí prvoligové kluby, a je předpoklad mezinárodních utkání, musí projektant získat regule pro daný sport a uvažovat s nimi pokud jsou přísnější než rozebíraná norma.

#### 9.1.5. Udržovací činitel

Celkový udržovací činitel (pokud není domluveno jinak) norma stanovuje na hodnotu 0,8. Tento požadavek normy se jeví z hlediska údržby jako velmi náročný. Porovnáním celkového udržovacího činitele v čistém prostředí dle staré normy ČSN 340450 dojdeme k tomu, že by bylo vhodné udržovací činitel počítat. Vypočtený udržovací činitel je výrazně menší a více se blíží realitě než jeho doporučená hodnota 0,8. Nižší udržovací činitel sice zvýší (příkon, počet svítidel), ale na konci života osvětlovací soustavy bude vypočtená osvětlenost více odpovídat realitě.

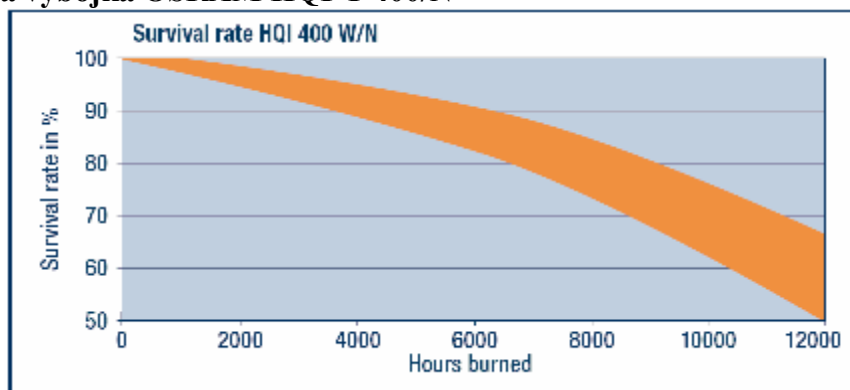
První část této kapitoly vyznívá jako prohlášení, které nám říká, že úroveň osvětlení se snižuje vlivem stárnutí světelných zdrojů a svítidel, znečišťování světelných zdrojů a svítidel, stárnutí povrchů prostoru a výpadku dožívajících zdrojů. Ve stejné kapitole se ovšem nachází i následující věta: „**Není-li dohodnut udržovací činitel, použije se hodnota 0,8**“. V praxi investoři (zadavatelé) nevznášejí požadavky na snížení udržovacího činitele, protože tento krok neodvratně zvyšuje jak investiční náklady, tak náklady na provoz a údržbu osvětlovacích soustav. Další část této kapitoly normy vyžaduje, aby součástí návrhu osvětlení bylo zpracování lhůt výměn světelných zdrojů a čištění svítidel.

Následující text se pokusí výše uvedené požadavky skloubit dohromady a názorně ukázat, do jakých situací se může projektant dostat. Budeme se zabývat především stárnutím světelných zdrojů a to primárně halogenidových výbojek. Prozatím můžeme stranou zájmu nechat snižování světelného toku vlivem znečišťování svítidel. Zcela eliminovat můžeme i vliv stárnutí povrchů a to tím že v rámci světelně-technického výpočtu nebude uvažována odraženou složka, což je zejména u venkovních sportovišť zcela běžné.

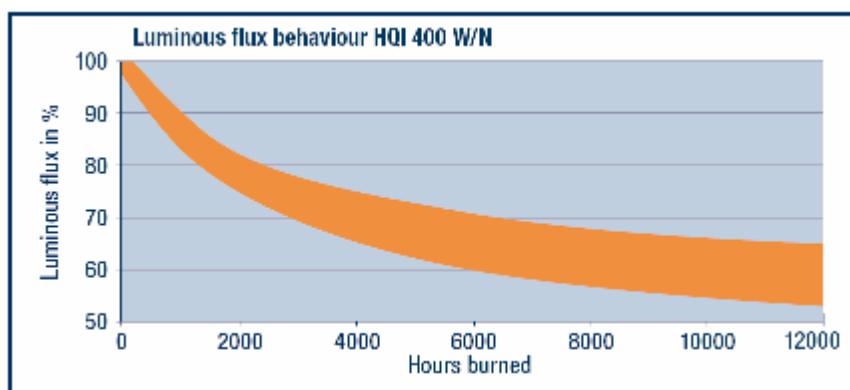
Pro srovnávání parametrů světelných zdrojů byly použity dostupné katalogové údaje firmy OSRAM [2,3,4]. Vzhledem k tomu, že pro osvětlování sportovišť se velmi často používají 400 W halogenidové výbojky, byly vybrány tyto v tubusovém provedení jako základní světelný zdroj, který se bude dále posuzovat. S tímto světelným zdrojem budou srovnány pro zajímavost i 400 W vysokotlaké sodíkové výbojky a 58 W lineární zářivky. Je nutné

poznámenat, že dále použité závislosti (z katalogů OSRAM) jsou měřeny za přesně definovaných podmínek (zejména cyklus sepnutí a chladnutí) jež jsou v katalogích popsány [2,3,4].

### Halogenidová výbojka OSRAM HQI-T 400/N



Obr 9.2 Závislost počtu funkčních halogenidových výbojek OSRAM HQI-T na počtu odsvícených hodin [2]



Obr 9.3 Závislost velikosti světelného toku halogenidových výbojek OSRAM HQI-T na počtu odsvícených hodin [2]

Z výše uvedených grafů počtu funkčních světelných zdrojů a úbytku světelného toku v závislosti na čase pro výbojku OSRAM HQI-T 400/N, lze odečíst činitel stárnutí světelných zdrojů ( $Z_z$ ) a činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů ( $Z_{fz}$ ). Následující tabulka (Tab. 9.1) vychází ze středních hodnot odečtených z výše uvedených závislostí a ukazuje na velikost udržovacího činitele (zanedbán činitel znečištění svítidel a činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru) v závislosti na výměně (skupinové výměně) světelných zdrojů osvětlovací soustavy.

**Tab 9.1 Tabulka hodnot udržovacích činitelů svítidel osazených halogenidovými výbojkami OSRAM HQI-T 400/N**

Počet odsvícených hodin – interval výměny světelných zdrojů [h]	1000	1500	2000	4000	6000	8000	10000	12000
činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů $Z_{fz}$ [-]	0,98	0,97	0,96	0,92	0,86	0,8	0,7	0,6
činitel stárnutí světelných zdrojů $Z_z$ [-]	0,87	0,83	0,78	0,7	0,65	0,62	0,6	0,58

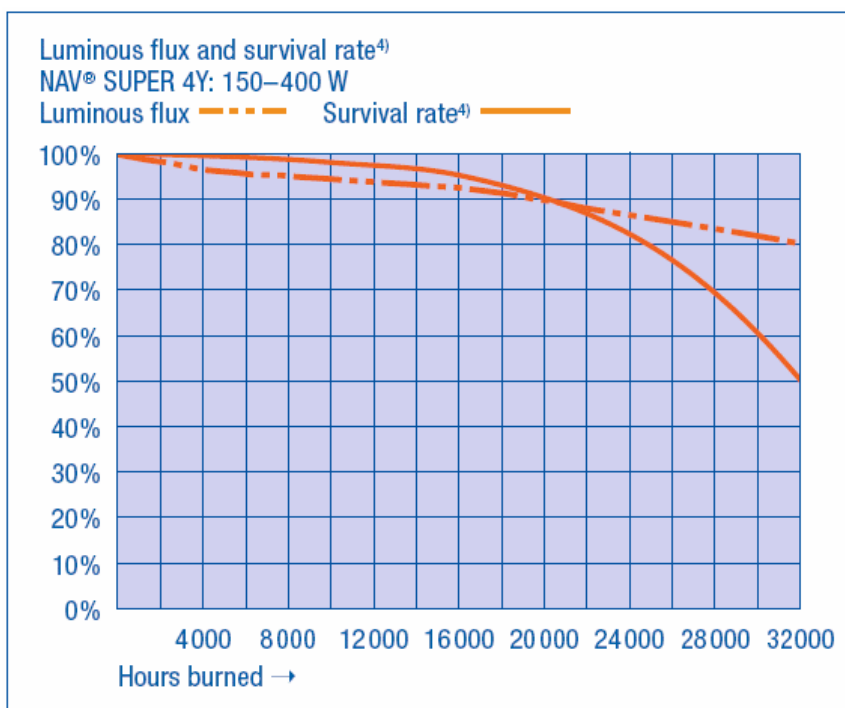
<b>udržovací čísel <math>Z = Z_{fz}^*</math></b>	0,85	<b>0,8</b>	0,75	0,64	0,56	0,5	0,42	0,35
<b><math>Z_z</math> [-]</b>								

Pokud tedy projektant akceptuje celkový udržovací čísel 0,8, je nucen u halogenidových výbojek doporučit čištění svítidel a plošnou výměnu světelných zdrojů v intervalu , který se pohybuje do 1500 h (dle typu svítidel a čistoty prostředí). Z hlediska praxe je tento interval zcela nereálný a pohybuje se v oblasti utopie. Na základě zkušeností lidí, kteří osvětlovací soustavy nejen navrhuji, ale také měří, se lze dostat do zcela standardní situace, kdy probíhá plošná výměna světelných zdrojů po výpadku cca 40-ti % světelných ( $Z_{fz} = 0,6$ ). Před takovou výměnou je osvětlovací soustava v situaci, kdy je schopna produkovat pouze 35 % počátečního světelného toku.

Pokud dochází k individuální výměně světelných zdrojů, snižuje se výrazným způsobem rovnoměrnost osvětlení. Důvod je jasný. Vedle sebe se mohou vyskytnout světelné zdroje nové (100 % světelného toku) a světelné zdroje blížící se k fyzickému konci svého života (50 % světelného toku). K těmto situacím dochází zejména u víceúrovňových osvětlovacích soustav, ve kterých mají různé světelné zdroje osvětlovací soustavy odsvíceno různý počet hodin.

#### Vysokotlaká sodíková výbojka OSRAM NAV-T 400 SUPER 4Y

Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou do tohoto srovnání zahrnuty z toho důvodu, že pro většinu sportů na tréninkové úrovni (dle ČSN EN 12 193 – Třída osvětlení III) je akceptován minimální index podání barev 20, což tyto světelné zdroje s indexem podání barev vyšším než 25 bohatě splňují.



Obr 9.4 Závislost počtu funkčních vysokotlakých sodíkových výbojek OSRAM NAV-T 400 SUPER 4Y a závislost velikosti světelného toku na počtu odsvícených hodin [3]

Z grafů závislosti počtu funkčních vysokotlakých sodíkových výbojek a velikosti světelného toku na počtu odsvícených hodin pro výbojku OSRAM NAV-T 400 SUPER 4Y (Obr 9.4) je opět proveden odečet udržovacích čísel závislých na stárnutí světelných zdrojů ( $Z_z$ )

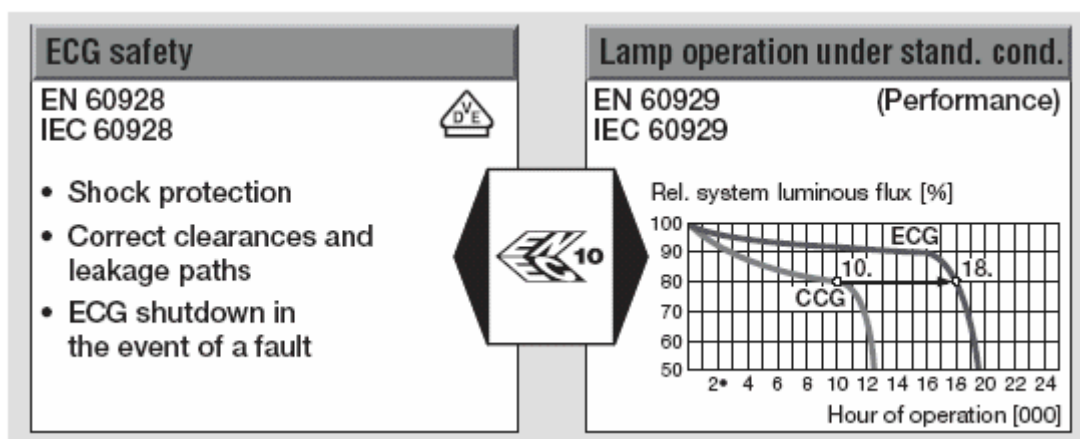
a funkční spolehlivosti světelných zdrojů ( $Z_{fz}$ ). Tento odečet je uveden v níže uvedené tabulce (Tab 9.2). Z této tabulky vyplývá, že interval výměny světelných zdrojů u svítidel osazených vysokotlakými sodíkovými výbojkami, pro celkový udržovací činitel  $Z = 0,8$ , se může blížit až k hranici 20000 h při pravidelném čištění svítidel a světelných zdrojů.

**Tab 9.2 Tabulka hodnot udržovacích činitelů svítidel osazených vysokotlakými sodíkovými výbojkami OSRAM NAV-T 400 SUPER 4Y**

Počet odsvícených hodin – interval výměny světelných zdrojů [h]	2000	4000	6000	8000	12000	16000	20000	24000	28000	32000
činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů $Z_{fz}$ [-]	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,9	0,83	0,7	0,5
činitel stárnutí světelných zdrojů $Z_z$ [-]	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,9	0,86	0,84	0,8
udržovací činitel $Z = Z_{fz} \cdot Z_z$ [-]	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91	0,88	<b>0,81</b>	0,71	0,58	0,4

### Lineární zářivka OSRAM L 58 W/830 o průměru 26 mm

Pro další velmi rychlé srovnání je také vhodné uvést chování standardních 26 mm zářivek. V níže uvedeném grafu lze odečíst závislost relativního světelného toku osvětlovací soustavy s konvenčními předřadníky a s předřadníky OSRAM QUICKTRONIC PROFESSIONAL. I tyto závislosti byly získány za definovaných podmínek vypínání světelných zdrojů v rámci doby jejich provozu.



*Obr. 9.5 Závislost relativního světelného toku osvětlovací soustavy s konvenčními předřadníky a s předřadníky OSRAM QUICKTRONIC PROFESSIONAL pro lineární zářivky OSRAM T8 na počtu odsvícených hodin [4]*

Z grafu je jasně patrné že udržovací činitel u zářivek silně závisí na volbě typu předřadného přístroje. Pro celkový udržovací činitel  $Z = 0,8$  se interval výměny světelných zdrojů při provozu na konvenčních předřadnicích může blížit k max. 10000 h, zatímco při provozu na elektronických předřadnicích se interval výměny světelných zdrojů může blížit až k 18000 h. Opět je nutné připomenout nutnost pravidelného čištění svítidel a světelných zdrojů.

### Celkové srovnání posuzovaných světelných zdrojů

Protože úbytek světelného toku a doba života světelných zdrojů (interval výměny světelných zdrojů) jsou pouze některé parametry, které by měly vstupovat do rozhodování o volbě typu světelného zdroje pro konkrétní osvětlovací soustavu osvětlující sportoviště (nejen sportoviště), je vhodné uvést základní orientační tabulku (Tab 9.3), která by mohla dát určitou představu pro další postup při volbě světelného zdroje.

**Tab 9.3 Tabulka srovnání základních parametrů 3 typů světelných zdrojů**

popis světelného zdroje	halogenidová výbojka (provozovaná na sodíkovém předřadníku)	vysokotlaká sodíková výbojka	lineární zářivka (provozovaná na elektronickém předřadníku)
typ	OSRAM HQI-T 400/N	OSRAM NAV-T 400 SUPER 4Y	OSRAM L 58 W/830
orientační příkon svítidla	460 W	450 W	<b>55 W</b>
světelný tok světelného zdroje	42000 lm	<b>55 500 lm</b>	5200 lm (s CCG)
měrný výkon	91 lm/W	<b>123 lm/W</b>	94,5 lm/W
počet světelných zdrojů na 100 klm	2,38 ks	<b>1,8 ks</b>	19,2 ks
náhradní teplota chromatičnosti	3500 K	2000 K	3000 K
Index podání barev	65	25	<b>80</b>
doba dosažení udržovacího činitele 0,8 složeného z činitele stárnutí světelných zdrojů ( $Z_z$ ) a činitele funkční spolehlivosti světelných zdrojů ( $Z_{fx}$ )	Cca 1500 h	<b>Cca 20000h</b>	Cca 18000h

**Poznámka k halogenidové výbojce OSRAM HQI-T 400/N**

- díky indexu podání barev nelze použít ve školních tělocvičnách (nutno použít halogenidové výbojky s Ra vyšším než 80)
- díky indexu podání barev není vhodné pro TV přenosy

**Poznámka k vysokotlaké sodíkové výbojce OSRAM NAV-T 400 SUPER 4Y**

- díky nízkému indexu podání barev je u většiny sportů vhodná pouze pro tréninkové účely
- velký rozdíl náhradní teploty chromatičnosti od teploty chromatičnosti denního světla
- nízký index podání barev není vhodný pro použití u multifunkčních sportovišť – špatně rozeznatelné různobarevné značení hracích ploch

**Poznámka k lineární zářivce OSRAM L 58 W/830**

- výrazně vyšší počet světelných zdrojů na jednotku světelného toku ve srovnání se 400 W výbojkami

**Závěr**

Na základě výše uvedených možností proměnlivosti udržovacího činitele, v závislosti na periodicitě výměn světelných zdrojů a volbě světelných zdrojů samotných, je nutné tomuto tématu věnovat vysokou pozornost už ve fázi příprav návrhu osvětlovacích soustav sportovišť. Diskuze musí probíhat nejen mezi projektantem a investorem, ale také mezi provozovatelem, protože ve většině případů není investor a provozovatel stejný a jejich zájmy tedy nemusí být zcela identické.

### 9.1.6. Bezpečnostní osvětlení

Tato nenápadná kapitola je schopna vytvořit obrovské problémy a to u sportovišť určených pro dynamické sporty, které nejde okamžitě přerušit. Účelem bezpečnostního osvětlení je okamžité zajištění osvětlení na dokončení činnosti, po výpadku hlavního osvětlení. U většiny těchto sportů jde požadavek bezpečnostního osvětlení ruku v ruce s velkými osvětlovacími vzdálenostmi (sjezdové lyžování, dráhová cyklistika). To znamená, že je nutné dosáhnout poměrně velkého světelného výkonu při výpadku napájecího napětí a to okamžitě, aby bylo možno bezpečně ukončit provozovaný druh sportu.

Vezmeme-li v úvahu například osvětlení lyžařských svahů a složité podmínky náhradních el. zdrojů, či samotné elektroinstalace, dostaneme 3 možné principy řešení, z nichž není ani jedno zcela ideální:

- napájení z náhradního nezávislého napájecího uzlu
- kontinuálně spuštěný dieselagregát
- použití statického záložního zdroje

### 9.1.7. Omezení oslnění

Pro vnitřní prostory je uvažováno s výpočty UGR. To znamená, že hodnoty pro výpočet oslnění by při vodorovných směrech pohledů měly odpovídat požadovaným hodnotám oslnění při výpočtech standardního umělého osvětlení.

Pro venkovní prostory se používá hodnot pro omezení oslnění GR. Touto problematikou se zabývá samostatná kapitola 6.

### 9.1.8. Všeobecné požadavky na osvětlení sportovišť

- a) Jak je již uvedeno v kapitole „Definice“, veškeré osvětlenosti se týkají hlavní plochy. Pro celkovou plochu platí, že osvětlenost na této ploše musí být min. 75% osvětlenosti hlavní plochy. Z tohoto důvodu je vhodné počítat veškeré plochy pro celkovou plochu. Důvod je jednoznačný. Téměř každá osvětlovací soustava má na krajích nižší intenzitu osvětlenosti, protože nedochází k příspěvkům ze všech stran.
- b) Poznámka týkající se víceúčelových sportovišť s převažující třídou osvětlenosti III. Pokud je osvětlovací soustava osazena vysokotlakými sodíkovými výbojkami, může docházet ke splývání čar vymežující jednotlivá hřiště.
- c) Pro dobré prostorové vnímání sportovců požaduje norma minimální svislou osvětlenost. Ta je vyčíslena 30% úrovně vodorovné osvětlenosti. Tato složku se posuzuje součtem svislých složek  $x+$ ,  $x-$ ,  $y+$ ,  $y-$  ve směrech jejich příspěvků do výpočtového bodu. Některé výpočetní programy samozřejmě umožňují pracovat s válcovou osvětleností, která ovšem neumožní posouzení příspěvků z jednotlivých stran.

V kapitole 5.1 normy ČSN EN 12193 je uvedena „Tabulka I – Volba třídy osvětlení“, která dává, dostatečný návod na zařazení úrovně jednotlivých sportů, vyjma požadavků na osvětlení pro přenosy barevné televize. Na základě tohoto rozčlenění jsou stanoveny minimální požadavky na osvětlení pro jednotlivé typy sportů.

Úroveň soutěže	Třída osvětlení		
	I	II	III
Mezinárodní a národní	*		

Krajská	*	*	
Místní	*	*	*
Nácvik		*	*
Pohybová rekreace, školní sporty (tělesná výchova)			*

### 9.1.9. Zvláštní požadavky pro barevnou televizi

Zvláštní požadavky jsou dány požadavky kamer na vysoké osvětlenosti ve směru jejich snímání. Norma rozděluje požadavky na intenzitu osvětlenosti podle druhu (rychlosti sportu) a podle maximální vzdálenosti snímání. Velmi důležitou veličinou, u které mohou nastat největší problémy při návrhu osvětlení je dle kapitoly 5.3.3.2 „Rovnoměrnost na svislých rovinách v jednom bodu sítě“. Opět se vracíme k požadavku na kvalitní prostorové vnímání z pohledu hráče. Tato kapitola požaduje, aby podíl minimální svislé osvětlenosti a maximální svislé osvětlenosti v jednom bodě byl větší nebo roven hodnotě 0,3. To znamená, že pro dodržení tohoto požadavku, musí svítidla do každého měřicího bodu přispívat svislou složkou ze všech čtyřech stran, což je zejména na krajích sportovišť velmi těžko dosažitelná hodnota. Na tuto veličinu se velmi často zapomíná i v nově bodovaných sportovištích.

### 9.1.10. Tabulky požadavků na jednotlivé druhy sportů

V tabulkách „Přílohy A“ se v jednom sloupci vyskytují požadavky na index podání barev. Fakticky se vyskytují pouze 2 úrovně 20 a 60. Index podání barev 80 je požadován pouze pro box, kulečník (snooker) a BTV přenosy. S nízkým indexem podání barev, v tabulkách přílohy A, jde ruku v ruce nízká osvětlenost. To znamená, že pakliže pro index podání barev 20 zvolíme vysokotlaké sodíkové výbojky (dlouhý život, vysoký měrný výkon) máme vyhráno. NE VŽDY! Subjektivní pocity sportovců ukazují, že je vhodné při použití těchto světelných zdrojů osvětlovat na vyšší osvětlenosti, čímž se lze dostat na příkonové parametry svítidel s halogenidovými výbojkami, při osvětlenostech na minimálních požadovaných úrovních. Pro index podání barev vyšší než 60, samozřejmě vyhovuje většina standartních světelných zdrojů ( žárovky, halogenidové výbojky, zářivky,..... ).

## 9.2. Osvětlení sportovišť jako součást VO

### 9.2.1. Úvod

Téma osvětlování sportovišť v prostředí veřejného osvětlení skýtá mnoho styčných ploch mezi těmito dvěma zdánlivě odlišnými disciplínami osvětlování (osvětlování sportovišť, veřejné osvětlení). V následujících odstavcích se pokusíme ukázat na ty, které jsou dle našeho názoru nejvýraznější a mohly by být pracovníkům činným v oblasti veřejného osvětlení prospěšné. Dále tedy budou popsány následující společné problémy:

- napájecí napětí
- údržba svítidel

#### Napájecí napětí

Na napájecí napětí je třeba u světelných zdrojů klást velký důraz obecně. S ještě větším důrazem je však nutné hledět na starší osvětlovací soustavy osazené výbojovými světelnými zdroji, které byly instalovány před přechodem napájecí sítě do soustavy UCPT (nyní UCTE - sdružení pro koordinaci přenosu elektřiny) v roce 1995. Před tímto datem byla svítidla

zapojována a tlumivky standardně navíjeny na napětí na 220 V. Po připojení na UCPTE došlo k navýšení fázového napětí na 230 V. To znamená, že **osvětlovací soustavy staršího data „narození“ pracují permanentně s 4,5 % přepětím**. Dle normy „ČSN 36 0011 - 3 Měření osvětlení vnitřních prostorů Část 3: Měření umělého osvětlení“, která vychází z křížových charakteristik světelných zdrojů, dojdeme k závěru, že **takovýto provoz zvyšuje dle vztahu 2.1.1.1. světelný tok halogenidových výbojek o 14 % a světelný tok vysokotlakých sodíkových výbojek o 8%**.

$$k_u = (U_n / U_m)^c \quad (9.1)$$

kde

$k_u$  – korekční činitel kterým se násobí hodnoty osvětlení – omezuje vliv napájecího napětí z naměřených hodnot osvětlenosti

$U_m$  – skutečné napětí při měření

$U_n$  – jmenovité napětí

$C$  – exponent který je pro halogenidové výbojky vyjádřen hodnotou 3 a pro vysokotlaké sodíkové výbojky hodnotou 1,7

Se zvýšením napájecího napětí nad jmenovité parametry jde kromě zvýšení světelného toku ruku v ruce **také výrazné snížení doby života světelných zdrojů**, které je v literatuře, pro různé typy výbojových světelných zdrojů v různých publikacích popsáno, zejména v souvislosti se stmíváním pomocí odboček transformátorů v napájecích rozvaděčích.

### Údržba svítidel

Nutnost údržby svítidel je zdokumentována na svítidle SIEMENS 5NA 715 (viz. *Obr. 9.6*) které údržbou neprocházelo a bylo zavěšeno ve venkovním prostředí v centru Ostravy (stáří svítidla je cca 30 let). Cílem přiblížení není primární dokumentování tzv. oslepnutí svítidla (měření bylo provedeno pouze na jednom vzorku svítidla), ale ukázka toho, jak jednotlivé části svítidla zasahují do celkové účinnosti svítidla a až kam se lze absencí údržby dostat.



*Obr. 9.6 – původní stav vybraného svítidla SIEMENS 5NA 715 s výbojkou TESLAMP RVI 3500 W*



Pouhým umytím skla se v našem případě zvýšila účinnost svítidla o 27,6 %. Z tohoto faktu je třeba udělat závěr, že krycí sklo má na snížení účinnosti svítidla největší vliv a je nutné mu věnovat maximální pozornost při údržbě. Při údržbě musíme brát v úvahu i fakt, že k usazování nečistot na skle nedochází pouze z vnější části svítidla, ale vzhledem k obvyklé poloze skla i zevnitř svítidla.

Výměnou starého krycího skla za sklo nové došlo ke zvýšení účinnosti svítidla o 8,5 %. Toto měření ukazuje na stárnutí (degradaci) propustných vlastností skla. Vzhledem k tomu, že mytím nelze propustnost krycího skla obnovit tak, abychom dosáhli propustnosti krycího skla nového, je nutné toto snížení připsat na vrub velkým změnám teploty v oblasti skla a zapékání částic do jeho povrchu.

Výměnou starého reflektoru za reflektor nový, bylo dosaženo zlepšení účinnosti o 9,1 %, což je vzhledem k zašpinění čelního skla svítidla cca třetinový úbytek a tedy i méně významný. V osvětlovacích soustavách s nízkým krytím (bez čelního skla) však standardně fungují svítidla, která mají reflektory „osleplé“ mnohem více. Snížení účinnosti svítidla vlivem zašpinění a snížení propustnosti krycího skla se totiž jeho absencí přesouvá do výraznějšího a rychlejšího snížení odraznosti reflektoru.

Dalším velmi zajímavým zjištěním skončilo porovnání provozu svítidla s novým krycím sklem a bez krycího skla. Odstraněním krycího skla došlo ke zvýšení světelného toku o 8,3 %. Tato skutečnost je důležitá zvláště u světelně-technických výpočtů závěsných výbojkových svítidel, kde se velmi často používá jedna křivka svítivosti (jedna účinnost svítidla) pro svítidlo bez krycího skla (obvykle krytí IP 23) a pro svítidlo opatřené krycím sklem s vyšším krytím IP.

### 9.3. Úspory

Úspory při osvětlování sportovišť lze dosahovat dle výše uvedených textů hned několika způsoby:

- vhodná volba světelných zdrojů
- vhodná volba svítidel
- vhodná údržba

#### 9.3.1. Volba světelných zdrojů

Pro osvětlovací soustavy použitelné na tréninkové účely je z hlediska vysokého měrného výkonu, dlouhé době života, nízkému úbytku světelného toku během provozu a dostatečnému indexu podání barev nejvhodnější používat světlomety osazené vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Osvětlovací soustavy pro krajské soutěže, ligové popř. mezistátní zápasy už je vhodné osazovat světlomety s halogenidovými výbojkami. Veškeré halogenidové výbojky totiž splňují podmínku indexu podání barev vyšší než 60. Pro osvětlovací soustavy s požadavky na přenos barevné televize je však nutné volit halogenidové výbojky s indexem podání barev vyšším než 80 a s vysokou teplotou chromatičnosti (4500 K – 6500K).

Vzhledem k tomu, že většina osvětlovacích soustav pracuje v režimu „trénink“ více než 90 % doby veškerého provozu je vhodné osazovat sportoviště s vyššími nároky na osvětlení dvěma osvětlovacími soustavami. První pro trénink, která bude provozována většinu času s vysokotlakými sodíkovými výbojkami a druhou pro vyšší soutěže ve které budou provozovány halogenidové výbojky.

Pokud lze předpokládat, že osvětlovací soustava bude provozována jen velmi omezenou dobu a je k dispozici dostatečný příkon, lze navrhnout i halogenové žárovky, které sice mají velmi malý měrný výkon (cca 20 lm/W) a krátkou dobu života (cca 1000 h), ale tyto nevýhody lze kompenzovat velmi nízkými pořizovacími náklady na takovouto osvětlovací soustavu.

Pro použití ve venkovních osvětlovacích soustavách nelze doporučit svítidla osazená zářivkami vzhledem k tomu, že jsou velmi teplotně závislé. Venkovní osvětlovací soustavy pracují především na jaře a na podzim, kdy se teplota okolí pohybuje až okolo 0 stupňů celsia. Při těchto teplotách se u zářivek velmi dramaticky snižuje světelný tok. Další nevýhodou použití zářivek pro použití u venkovních sportovišť jsou jejich relativně velké rozměry vůči získanému světelnému toku.

### 9.3.2. Volba svítidel (světlometů)

Vzhledem k relativně velkým vzdálenostem mezi svítidlem a osvětlovanou plochou, které jsou u venkovních sportovišť dány především tím, že svítidla nelze umístit přímo nad plochou (na střechu), ale musí se umísťovat v okolí sportoviště na osvětlovací sloupy a tribuny, je nutné pro osvětlování venkovních sportovišť volit světlomety které jsou schopné směřovat maximální množství světelného toku jdoucího ze světelného zdroje na osvětlovanou plochu. U těchto světlometů je kladen velký důraz na kvalitu a zpracování reflektoru, který je ve většině případů vyroben z vysoce čistého anodizovaného hliníku s se zrcadlovým odrazem, tak aby ve svítidle docházelo k minimálnímu počtu odrazů a svítidlo mělo co nejvyšší účinnost.

V současné době se pro sportoviště s vysokými nároky na intenzitu osvětlení používá především těchto světlometů:

- s kruhovým průmětem světelně činné plochy – tyto světlomety jsou osazovány dvoupativými halogenidovými výbojkami, součástí světlometu je i deflektor, který omezuje oslnění a směřuje maximum světelného toku na osvětlovanou plochu a mají velmi malý úhel vyzařování, umístění především na osvětlovacích stožárech v rozích sportovišť
- s obdélníkovým průmětem světelně činné plochy – tyto světlomety jsou osazovány dvoupativými halogenidovými výbojkami, součástí světlometu je i deflektor, který omezuje oslnění a směřuje maximum světelného toku na osvětlovanou plochu a mají širokou vyzařovací charakteristiku, umístění především po celé délce boků sportovišť na střechách tribun

Pro sportoviště s nižšími nároky na osvětlování (trénink a krajské soutěže) se používá především světlometů s asymetrickou vyzařovací charakteristikou, které jsou schopny distribuovat světelný tok tak, aby jeho maximum dopadalo na osvětlovací plochu, přičemž krycí sklo bylo pokud možno blízké vodorovné rovině, tak aby nedocházelo k úniku světelného toku do horního poloprostoru a minimalizovala se tak možnost oslnění a nežádoucího zvyšování jasů v okolí venkovních sportovišť. Tato asymetrická svítidla lze osazovat celou škálou světelných zdrojů od dvoupativých halogenidových výbojek s dlouhým obloukem po vysokotlaké sodíkové výbojky s patící E 40.

Zářivková svítidla mají velkou plochu, kterou kladou odpor vůči větru a také se vlivem jejich velkým rozměrům špatně směřuje světelný tok do úzkého paprsku, který je třeba na osvětlování větších vzdáleností u venkovních sportovišť.

### 9.3.3. Údržba

U venkovních osvětlovacích soustav je na údržbu brát velký ohled a to zejména ze dvou důvodů:

- dostupnost svítidel pro údržbu
- dodržování intervalů čištění svítidel a intervalů výměny světelných zdrojů

Při umísťování svítidel na osvětlovacích stožárech a na střechách tribun je nutné brát ohled na to aby mohla údržba bezpečně provádět čištění svítidel a výměnu světelných zdrojů. Je tedy třeba zajistit přístup ke svítidlům. To je možné dvěma způsoby. První způsob využívá stoupacích zařízení (žebříků, ..) umístěných přímo na osvětlovacích stožárech a střechách. Druhý způsob nevyžaduje toto zařízení přímo instalovat, ale využívá vysokozdvizných plošin. U tohoto způsobu je nutné zajistit možnost přístupu vysokozdvizné plošiny tak aby nepoškodila povrch sportoviště. Nelze jednoznačně určit který ze způsobů údržby je levnější. Vždy se musí vycházet ze specifík terénu sportoviště, jeho okolí a samozřejmě také z technických možností provozovatele sportoviště.

### Literatura:

- [9.1] *Plch, J.*: Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999.
- [9.2] *Habel, J.*: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995.
- [9.3] ČSN EN 12 193 – Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť
- [9.4] Technical information – OSRAM – POWERSTAR HQI/HCI, POERBALL HCI
- [9.5] Technical information – OSRAM – VIALOX NAV (SON) HIGH-PRESURE SODIUM LAMPS, CITYLIGHT DS SODIUM XENON LAMPS
- [9.6] QUICKTRONIC – Technical guide - OSRAM

## 10. PROJEKTOVÁNÍ A VÝSTAVBA ZAŘÍZENÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

### 10.1. Předpisy pro projektování a výstavbu

Veškerá činnost probíhající v rámci stavebního řízení musí být v souladu s obecně platnými právními předpisy, technickými předpisy, vyhláškami, normativními dokumenty apod. Stavební zákon 50/76 Sb. v platném znění je doplněn vyhláškou č. 132/1998 Sb. Ministerstva pro místní rozvoj, kterou se provádějí některá ustanovení stavebního zákona. Z hlediska staveb VO jsou velmi důležité §§ 32, 36, 56, 58, 61 Stavebního zákona a §§ 16, 186 prováděcí vyhlášky. Dále se stavebním zákonem souvisí vyhláška č. 137/1998 Sb. téhož ministerstva o obecných technických požadavcích na výstavbu.

Z ostatních zákonů je nejpodstatnější zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. Tento zákon nahradil zákon č. 142/1991 Sb., o československých technických normách a rozlišuje technické předpisy, technické normy a zavádí pojem harmonizované normy. Vedle zákona č. 22/1997 Sb. bylo vydáno 14 nařízení vlády ČR z nichž jsou nejpodstatnější - Nařízení vlády č. 168/1997 Sb., 169/1997 Sb., 173/1997 Sb., 178/1997 Sb., 179/1997 Sb.

Z hlediska platnosti technických norem (ČSN, EN) je důležité zdůraznit, že platné jsou všechny ČSN, které jsou uvedeny v platném seznamu českých technických norem, byly vyhlášeny ve Věstníku ÚNMZ a nebyly do dnešního dne zrušeny. Podle zákona č. 22/1997 Sb. mají všechny normy dobrovolný charakter a to i ty normy, které byly do 31.12.1999 závazné a schvalované ještě podle zákona č. 142/1991 Sb. Nezávaznost technických norem však neznamená žádnou anarchii. V podstatě jde o to, že je možno navrhovat a realizovat i odlišná technická řešení než normou stanovená, vždy je však nutno prokázat dosažení minimálně stejné úrovně bezpečnosti zařízení (v našem případě elektrického zařízení) a dosažení normových parametrů osvětlení.

Nejdůležitější zákony, vyhlášky, předpisy a technické normy jsou uvedeny v samostatné příloze Generelu.

Oprávnění k projektování elektrických zařízení je dána odbornou způsobilostí projektantů podle vyhlášky ČÚBP a ČÚB č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice. Oprávnění projektovat stavby, které podléhají územnímu a stavebnímu řízení podle Stavebního zákona, je dáno zákonem č. 360/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků. Výklad některých pojmů:

- autorizovaná osoba - je fyzická osoba, které byla udělena autorizace ve výstavbě. Autorizovanou osobou jsou autorizovaný architekt, autorizovaný inženýr ve výstavbě a autorizovaný technik ve výstavbě.
- autorizovaný inženýr (technik) ve výstavbě - je fyzická osoba, které byla udělena autorizace ve výstavbě pro příslušný obor (nebo několik oborů) činnosti a je zapsána v seznamu autorizovaných inženýrů (techniků).

## 10.2. Stupně a důležitost kvality projektové dokumentace veřejného osvětlení (VO)

Projektové dokumentace (dále jen PD) staveb VO mohou být provedeny jednostupňově nebo víceetapově. U menších staveb VO, u některých rekonstrukcí VO samostatných územně nerozsáhlých celků, kde lze předpokládat provedení sloučeného územního a stavebního řízení, je postačující vypracovat jednostupňovou PD stavby v rozsahu pro stavební povolení a realizaci stavby.

U návrhu rekonstrukcí VO velkých ucelených městských částí je třeba vypracovat předprojektovou dokumentaci - investičního záměru (IZ), ze kterého se vychází při přípravě plánu investic na následující období. Následně PD se vypracuje podle požadavku objednatele stavby v návaznosti na schválený plán investic obvykle v rozsahu DSP (pro stavební povolení a realizaci stavby).

Jiná situace je u staveb VO - novostaveb, které jsou součástí jiných rozsáhlých dopravních staveb nebo staveb obytných či obchodních celků. Tam je stavba VO jen jedním dílčím stavebním objektem (SO) a jeho projektová příprava je součástí celkové PD stavby a je prováděna v tolika stupních, kolik příprava a povolení stavby vyžaduje. U velkých (např. dopravních) staveb se jedná zpravidla o tři stupně - 1. dokumentace pro územní rozhodnutí (DUR), 2. dokumentace pro stavební povolení (DSP) a 3. realizační dokumentace stavby (RDS - vypracovává se již pro konkrétního zhotovitele stavby).

V praxi již u staveb menšího rozsahu zpravidla k vypracování RDS nedochází a stavba bývá realizována podle PD pro stavební povolení. V případě, že DSP nesplňuje a neobsahuje všechny podrobnosti potřebné pro realizaci stavby VO v souladu s potřebami a záměry majitele VO, správce nebo provozovatele, měli by odpovědní zástupci vlastníka a správce VO vypracování RDS požadovat.

## 10.3. Projektování staveb VO v památkových chráněných územích

Veřejné osvětlení, tak jako ostatní části městského mobiliáře, je nedílnou součástí architektonické tváře města. Zvláště v památkově chráněných územích je nutno klást důraz na návaznost osvětlení na stavby v daném území. V průběhu zpracování PD jsou nezbytné konzultace s příslušným odborem památkové péče, zejména pokud se jedná o typy svítidel, stožárů a výložníků včetně barevných požadavků.

Památkově chráněná území ve městě jsou uvedena v příloze č. 5 Generelu VO.

## 10.4. Výstavba nového zařízení VO

### 10.4.1. Práce před zahájením stavby

Na vypracování a schválení PD stavby veřejného osvětlení v příslušném stupni majitelem a správcem VO navazují přípravné práce před zahájením stavby, které zahrnují nezbytné a neopominutelné úkony a podléhají obecně právním předpisům a jsou řízeny objednatelem (jeho zplnomocněným zástupcem – zpravidla technickým dozorem investora {dále jen TDI}):

- a) podání žádosti o vydání územního rozhodnutí stavby nebo žádosti o sloučené územní a stavební řízení,

- b) žádost o vydání stavebního povolení nebo ohlášení stavby (u staveb, které svým charakterem splňují podmínku pro ohlášení), způsob provádění územního a stavebního řízení je uveden ve stavebním zákonu
- c) po vydání stavebního povolení v odvolací době je již možné provádět vytýčení podzemních inženýrských sítí jejich operativními správci, vytýčení zajišťuje objednatel (TDI) a provádí se za přítomnosti zhotovitele stavby, který na místě protokolárně přebírá vytýčenou trasu - dodavatel stavby následně prokazatelně seznámí pracovníky, kteří provádějí výkopové práce s polohou těchto sítí
- d) po převzetí pravomocného stavebního povolení předá objednatel (TDI) zhotoviteli staveniště tak, aby mohly být stavební práce zahájeny podle uzavřené smlouvy o dílo, upozorní na podmínky, které vyplývají z jednotlivých vyjádření a podmínek stavebního povolení včetně řešení majetkových vztahů po převzetí díla (u nových staveb VO)
- e) zhotovitel stavby projedná s majitelem, správcem VO způsob provádění demontáží stávajícího osvětlení a případné převzetí a uložení demontovaného materiálu, dále součinnost se správcem VO při odpojování, náhradním propojování a dalších pracích na stávajících zařízeních

#### 10.4.2. Práce v průběhu stavby

Hlavní účastníci stavby - objednatel (TDI), zhotovitel a budoucí provozovatel postupují v součinnosti a vzájemné informovanosti s hlavním cílem - dosažení vysoké kvality provedeného díla s důrazem na tyto skutečnosti:

- a) zhotovitel zkontroluje dodané komponenty (stožáry, svítidla, zdroje, el. výzbroje, rozváděče) z hlediska dodržení norem a kvalitativních ukazatelů, požaduje vždy prohlášení o shodě. Zjištěné nedostatky reklamuje podle obchodního zákoníku, nebo je odstraňuje na vlastní náklady
- b) objednatel (TDI) vykonává technický dozor a sleduje průběh stavby podle PD stavby
- c) objednatel (TDI) přejímá zemní práce, které budou následně zakryty, před tímto zakrytím a dohlíží zejména při zemních pracích na hloubku výkopu, řádné pískové lože, stožárový základ s provedenými vstupy kabelů, aby byla možná eventuelní výměna kabelů bez rozbíjení vrchní patky a pouzdra
- d) zhotovitel provádí veškerá kabelová propojení bez zbytečných spojek, nezbytné spojování předem projedná s objednatelem (TDI) a budoucím provozovatelem a místa spojek nechá přesně zaměřit (geodetické zaměření skutečného provedení stavby)
- e) návrhy veškerých změn proti PD, ke kterým v průběhu stavby dochází, bezodkladně předkládá objednateli (TDI). Po projednání je konečné stanovisko zapsáno do stavebního deníku
- f) dodavatel provádí nátěry postupně v předepsaných vrstvách za odpovídajícího počasí

#### 10.4.3. Práce v závěru stavby

Ve fázi dokončování prací na stavbě navrhne zhotovitel objednateli (TDO) termín předání a převzetí stavby na místě samém.

Objednatel (TDI) zajistí:

- a) pozvání všech účastníků přejímacího řízení
- b) vypracuje návrh zápisu o předání a převzetí stavby (dále jen předávací protokol)

Zhotovitel zajistí:

- a) geodetické zaměření stavby v souladu s požadavky objednatele

- b) dokumentaci skutečného provedení nebo opravu PD v rozsahu umožňující provoz a údržbu VO. Dokumentace musí být opravena dle skutečného stavu dodavatelem stavby zřetelně, jednoznačně a trvanlivým způsobem.
- c) zprávu o výchozí revizi s náležitostmi dle ČSN 33 1500 (33 2000-6-61)
- d) protokol o měření osvětlení dle čl. 6.5.3. ČSN 360400 tam, kde bylo měření VO objednatelem před zahájením stavby požadováno a uvedeno ve výkazu výměr
- e) atesty a prohlášení o shodě na všechny výrobky zabudované do stavby, u kterých to zákon č. 22/1997 Sb. požaduje
- f) protokoly a doklady o likvidaci odpadu

Po definitivním dokončení prací, zajištění všech uvedených dokladů, vyzkoušení provozu nové osvětlovací soustavy zahájí objednatel (TDI) v dohodnutém termínu vlastní přijímací řízení, která probíhá ve třech fázích:

- 1) seznámení s rozsahem stavby, podklady a pod.
- 2) vyzkoušení provozu a kontrola provedení prací pochůzkou v terénu
- 3) dokončení zápisu o předání a převzetí

ad 1):

- objednatel (TDI) předloží připravené znění předávacího protokolu, které obsahuje stručný popis předávaného zařízení, počet světelných míst, počet svítidel dle typů, celkové délky kabelů, počet a druh rozváděčů.
- zhotovitel předloží všechny výše uvedené doklady. U stavby, kde se vybuďovalo nové nebo bylo přeloženo stávající odběrné (zapínací) místo, předá zhotovitel stavby provozovateli podklady k přihlášce k odběru el. energie.

ad 2):

- při pochůzce v terénu se kontroluje zejména provoz všech namontovaných světelných zdrojů, provoz při regulaci (je-li předmětem stavby), provedení a napojení rozváděče, provedení světelných míst - základové patky stožárů, uzemnění, výška otvorů stožárových rozvodnic a jejich umístění, nátěry, číslování, umístění elektrovýzbrojí, přístupnost, provedení koncovek, připojení kabelů apod.

ad 3)

- po ukončení kontroly předávaného zařízení se uvedou v předávacím protokolu stavby zjištěné případné drobné vady, které nebrání běžnému a bezpečnému provozu, sjedná se termín odstranění těchto vad
- objednatel stavby, budoucí provozovatel zhodnotí kvalitu provedených prací a provedou o tom záznam do předávacího protokolu
- V předávacím protokolu se uvede záruční doba podle uzavřené SOD (obvykle 60 měsíců), cena díla, případně snížená o neprováděné práce.
- objednatel (TDI) převezme opravenou PD, zprávu o výchozí revizi, geodetické zaměření, záruční listy, prohlášení o shodě, protokol o světelně technickém měření

#### 10.4.4. Práce po předání a převzetí stavby - ukončení investiční stavby

Po předání a převzetí stavby zajistí objednatel (TDI) - u staveb, na které bylo vydáno pravomocné stavební povolení - vydání kolaudačního rozhodnutí a následné předání investiční stavby do majetku města. Za tím účelem zajistí zejména:

- a) žádost o zahájení kolaudačního řízení, ke které doloží všechny požadované doklady stavby
- b) účast při ústním jednání spojeném s místním šetřením, ev. doplnění dodatečně požadovaných dokladů
- c) převzetí pravomocného kolaudačního rozhodnutí stavby
- d) vypracování protokolu o předání investiční stavby včetně všech požadovaných příloh a protokolární předání příslušnému odboru odpovědnému za vedení evidence a inventarizace majetku města.

### **Literatura:**

- [10.1] *Voráček, J., Sokanský, K.:* Audit veřejného osvětlení statutárního města Ústí nad Labem, 2004
- [10.2] *Muchová, A., Voráček, J., Sokanský, K.:* Generel veřejného osvětlení statutárního města Ostravy, 2001



## 11. PROVOZ, SPRÁVA A ÚDRŽBA VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

### 11.1. Světelně technický návrh

#### 11.1.1. Vypracování světelně technického návrhu

Není předepsána jednotná závazná metoda pro výpočet veřejného osvětlení. Kontrola parametrů se však provádí dle výpočetních metod přílohy ČSN 36 0400 a ČSN EN 13201-3. Je nutné provést bodový výpočet kontrolního místa – plocha mezi dvěma světelnými místy.

V příčném směru je dostačující provádět výpočet ve třech kontrolních bodech v každém jízdním pruhu. V podélném směru, při rozteči světelných míst do 50 m je dostačující provádět výpočet v 10 kontrolních místech. Při rozteči větší než 50 m smí být rozteč kontrolních míst maximálně 5 m. Při předepsaném rozmístění kontrolních míst se průměrná počáteční hodnota intenzity osvětlení, případně jasu, určí jako aritmetický průměr hodnot v jednotlivých kontrolních bodech. Nutno tuto hodnotu upravit udržovacím činitelem.

#### 11.1.2. Posuzování světelně technického návrhu osvětlení komunikace

Světelný technik je povinen předložit správci VO světelně technický návrh osvětlení projektované soustavy VO.

Správce posoudí:

- správné zařazení komunikace do stupně osvětlení dle platného generelu VO
- vstupní údaje výpočtu – tj. výšku stožárů, typ svítidla, příkon světelného zdroje, hodnotu udržovacího činitele
- výstupní údaje – síť výpočtových bodů, hodnoty intenzity osvětlení, případně jasu, rovnoměrnost dle požadovaného stupně osvětlení

Za správnost výpočtu je zodpovědný projektant, světelný technik. Nepotvrdí-li následné měření světelně technických parametrů soustavy VO po uvedení do provozu správnost výpočtu, je plně zodpovědný projektant – světelný technik.

Správce VO – garant generelu VO, neposuzuje metodu výpočtu, pouze vstupní údaje a požadované hodnoty osvětlení, neodpovídá za chyby ve výpočtu.

### 11.2. Provoz a řízení veřejného osvětlení

Na území města Frýdlant je městem provozováno zařízení VO, které je jeho majetkem. Vedle toho jsou ve městě úseky VO, osvětlující veřejně přístupná místa, provozovány jinými subjekty, město zde vlastníkem není (např. parkoviště a obslužné komunikace obchodních center). V těchto případech musí dbát správce VO při schvalování záměrů a PD na návaznosti cizích osvětlovacích soustav a soustav komunikací ve správě státu nebo města z hlediska změn intenzity osvětlení v místech styku.

VO města je provozováno od okamžiku předání vystavěného VO do majetku města.

Smluvní partner města musí spravovat a provozovat VO v souladu s platnými ČSN, EN, zákony a vyhláškami, obecně závaznými vyhláškami města a podle uzavřené smlouvy mandátní a smlouvy o dílo.

### 11.3. Řídící činnost vlastníka VO

Jediným vlastníkem zařízení VO je Město Frýdlant. Z titulu vlastnického práva vykonává město nezastupitelné činnosti:

- a) vede přesnou evidenci majetku v souladu s příslušnými předpisy, zavádí do majetku nová zařízení, likviduje z majetku zrušená a demontovaná zařízení VO
- b) rozhoduje o tom, která veřejně přístupná místa budou městem osvětlována
- c) rozhoduje o tom, které architektonicky cenné objekty budou slavnostně nasvětlovány
- d) rozhoduje o rozsahu, rozmístění a době provozu vánočního osvětlení ve městě
- e) přesně vymezuje a specifikuje rozhodovací pravomoci a kompetence delegované na pověřeného správce a provozovatele VO (vyjadřování, reklamní činnost na VO, povolování využití zařízení VO jinými subjekty, napojování jiných subjektů na rozvod VO apod.)
- f) stanoví rozsah a koncepci údržby svého majetku, kterou s provozovatelem každoročně upřesňuje a tuto v plném rozsahu finančně zajišťuje
- g) finančně zajišťuje v plném rozsahu energetickou náročnost provozu zařízení VO
- h) zajišťuje celkovou rekonstrukci zařízení VO, které dosáhlo hranice životnosti
- i) rozhoduje o odstranění zařízení VO v havarijním stavu zaviněném neprovedením rekonstrukce po dosažení hranice životnosti
- j) rozhoduje a schvaluje zásadní koncepční řešení provozu a údržby zařízení VO (způsob ovládání, stanovení technicko kvalitativních podmínek staveb apod.)

#### 11.3.1. Definice majetku VO, nabývání a pozbývání majetku VO

Hmotný majetek VO tvoří veškerá zařízení sloužící k řádné funkci osvětlení ve městě a bylo předáno městu do majetku a správy. Tento majetek vede ve své operativní evidenci město prostřednictvím příslušného (majetkového) odboru.

Město může nabývat majetek:

- a) předávacím protokolem o investiční akci města úplatným převodem (koupí)
- b) bezúplatným převodem (darem)

O nabývání majetku koupí či darem musí předem rozhodnout rada města na návrh majetkového odboru.

K nabývání majetku je nutno doložit následující doklady:

- a) platné kolaudační rozhodnutí s nabytím právní moci
- b) kompletní projektovou dokumentací
- c) revizní zprávu elektro s odstraněnými závadami
- d) geodetické zaměření tras podzemního vedení VO (v případě, že toto vedení nejde jen po pozemcích města doložit smluvně ošetřená věcná břemena)
- e) zápis o předání a převzetí stavby
- f) potvrzení o odstranění závad z kolaudačního řízení
- g) předávací protokol o investiční akci města, pokud se jedná o stavbu financovanou z městského rozpočtu.

Zcizování majetku lze provést:

- a) prodejem
- b) darem
- c) likvidací neupotřebitelného majetku

O tomtéž rozhoduje rada města na návrh příslušného (majetkového) odboru, navíc u likvidace neupotřebitelného majetku jmenuje likvidační komisi (stálou či na jednotlivé případy), která dokladuje starý neupotřebitelný majetek, rozhodne jak s ním bude naloženo, ručí za jeho fyzickou likvidaci a určení, která původní část zařízení VO se tímto nahrazuje a její hodnotu, rozhodne o návrhu na jeho vyřazení z evidence. Po schválení radou města je toto realizováno. Podobně postupují i ostatní subjekty řízené městem.

Před započítáním uplatňování tohoto postupu navyšování či odepisování majetku je nutné mít předem dohodnutý jednotný metodický výklad s úkony jednotlivých zúčastněných stran. Toto však nemůže být řešeno GENERELEM VO, jedná se o vnitřní organizační řád MěÚ Frýdlant.

## 11.4. Činnost správce VO

### 11.4.1. Obsah a zajištění výkonu správy VO a poruchového dispečinku VO

Rozsah činností zajišťovaných správou veřejného osvětlení je následující:

- a) vedení veškeré technické evidence zařízení VO
- b) zajištění jednotné mapové a datové pasportizace VO
- c) poskytování vyjádření a stanovisek ke všem územním a stavebním řízením, důsledná kontrola předkládaných projektů samostatných staveb VO a staveb s vynucenými přeložkami a změnami VO, technická správnost a ekonomika navrhovaných řešení
- d) zajištění vytýčování průběhu podzemní sítě VO zhotovitelům staveb
- e) poskytování mapových a technických informací zpracovatelům PD, která se nějakým způsobem dotýkají zařízení VO
- f) smluvní zajištění provádění údržby VO na základě uzavřených smluvních vztahů a formou objednávek potřebných prací, řízení prací, kontrola přejímání provedených prací, fakturace a rovnoměrnost plnění rozpočtu
- g) výkon činnosti energetika zařízení VO - vedení evidence vynaložených nákladů na spotřebu energie VO, zabezpečení čtvrtletních odpočtů spotřeby energie
- h) spolupráce s distributorem elektrické energie při řešení problémů spojených s odběrem energie pro VO
- i) zabezpečuje provádění revizí VO dle zpracovaného plánu a odstraňování zjištěných závad
- j) řešení nejrůznějších požadavků třetích osob na využití zařízení VO (stožary pro různá vedení, využití pro reklamní účely nebo pro komerční cíle, požadavky na podružné odběry z VO apod.), u případů přesahujících pravomoc správce VO příprava návrhů k projednání a odsouhlasení vlastníkem VO
- k) zabezpečení centrálního poruchového dispečinku VO
- l) zajištění pohotovostní poruchové služby na odstraňování bezodkladných havarijních stavů ohrožujících bezpečnost a životy občanů (trvalá poruchová služba) a velkoplošných výpadků provozu VO (noční poruchová služba)
- m) zajištění nakládání s nebezpečným odpadem podle zákona o odpadech
- n) dodržovat příslušné zákony, ČSN a platné předpisy a další technické normy, které se týkají správy, údržby, a provozu veřejného osvětlení
- o) připravovat podklady pro finanční plán na kalendářní rok
- p) připravovat podklady pro plán investiční výstavby na kalendářní rok

- q) zpracovat plán práce správy VO pro daný kalendářní rok na základě schváleného rozpočtu ZMO pro běžnou údržbu, preventivní údržbu, revize zařízení VO, a další činnosti v duchu platných dokumentů jako je např. Generel VO
- r) spolupracovat s orgány města při řešení otázek veřejného osvětlení a požadavků občanů na jeho rozšíření, zkvalitnění apod.
- s) úzce spolupracovat s policií ČR, městskou policií při řešení otázek projevů dopravních nehod a jiných škod vznikajících na majetku VO, včetně projevů vandalizmu, ale i havarijních stavů na VO
- t) organizovat a provádět kontrolní činnost stavu VO, sledování staveb, inženýrské činnosti apod.
- u) zpracování hodnocení splnění plánu údržby VO a finančního rozpočtu na kalendářní rok

#### 11.4.2. Vedení pasportizace VO

Povinnost vedení pasportizace zařízení VO upravují (kromě logické povinnosti správce mít přesnou evidenci o svěřeném majetku obecně) pro elektrická zařízení a inženýrské sítě následující ustanovení:

ČSN 33 2000-1, v článku 13N7.2 Dokumentace elektrických zařízení je uvedeno:

*„Ke každému novému elektrickému zařízení musí být dodána dodavatelem v potřebném rozsahu dokumentace umožňující stavbu, provoz, údržbu a revize zařízení, jakož i výměnu jednotlivých částí zařízení a další rozšiřování zařízení. Do dokumentace musí být zaznamenávány všechny změny elektrických zařízení proti původní dokumentaci, které na zařízení vznikly před uvedením do trvalého provozu“.*

V novele stavebního zákona - zákon č. 83/1998 Sb. ze dne 18. 3. 1998 se doplnil odstavec 2, který zní:

*„(2) Vlastníci rozvodných sítí, kanalizace a ostatních liniových podzemních staveb a zařízení jsou povinni vést o nich evidenci a z té poskytovat osobám, které prokáží odůvodněnost svého požadavku, ověřené údaje o jejich poloze.“*

Tím je dána zákonná povinnost každého správce sítě veřejného osvětlení vytvořit a udržovat takový pasport VO, který ve své mapové části komplexní informaci o rozvodu VO poskytuje. Úplná a hlavně průběžně aktualizovaná pasportizace je také nezbytnou podmínkou kvalitní údržby a trvalé ekonomické modernizace osvětlovacích soustav. Podrobná a přesná evidenci umožňuje správě VO plánovat provádění běžné a preventivní údržby, spotřeby energie a zároveň i připravovat podklady majiteli zařízení pro plánování rekonstrukcí.

#### **Pasport VO je členěn na technickou a mapovou část.**

##### ***Technická část***

- obsahuje popis VO z hlediska technického, je základem evidence VO. Tyto základní údaje evidence umožňují sledovat skladbu a úroveň VO daného území. Technická část pasportu obsahuje soupis veškerého spravovaného zařízení VO, energetické údaje, z těchto dat se získávají technické a statistické údaje celého spravovaného celku. Základní údaje vedené v datové části technické evidence zařízení VO jsou např.:

- a) údaje k zapínacímu místu
  - druh rozváděče

- instalovaný příkon
  - ovládání spínacího místa - hlavní rozváděč, podružný rozváděč
  - způsob ovládání hlavního, ovládacího rozváděče - fotospínač, hodiny, HDO
  - jednotlivé větve s identifikací světelných míst
- a) údaje ke světelnému místu
- číslo světelného místa
  - rok pořízení (bude-li majitelem znám a správci VO sdělen)
  - druh stožáru v rozlišení na stožár vlastní a využitý jiné
  - druh výložníku
  - druh svítidla
  - jeho umístění z hlediska komunikace, název, MOB

Datový pasport zavedený do PC prostředí následně umožňuje výstupy jako např.:

- celkový počet rozváděčů v členění na zapínací, odbočné a smyčkovací
- celkový počet světelných míst v členění na počet sv. míst výšky do 6 m a nad 6 m
- celkový počet svítidel v členění na sadová, raménková, výložníková, převěšová
- celkový počet světelných zdrojů v členění na výbojkové, žárovkové a zářivkové (zdroje jsou dále členěny podle druhů a příkonů),
- celkovou délku kabelového a venkovního vedení
- celkový instalovaný příkon v kW v členění podle zapínacích míst, oblastí a celého města (obce)
- hodnotu celkové roční spotřeby elektrické energie v kWh

### **Mapová část**

- základem mapové evidence je soubor mapových čtverců na podkladu buď technické nebo katastrální mapy města či obce v měřítku 1 : 1000 v digitální formě, ze které mohou být tištěny libovolné výstupy pro potřebu správce VO, technické pracovníky a pro servisní firmu, která v terénu provádí údržbu VO.

V mapách jsou zakresleny trasy kabelů VO, světelná místa, rozváděče a ostatní zařízení. Zákres je proveden jako podrobné situační elektrické schéma za použití dohodnutých značek. Pro potřeby GIS města stačí převádět pouze umístění rozváděčů, světelných míst (bez typového rozlišení) a průběhu rozvodu VO (bez rozlišení na jednotlivé kabely).

## **11.5. Údržba VO a její členění**

Veřejné osvětlení jako každé složitější technické zařízení musí být udržováno. Tím spíše, že se jedná o vyhrazené technické zařízení.

Od roku 1995 platí technická norma ČSN 33 2000-1, kde je článek 13N6.2:

*„Elektrická zařízení musí být pravidelně kontrolována a udržována v takovém stavu, aby byla zajištěna jejich správná činnost a byly dodrženy požadavky elektrické a mechanické bezpečnosti a požadavky ostatních předpisů a norem“.*

Údržbu zařízení VO a s tím spojené práce lze členit:

1. Běžná údržba (dále jen BÚ)
2. Preventivní údržba (dále jen PÚ)
3. Odstraňování následků škod a vandalizmu
4. Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby
5. Zajištění pravidelných elektrorevizí

**11.5.1. Běžná údržba**

Zahrnuje všechny nezbytné úkony k zajištění plynulého provozu zařízení VO, prováděné podle platných předpisů. S

S výkonem běžné údržby je spojena kontrolní činnost dodavatele údržby, který při pohybu v terénu zjišťuje, zaznamenává a předává správci veškeré informace o poškozených, zvláštních stavech na zařízení, nepovoleném využívání stožárů apod. Do kontrolní činnosti patří také pravidelné noční kontroly spravovaného území za účelem ověření funkčnosti celé soustavy a zjištění problematických míst, dílčích a ojedinělých výpadků.

V rámci běžné údržby musí dodavatel zajistit zejména:

- a) udržení soustavy VO v pravidelném provozu se zajištěním svítivosti na instalovaných světelných místech 100% s tolerancí max. mínus 2%
- b) odstraňování poruch rozvodu, operativní provizorní opravy k co nejrychlejšímu opětovnému zprovoznění soustavy VO v souladu s podmínkami uzavřené smlouvy
- c) výměny vyhořelých zdrojů zjištěných při noční kontrolní činnosti, nebo nahlášených správcem nebo občany města, výměny nebo opravy předřadníků, jističů svítidel, krytů. Vzhledem k ceně energie je vhodné provádění oprav - výměn světelných zdrojů v nočních hodinách při normálním provozu VO. Noční práce však nelze provádět např. na venkovním vedení, v blízkosti troleje hromadné dopravy.
- d) seřizování časových spínačů v souladu s ročním provozním kalendářem (viz.Tab.11.1), ošetřování fotometrických spínačích prvků apod.
- e) identifikace kabelových poruch, operativní opatření a předkládání návrhů na definitivní odstranění kabelových poruch

**Tab. 11.1. Obecně platná doba zapínání a vypínání VO**

Období	Zapnutí	Vypnutí
zimní 23.9. až 20.3.	1/2 hod po západu slunce	1/2 hod před východem slunce
letní 21.3 až 22.9.	3/4 hodiny po západu slunce	3/4 hodiny před východem slunce

Správce VO zabezpečuje provoz VO dle zpracovaného kalendáře spínačích hodin na celém území města stejně.

**11.5.2. Preventivní údržba**

Je rozhodující činností, která přímo ovlivňuje délku života zařízení. Podceňování PÚ vede k hromadění problému se zajištěním provozu VO (zejména v zimních měsících), prodražuje se běžná údržba, zhoršuje se účinnost osvětlovací soustavy a tím hospodárnost provozu. Šetření finančních prostředků na úkor PÚ má ve svých důsledcích za následek značné ekonomické ztráty v podobě zvýšených nákladů BÚ, mnohdy to vedlo i k předčasné rekonstrukci.

Obsahem PÚ jsou práce, které se nyní mohou jevit jako zbytečné, ale v budoucnu se již jejich opomenutí a neprovedení nedá běžnou údržbou ekonomicky nahradit.

**Prvky, jejichž technický stav provádění PÚ pozitivně ovlivňuje**

*Osvětlovací stožáry, výložníky*

Jejich životnost je dána stavem materiálu v místě vetknutí. Nově stavěné stožáry musí být vybaveny zesílenou ochrannou manžetou a opatřeny vnějším nátěrem a vnitřním ochranným nátěrem. Každý stožár musí mít zešíkmenou betonovou hlavici (odtok vody od dříku stožáru), která svým průměrem přesahuje dolní rozměr patice alespoň o 5 cm u paticových, nebo šířku mezikruží alespoň 150mm u bezpaticových stožárů. Kontrola celistvosti hlavice se provádí zejména při komplexní údržbě patice.

Preventivní údržba výložníku spočívá vedle nátěru už jen v kontrole a konzervaci zajišťovacích šroubů.

#### *Stožárová patice, rozvodnice bezpaticového stožáru*

Patice tvoří ochranu živých částí krytím před úrazem elektrickým proudem, proti vnikání vlhkosti do prostoru el. výbroje i jako částečná mechanická ochrana stožáru proti nárazu.

Je nutné pravidelně čistit a konzervovat zámky dvířek, kontrolovat a zatěsňovat vhodným tmelem prostor mezi stožárem a paticí, čistit prostor pod paticí, dotahovat svorkovnice kabelů, uzemnění, konzervovat spoje.

#### *Svítidla*

Nová svítidla s vysokým stupněm krytí nevyžadují zvláštní náročnou preventivní údržbu, kromě očištění krytu svítidla a dalších světelně aktivních ploch v rámci výměny světelného zdroje. Prevence u svítidel spočívá ve vizuální kontrolní činnosti stavu krytů, předřadníků, aby přístrojová náplň nebyla vystavena přímému působení povětrnostních vlivů, kontrole čistoty a neporušenosti krytu sv. zdroje, aby nedocházelo ke korozi odrazné plochy. Svítidla, jsou-li umístěna na výložnicích na stožárech nesoucích trakční vedení, musí být odolná proti účinkům dynamických rázů (zkoušku zajišťuje výrobce).

#### *Světelné zdroje*

V rámci PÚ se provádí plošná skupinová výměna všech světelných zdrojů po stanovené době provozu. Vzhledem k zavedení čtyřletého cyklu PÚ a dosažitelné kvalitě dodávaných světelných zdrojů včetně předřadníků svítidel je dnes již možno přistoupit k plošným výměnám po 4 letech provozu. Životnost světelných zdrojů také ovlivňují napěťové poměry v síti, proto je dobré provádět terénní měření parametrů sítě a na základě zjištěných hodnot jednat s distributorem elektrické energie..

#### *Elektrický rozvod VO*

Preventivní údržba elektrického kabelového rozvodu spočívá v údržbě ukončení kabelů, čištění připojovacích konců, dotahování spojů, konzervace. Dále v kontrole a doplňování štítků na koncokách kabelů v rozváděcích.

Důležitou prevencí ochrany kabelů VO je důsledný výkon správy na zařízení při vyjadřování k různým havarijním opravám, stavebním pracím, přípojkám staveb. Stanovení jasných podmínek pro práci v blízkosti kabelového rozvodu VO chrání toto zařízení.

U venkovního vedení VO pod sítí NN je nutné kontrolovat a sledovat napnutí vodičů VO i vodičů NN, aby při větrném počasí nedocházelo ke zkratování a pravidelným výpadkům VO. Případné napínání vodičů je nutné předem projednat s příslušnou energetickou společností ČEZ, aby byla zajištěna koordinace prací a byla zajištěna všechna opatření proti úrazu elektrickým proudem na daném úseku. Při pracích na zařízeních, kdy je třeba zapnout síť VO včetně venkovního rozvodu VO společně uloženého se sítí volného vedení NN, mimo

dobu běžného provozu, musí údržba VO projednat zapnutí s příslušnou energetickou společností.

#### *Rozváděče VO*

Vyžadují vyčištění prostoru rozváděče, ošetření kontaktů, svorek, vnitřního osvětlení, provedení výměn viditelně poškozených přístrojů, kontrolu a zajištění zaplombovaných částí před elektroměrem, kontrolu platnosti a doplnění schéma rozváděče a schéma šíření impulsu v dané oblasti.

Podle agresivity okolního prostředí je třeba upravit interval provádění PÚ některých rozváděčů (zkrátit na polovinu). Při projektování nových zařízení VO je nutno dbát na to, aby rozváděč byl chráněn polohou proti agresivní vodě (stříkající od projíždějících aut z vozovky).

#### **Odůvodnění významu zavedení dlouhodobé preventivní údržby**

Novelizací normy o revizích el. zařízení ČSN 33 1500 bylo v roce 1991 umožněno organizacím s vlastním řádem preventivní údržby (dále jen PÚ) prodloužit lhůty stanovené pro provádění revizí až na dvojnásobek (mimo prostory s nebezpečím požáru nebo výbuchu). Přesně stanovené intervaly údržby jsou technickými normami určeny pouze pro el. zařízení v prostorách prašných a u speciálních zařízení. Platí, že volba nemá vycházet z počtu pracovníků nebo ekonomických možností majitele, ale z podmínek a potřeb provozu, stanoveného prostředí apod. Aniž je to v právní či technické normě uvedeno, je logické, že interval údržby nesmí být delší než stanovená perioda revize el. zařízení.

Kvalitní plán preventivní údržby a jeho důsledné naplňování garantuje, kromě prodloužení životnosti zařízení VO, postupné snižování nákladů běžné údržby tím, že se výrazně sníží neplánované výjezdy na jednotlivé poruchy, sníží se noční zásahy vyvolané poruchami ve stožárových rozvodnicích, impulsních propojeních apod. Je třeba si uvědomit, že nejdražší údržba je náhodnou poruchou vynucený jednotlivý výjezd na různě od sebe vzdálená jednotlivá světelná místa. Preventivní údržba spojená s plošnou výměnou kvalitních zdrojů při důsledné kontrole kvality předradníků ve svém důsledku znamená, že do takové oblasti se nemusí opakovaně najíždět.

Ekonomický přínos PÚ je zřejmý z následujícího:

- a) snížené časové ztráty zbytečným přejížděním
- b) možnost dlouhodobého plánování práce a potřebného materiálu
- c) konkrétní přebírání dokončené práce od pracovníků, jednodušší kontrola kvality
- d) možnost dohodnutí záručních dob na provedené práce ( nátěry, zdroje aj.) jako pojistky proti nekvalitnímu odvedení prací u subdodávek
- e) každé světelné místo a rozváděče jsou v pravidelném termínu komplexně ošetřeny
- f) zákonitě snížení počtu nahodilých poruch
- g) možnost úspory nákladů za periodické elektrorevize (dle ČSN každé 4 roky) při oprávněném vynechání jednoho cyklu (prodloužení na 8 let) při zpracovaném plánu preventivní údržby
- h) v pravidelném cyklu je navštíven každý prvek zařízení VO a tím je zvýšená kontrola a prevence před neoprávněným využíváním zařízení VO.



## Zpracování plánu PÚ

Příprava plánu PÚ vyžaduje zejména:

- vypracování přehledné mapy města s rozlišeným vyznačením území se zařízením VO podle jednotlivých nejbližších roků obnovy elektrovevize
- vytvoření čtyř územně kompaktních území s přibližně srovnatelným počtem SM podle největšího počtu nutných obnovy revizí v jednom vybraném roce a území i za cenu, že se některé revize budou muset provést tzv. v předtermínu.
- podle stáří zařízení VO nebo podle poslední předcházející větší údržby, rekonstrukcí apod. zvolit nejzanedbanější území pro první rok zavedení plošné preventivní údržby.
- od tohoto území pokračovat v návrhu dalších let postupně v navazujícím území (např. po směru hodinových ručiček), aby se za čtyři roky celá oblast města uzavřela.
- v prvním čtyřletém cyklu se v souběhu s preventivní údržbou budou provádět i periodické elektrovevize, aby byl co nejpodrobněji podchycen celkový stav zařízení a byl uveden do náležitého pořádku.

## Vymezení rozsahu prací PÚ

Jedná se o komplexní ošetření zařízení VO a výměnu těch prvků, které podle roků instalace již výměnu vyžadují. Proto je nutné jednou plánovitost údržby nastartovat, aby se zamezilo operativním nekoordinovaným výměnám prvků s mnohaletou životností v rámci různých nahodilých poruch.

Je nutné pracovat v daném roce v přesně vymezeném území a postupně uvést zařízení do stejného cyklu určitých přesně specifikovaných a požadovaných výkonů a výměn prvků.

Do plánu preventivní údržby je možné vhodně zakomponovat plošné výměny světelných zdrojů v cyklu výměn do 4leté periody.

Pro stanovení termínů výměn jednotlivých prvků lze vycházet z doby pořízení za použití odpisových tabulek zákona o dani z příjmu č. 586/1992 Sb. ve znění pozdějších změn a doplnění, kde jsou svítidla v odpisové skupině č. 2 (položka 2-47, SKP 31.50), elektrické rozváděče ve skupině č. 3 (pol. 3-36, SKP 31.2), kabelové rozvody a stožáry ve skupině č. 4 (el. vedení - pol. 4-3, SKP 46.21.4, stožáry - pol. 4-5, SKP 46.21.52). Podle § 30, odst. (1) doba odpisování činí:

Odpisová skupina	Doba odpisování
2	8 let
3	15 let
4	30 let

**Tab. 11.2. Přehled jednotlivých lhůt provádění PÚ podle prvků souboru VO**

PÚ	Prvek souboru VO	Perioda provedení		
		údržba ošetření (rok)	výměna nové proved. (rok)	investice obnova zař. (rok)
1.	Rozváděče			

1.1.	RVO, RVOO, RVOS, SM	4	16	30
<b>2.</b>	<b>Světelná místa</b>			
2.1.	elektrovýzbroj vč. GO patice	4	8	
2.2.	svítidlo	4	12	
2.2.1	světelný zdroj		4	
2.3.	nátěry			
2.3.1	stožáry VO		8	
2.3.2	výložníky na DPO, SME		8	
<b>3.</b>	<b>Elektrorevize</b>			
3.1.	prohlídka v rámci preventivní údržby	4		
3.2.	periodická revize vč. zprávy		8	

Na každém stavebním prvku zařízení VO tedy dojde v určitém periodickém cyklu buď k provedení údržbářských prací nebo k výměně. Vhodným naplánováním lze dosáhnout i určité rovnoměrnosti nákladů pro každý finanční rok.

V plánu PÚ je nutné vypracovat přesný popis pracovní činnosti na každém prvku soustavy.

Je zřejmé a nevyhnutelné, že do každého území budou zasahovat např. nové stavby VO, rekonstruované části VO, přeložená VO s velmi krátkou dobou od předání. V takovém případě se u nového zařízení VO provede pouze mechanické očištění a prohlídka.

### Finanční náročnost PÚ a přínos

Způsobem vypracování finančního plánu PÚ se zabývá v čl. VI odst. 1.4 „Propočet nákladů pro zavedení preventivní údržby“ Generelu.

Je nutné zdůraznit, že zavedení PÚ přinese následně snížení nákladů BÚ,lepší celkový technický stav provozovaného zařízení po celou dobu jeho životnosti, sníží poruchovost zařízení (tím sníží náklady na výjezdy pohotovostní služby). Po několika cyklech důsledného provádění se navíc může prokázat, že dlouhodobá PÚ fakticky posunula hranici životnosti celého zařízení VO. V žádném případě ale nelze, aby se v okamžiku, kdy např. Rada města rozhodne o zavedení dlouhodobé PÚ omezily investiční finanční prostředky na celkové rekonstrukce zařízení VO dosahujícího hranice životnosti.

### 11.5.3. Škody na zařízení VO

V rámci VO města činí náklady na odstraňování škod a havárií podle statistik měst v ČR až 7 % ročních nákladů na údržbu VO. Nejpodstatnější příčiny škod na zařízení VO jsou:

1. Vandalismus
2. Dopravní nehody
3. Ostatní stavební činnost

### **Vandalismus**

Velkým problémem je svévolné poškozování zařízení VO, krádeže kabelových rozvodů (např. na kabelových lávkách mostů, nadchodů apod.), při čemž je nejhůře zjištělný pachatel. V drtivé většině tak nese náklady spojené s nápravou vlastník zařízení. U rozsáhlejších poškození, bezprostředně zjištěných po provedení, je možné spolupracovat s Policií ČR a na základě výsledku vyšetřování uplatnit náhradu škody na zjištěném viníkovi.

Prevencí na odlehlých místech, parcích, za areály škol apod. může být použití svítidel v nerozbitném provedení, nebo svítidel s co nejmenší světelně činnou plochou, nepoužívání nízkých stožárů, zvýšené zajištění rozváděčů, zvýšené zajištění dvířek stožárových rozvodnic (např. páskováním).

### **Dopravní nehody, vliv dopravního provozu**

Důsledkem dopravních nehod je zpravidla zničení patice stožáru, zkrat na elektrovýzbroji s následným výpadkem sítě VO, deformace až úplné zničení stožáru, vlivem dynamických sil nárazu rozlomení, pád a zničení svítidla, poškození rozváděčů.

Důležitá je dobrá spolupráce s Policií ČR, DI, oddělení dopravních nehod. Každé zjištěné poškození musí správce VO nahlásit na DI. Většinou je již taková nehoda ve fázi vyšetřování a DI zasílá po skončení majiteli zařízení protokol, na jehož základě uplatní majitel VO náhradu škody.

Je velké množství případů, kdy při neopatrné jízdě, couvání (zejména u nákladních automobilů), je způsobena značná škoda na zařízení VO, zatímco na vozidle vznikne škoda minimální nebo vůbec žádná a viník poškození z místa ujede. Není-li přímých svědků, je většinou vyšetřování neúspěšné a majitel nemá kde náhradu škody uplatnit.

### **Ostatní stavební činnost**

Při stavební činnosti dochází k poškozování zařízení, zejména kabelových rozvodů, zaviněné nedbalostí a nezájmem stavebních dělníků, používáním hloubících mechanismů v místech požadovaného opatrného ručního výkopu. Všeobecně se podceňuje význam VO a spoléhá na to, že je v době provádění zemních prací bývá VO mimo provoz a neohrožuje pracovníky možností úrazu elektrickým proudem. Správci VO stále chybí účinná ochrana takového poškozování rozvodu VO.

Veřejné osvětlení je přitom jediným oborem veřejně prospěšných služeb, jehož jakost i provozní stav je předepsán státní technickou normou. Chybí mu však nějaká zákonná ochrana před neoprávněnými zásahy, před následky bezohledné stavební činnosti, např. taková, jakou mají elektroenergetika, plynárenství a teplárenství (zákon č.458/2000 Sb.) nebo rozvody telekomunikací podle zákona č.110/1964 Sb. o telekomunikacích ve znění zákona č.150/1992 Sb. a zákona č.253/1994 Sb.

Správce VO proto musí v rámci stavebního řízení stanovit jasné podmínky pro práci v blízkosti VO, vyžadovat jejich bezpodmínečné dodržení, trvat na objednání vytýčení rozvodu VO a v zápise z vytýčení uplatnit opatření pro případ poškození, vyžadovat předání neporušeného vedení před záhozem apod.

#### **11.5.4. Centrální dispečink a pohotovostní poruchová služba**

Zřízení centrálního poruchového dispečinku pro celé území města. Veškeré poruchy, poškození, havárie na zařízení VO se hlásí na centrální dispečink na bezplatnou telefonní linku zveřejněnou společností provádějící údržbu VO.

Smyslem poruchové služby není v nočních hodinách odstraňovat ojedinělé výpadky světelných míst. Poruchová pohotovostní služba a dispečink byly zřízeny zejména pro případy:

- a) celoplošný výpadek soustavy VO v některé městské části
- b) souvislý výpadek VO na komunikaci I., II. a III. stupně osvětlení v rozsahu více než 5 SM
- c) vandalismus s následkem odkrytí živých částí elektroinstalace (otevření rozváděč, chybějící kryt rozváděče nebo stožárové svorkovnice)
- d) dopravní nehoda se stejnými následky ad c)
- e) havárie zařízení VO, která svým mechanickým stavem ohrožuje životy, zdraví občanů města nebo okolní majetek

#### **11.5.5. Revize VO**

Veřejné osvětlení, tak jako každé jiné el. zařízení, se musí pravidelně revidovat – dle ČSN 33 1500. Jsou prováděny výchozí revize, pravidelné, částečné, případně mimořádné revize.

Revizí VO se zjišťuje celkový stav VO z hlediska bezpečnosti a provozní spolehlivosti. Přesný obraz o stavu VO, o jeho chybách a nedostacích je důležitým prostředkem protiúrazové prevence. Dále je výchozím podkladem pro další zaměření údržby zařízení. Z uvedeného vyplývá, že revize VO je neoddelitelnou součástí technické údržby a preventivních oprav.

Výchozí a pravidelnou revizi může vykonávat pouze revizní technik s příslušným oprávněním. Revizní zpráva musí být uložena u provozovatele elektrického zařízení a přístupná orgánům státního odborného dozoru.

#### **Výchozí revize**

Provádí se u nově uváděných instalací do provozu (novostavby VO, zásadní přeložky, rekonstrukce ucelených částí VO apod.). Je neopominutelným dokladem pro přijímací a kolaudační řízení staveb VO. Revizní technik při ní prohlídkou, měřením a zkoušením zjišťuje, jestli VO vyhovuje všem požadavkům platných předpisů a ČSN z hlediska bezpečnosti osob, věcí a provozní spolehlivosti. Kontroluje i správnou činnost zařízení VO. Podklady pro provádění výchozí revize jsou:

- dokumentace elektrického zařízení odpovídající skutečnému provedení

- pasport VO
- protokoly o určení druhu prostředí, pokud nejsou součástí dokumentace
- záznamy o kontrolách, zkouškách a měřeních provedených na elektrickém zařízení před jeho uvedením do provozu
- doklady stanovené příslušným předpisem
- písemné záznamy o provedených opatřeních a kontrolách v případě prací ve smyslu čl. 2.2 normy ČSN 33 1500

Zpráva o výchozí revizi musí být uložena trvale až do zrušení elektrického zařízení.

### **Pravidelná revize**

Provádí se ve lhůtách, které jsou stanoveny v tab. 1, ČSN 33 1500 a pro zařízení VO, vzhledem k jeho zatřídění podle vnějších vlivů, platí lhůta pravidelné revize **4 roky**. Prohlídkou, měřením a zkoušením se zjišťuje, zda v době provozu VO nenastaly změny, úpravy a tím i odchylky od platných předpisů a ČSN, které by ohrožovaly bezpečnost osob a věcí. Podklady pro provádění pravidelné revize jsou:

- dokumentace elektrického zařízení odpovídající skutečnému provedení
- pasport VO
- protokoly o určení druhu prostředí
- zásady pro údržbu elektrického zařízení, tj. provádění kontrol, revizí, zkoušek a měření
- záznamy s výsledky provedených kontrol podle řádu preventivní údržby s podpisem pověřeného pracovníka
- zpráva o předchozí revizi
- záznamy o provedených kontrolách při pracích prováděných ve smyslu čl. 2.3, 2.6, 2.7 normy ČSN 33 1500
- doklady z dozorové činnosti orgánu státního odborného technického dozoru

Provozovatel VO musí zabezpečit odstranění závad, zjištěných při pravidelné revizi VO anebo zajistit dočasné bezpečnostní opatření. Když nemůže odstranit závady, které brání podle vypracované revizní zprávy bezpečnému provozu zařízení, musí takové VO odpojit od sítě. Zpráva o pravidelné revizi musí být uložena nejméně do vyhotovení následné zprávy o pravidelné revizi.

### **Částečná revize**

Zahrnuje jednotlivé úkony (měření izolačních a zemních odporů, kontrola jištění, nastavení ochran apod.), jejichž výsledky mohou být použity jako podklad k sestavení revizní zprávy. Může ji vykonávat i pracovník, který nemá oprávnění revizního technika, ale musí splňovat kvalifikaci dle vyhl. 50/78 Sb. a ČSN 33 1500.

### **Mimořádná revize**

Vykonává se po živelných pohromách nebo je nařízená orgánem odborného dozoru.

## **11.6. Specifické otázky provozu VO**

Vedle běžného provozu a údržby VO musí vlastník a provozovatel řešit ještě jiné spojitě problémy, které přinášá umístění zařízení ve veřejném městském prostoru a jeho vlastní provedení, zejména pak umístění nosných konstrukcí - stožárů, výložníků.

K řešení všech těchto otázek je nezbytně nutné jasné vymezení kompetencí mezi vlastníkem zařízení a provozovatelem. Jedná se například o jednoznačné pověření provozovatele k určitým úkonům, které může provádět v zájmu vlastníka. Obecně je toto ošetřeno v platné smlouvě.

Zastupování vlastníka v tomto smyslu je v případech běžných výkonů správy a údržby svěřeného majetku jasné (řešení poškození, vyjadřování ke stavbám, obnova starých nebo vadných prvků apod.). Jsou však situace nebo požadavky třetích stran, které nemůže ani zplnomocněný správce zařízení VO provést nebo rozhodnout, aniž by k tomu měl konečné stanovisko vlastníka.

Jedná se zejména o:

- 1) Využití podpěr
- 2) Připojování jiných odběrů na rozvod VO
- 3) Vztah VO a veřejné zeleně
- 4) Provoz a údržba slavnostního (architekturního) osvětlení
- 5) Provoz a údržba vánočního osvětlení

### **11.6.1. Využití podpěr**

#### **VO na cizích podpěrách**

Je obecně rozšířené společné využívání podpěr nadzemního venkovního vedení na stožárech distributora elektrické energie.

Společné využití podpěr je ekonomické a hlavně šetrné z hlediska životního prostředí a vzhledu města. V těchto případech je podpora majetkem vlastníka sítě, pro kterou byla vystavěna. Správce VO, u projektu investic projektant VO, je povinen záměry na využití podpěr předem s vlastníky projednat, instalace provádět šetrně a podle požadavků vlastníka podpěry a v případě nahlášené změny umístění podpěry (přeložka sítě, rekonstrukce, likvidace) zajistit na vlastní náklady nezbytné úpravy zařízení VO.

Na stožárech rozvodu NN se zpravidla osazuje výložník nebo raménkový držák na třmenové objímky, konzola na třmenu nebo páskovaná pro napínací a nosné prvky samonosného izolovaného vedení. V některých případech se ještě osazuje pojistková skříňka a případně svod uzemnění (není-li již v rámci rozvodu NN proveden).

#### **Zařízení VO na soukromých objektech**

Z minulosti je dáno, že prvky a kabelový rozvod zařízení VO jsou v mnoha případech umístěny na pozemcích nebo objektech ve vlastnictví jiných subjektů než vlastníka VO. Tím, že nejsou z minulosti zřízena věcná břemena, dochází např. i k prodejem domů státem (městem, obvody) do soukromého vlastnictví, aniž je ošetřeno zařízení VO, které je na objektu umístěno. Potom bývá správce VO postaven před těžce a nákladně řešitelné situace, když vlastník oprávněně požaduje odstranění tohoto zařízení. Navíc musí být na takové přeložky čerpány prostředky běžné údržby, které potom samozřejmě chybí na místech potřebnějších.

Stavební zákon (zák. č.50/1976Sb. v platném znění v § 58 Žádost o stavební povolení, odst. (4):

*„Žádá-li stavebník o povolení stavby, která má z části spočívat na stavbě ve vlastnictví jiné osoby, musí připojit k žádosti o povolení stavby písemnou smlouvu o zřízení věcného břemene uzavřenou s vlastníkem stavby, na jejíž části má spočívat; totéž platí i v případech, kdy se obě stavby mají provádět současně.“*

Je proto naprosto nezbytné stanovit a dodržovat pravidla řešení umístění zařízení VO ve veřejném prostoru:

- a) u stávajícího zařízení do doby rekonstrukce se musí řešit nastalé konkrétní případy
  - vlastník objektu nebo pozemku upozorní na nevyřešený majtkový stav
  - vlastník (město) zajistí uzavření smlouvy o věcném břemeni
- b) Město nebo jiný vlastník připravují prodej nemovitého majetku
  - ověří u správce VO umístění zařízení VO (zejména kabelový rozvod v zemi při prodeji pozemků)
  - v případě výskytu VO na prodávaném majetku projedná prodávající se správou VO možnosti a realizaci odstranění zařízení VO z prodávaného majetku ještě před vlastním prodejem
  - není-li odstranění VO nebo přeložka technicky možná, zajistí vlastník (město) uzavření smlouvy o věcném břemeni ještě před vlastním prodejem
- c) rekonstrukce VO nebo nová výstavba VO
  - navrhovat taková řešení, aby v maximální možné míře bylo nové zařízení VO umístěno na pozemcích nebo v nevyhnutelných případech i na objektech ve vlastnictví města
  - u nezbytného dotčení cizího vlastnictví projednat předběžný souhlas s umístěním, dohodnout výši náhrady za zřízení věcného břemene, připravit a uzavřít smlouvu o smlouvě budoucí na zřízení věcného břemene a po ukončení stavby uzavřít smlouvu o věcném břemeni včetně splnění závazku z ní vyplývajícího a zajistit vložení věcného břemene na Katastrálním úřadě

### **Jiná vedení na stožárech VO**

Každý, kdo zamýšlí využít stožáry VO jako podpěr pro nadzemní vedení, by si měl především uvědomit, že základy a dřívky stožárů nejsou dimenzovány na takové vrcholové tahy, jaké kabelová nadzemní vedení vykazují. V žádném případě nemůže vymáhat náhradu škody v případě, že dojde k poškození jeho předmětu vlivem nějaké havarijní události zařízení VO.

K této problematice jednoznačně hovoří ČSN 34 8340 v čl. 22:

*„Na stožár se nemá upevňovat žádné další zařízení. Je-li upevnění dalšího zařízení nutné, nesmí být překročen jmenovitý vrcholový tah stožáru“* s poznámkou: *“Vlastník venkovního osvětlení musí s upevněním dalšího zařízení předem souhlasit“*

Výše uvedená poznámka je v souladu s ČSN 36 0400, kap. 6, čl. 6.1.2.:

*„Využití podpěrných systémů veřejného osvětlení pro jiné účely musí být předem odsouhlaseno příslušnou správou veřejného osvětlení.“*

Požadavky na využití stožárů VO jako podpěr pro cizí nadzemní vedení musí řešit správce VO individuálně a každá žádost by měla obsahovat:

- a) jméno, název, adresa, spojení na vlastníka zřizovaného vedení, zařízení
- b) název firmy, adresu, spojení, odpovědnou osobu firmy, která bude předmět žádosti instalovat
- c) druh, dimenze a účel zřizovaného vedení, zařízení
- d) požadavek na dobu, po kterou bude stožárů VO využíváno
- e) statické posouzení autorizované osoby k namáhání konkrétního stožáru na vrcholový tah s jednoznačným závěrem, zda vyhovuje nebo nevyhovuje
- f) výkres technického řešení upevňovacích prvků
- g) vyznačení stožárů (u delšího vedení i jeho průběh), kterých se žádost týká do kopie mapy pasportu VO, kterou na vyžádání poskytne technik pasportu Správy VO

Po vyřízení žádosti obdrží žadatel písemné stanovisko. V případě povolení využití stožárů VO jako podpěrného systému pro jiné vedení, bude v povolení kromě jiného uvedeno datum, do kterého povolení platí, podmínky Správy VO pro případ vyvolané přeložky nebo rekonstrukce stožáru, dopravní nehody, při níž dojde k podstatnému poškození stožáru a smluvní pokuty pro případ poškození zařízení VO žadatelem.

V současnosti jsou stožáry VO využívány jako podpěry pro cizí zařízení (např. kabely Českého telecomu, as.) bez souhlasu majitele, případně pověřeného správce VO. Správce vyzve majitele cizích vedení na stožárech VO, aby postupovali dle výše navržených zásad a zpětně legalizovali umístění těchto vedení. Správce určí termín do kterého mají takto učinit. Po tomto termínu mohou být vedení odstraněna.

### **Reklamy na zařízení VO**

Využití stožárů VO pro reklamní účely je předmětem samostatně řízené činnosti provozovatele VO. Pro umístování reklamních panelů na stožáry platí naprosto stejné podmínky jako uvedené v čl. 5.1.3. Na rozdíl od kontrolních výpočtů působení sil zavěšeného vedení, je v tomto případě nutné kontrolovat působení vibrací a sil vznikajících plošných odporem tabule větru.

#### **11.6.2. Připojování jiných odběrů na rozvod VO**

Vlastník VO je konečným odběratelem elektrické energie od distributora na základě smluvního vztahu a pro VO má sjednanou příslušnou zvýhodněnou sazbu. Distribuovat elektrickou energii dále může jen držitel autorizace v energetice podle zvláštního předpisu.

Z uvedeného vyplývá, že neautorizovaný (podle výše uvedeného) vlastník nebo správce VO nesmí povolit připojení jiného zařízení jiného vlastníka na rozvod VO a sjednat za to úplatu. Pro každý takový požadavek, vznesený na správce VO je rozhodující stanovisko distributora elektrické energie. V případě jeho souhlasu a splnění všech jím stanovených podmínek, může správce VO takové napojení odsouhlasit se svými podmínkami z hlediska bezpečnosti provozu VO a zajištění bezpečnosti při obsluze a údržbě zařízení VO.

#### **11.6.3. VO a veřejná zeleň**

Na kvalitativní parametry osvětlovacích soustav negativně působí zejména trvalý růst blízké vzrostlé veřejné zeleně (dále jen VZ). Původní osvětlovací soustavy blížící se rekonstrukci jsou významnou měrou zastíňovány korunami stromů. Soustavy VO postavené v rámci KBV nebo výstavby komunikačních propojení byly propočteny a navrženy s ohledem na stávající zeleň a nebyly s ní v kolizi. Dnešní kolizní stavy vytvořila následná



nekoordinovaná, necitlivá dosadba VZ (akce Z, vlastní iniciativy občanů, výsadby technických služeb nebo rozhodnutí odboru ŽP), která nebrala a nebere v úvahu následný stav po dosažení plného vzrůstu vysazované dřeviny v blízkosti stožárů VO nebo na kabelové trase VO.

Obecně je zařízení VO stavěno do role toho, kdo musí ustoupit. Prořezy korun stromů se zpravidla nepovolují s odkazem na to, že při rekonstrukci musí být SM přemístěno na vhodnější místo. Vhodnější místo z pohledu rozmístění stávající VZ bývá však často v rozporu se světelně technickými podmínkami návrhu soustavy VO a znemožňuje splnění kvalitativních parametrů. Předcházející výsadba VZ na kabelové trasy má při rekonstrukci VO za následek složité vedení nové kabelové trasy, její významné prodloužení, časté přechody chodníků a komunikací. Ve svém důsledku tak nepromyšlená výsadba VZ přináší zbytečné zvyšování nákladů vlastníka VO na rekonstrukce stávajícího zařízení. Paradoxní ovšem je, že VZ i VO mají stejného vlastníka – město Frýdlant.

Správce VO předkládá požadavek na ořez stromů na příslušný odbor ŽP. Pokud má MěÚ na ořezy finanční prostředky může v době vegetačního klidu dojít k ořezu. Je zřejmé, že správce VO nemůže v podstatě nic ovlivnit, je v pozici žadatele a čekatele.

Veřejné osvětlení je přitom jediným oborem veřejně prospěšných služeb, jehož jakost i provozní stav je předepsán státní technickou normou. K tomu je nutné mít k dispozici volný prostor pro jeho umístění v bezprostřední blízkosti osvětlované komunikace, plochy. Dle ČSN 73 6110 (Projektování místních komunikací), *čl. 218 platí:*

*„Při výsadbě a následné údržbě je nutno zajistit, aby stromy a keře ani při plném vzrůstu nezasahovaly svými větvemi do dopravního prostoru, nebránily rozhledu a nezakrývaly nebo nezastiňovaly dopravní značky nebo zdroje veřejného osvětlení. ... Vzdálenost kmene od hrany obrubníkové podstupnice nesmí být menší než 1,2 m“*

Uvedených 1,2 m je celkově nepromyšlené, protože vyhrazené pásmo VO je 0,5 m od obruby, potom zbývá 0,7m ke kmeni stromu při jeho nejbližším umístění - odbor ŽP mívá ve svých vyjádřeních podmínku vedení kabelové rýhy min. 2 m (někdy i 2,5 m) od kmene stromu, a úplně nejlépe ve vzdálenosti půdorysného průmětu koruny stromu.

Dále se při výsadbě nedodržovala a bohužel stále nedodržuje ČSN 73 6005 (byla až do 31. 12. 1999 závazná !), *čl. 5.2.7.:*

*„stromy se mohou vysazovat v těsné zástavbě do přidruženého prostoru místních komunikací - zpravidla jen chodník - v pásmu vyhrazeném pro stožáry (viz ČSN 73 6110). Při vysazování nových stromů je třeba dát přednost potřebám podzemních sítí a povrchových zařízení. ... Stromy mají být vysazovány tak, aby i jako vzrostlé nerušily intenzitu veřejného osvětlení a umožňovaly údržbu, opravy a spolehlivou funkci sítí.“*

#### **11.6.4. Provoz a údržba slavnostního (architekturního) osvětlení**

Přehled již provozovaných a návrhy na doplnění architekturních nasvětlení jsou předmětem čl. III. odst. 7. generelu VO.

Vzhledem k tomu, že se jedná o specifické osvětlovací soustavy - naprosto odlišná svítidla od VO, jiné uložení, požadavek na přesné směrování, clonění, dodržení typů

světelných zdrojů apod., doporučuje generel VO přijmout pro provoz a údržbu následující opatření:

- 1) Vypracovat samostatný, přesný pasport slavnostního osvětlení a trvale ho aktualizovat
- 2) Každý nasvětlený objekt bude mít rozváděč pro napojení slavnostního osvětlení se samostatným ovládáním, pokud je to technicky možné
- 3) Jmenovat pracovní skupinu pro specializaci na slavnostní osvětlení, zajistit proškolení
- 4) Veškerými opravami a údržbou na slavnostním osvětlení pověřovat pouze tyto specialisty
- 5) Určit dobu provozu slavnostního (architekturního) osvětlení. Základní doba je od zapnutí VO do 24,00 hod.

Odůvodnění výše uvedeného je dáno zkušenostmi, kdy necitlivými zásahy nebo z nevědomosti došlo při údržbě k narušení původního nákladného světelně technického návrhu a realizace (zkoušky, směřování, ladění barevnosti) a k celkovému znehodnocení architekturního slavnostního nasvětlení.

#### **11.6.5. Provoz a údržba vánočního osvětlení**

Vánoční osvětlení je součástí soustavy VO a významně přispívá k sváteční atmosféře města. Je třeba stanovit pravidla vánočního osvětlování:

- Vlastník v součinnosti s provozovatelem VO zajistí vypracování základního návrhu vánočního osvětlení města, který bude obsahovat:
  - přehlednou situaci rozmístění vánočně osvětlovaných lokalit
  - situační výkres každé lokality na podkladu mapy pasportu VO
  - přesnou specifikaci prvků včetně energetických hodnot pro každou lokalitu
  - přehled zapínacích míst, zatěžovaných vánočním osvětlením
  - stanovené technické podmínky instalace, napájení, ochrany, požadavky na revizi
  - rozpočet dodávek a montáží
- Maximální období provozu vánočního osvětlení je stanoveno:

**3. 12. - 6. 1. následujícího roku**

#### **11.7. Nakládání s odpady**

Řídí se zákonem č. 185/2001 Sb. o odpadech v platném znění včetně prováděcích vyhlášek:

č. 381/2001 Sb. Katalog odpadů

č. 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě

č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady

č. 384/2001 Sb. o nakládání s PBC

Nařízení vlády č. 31/99 Sb. nařízení vlády, kterým se stanoví seznam výrobků a obalů, na něž se vztahuje povinnost zpětného odběru, a podrobnosti nakládání s obaly, obalovými materiály a odpady z použitých výrobků a obalů, ve kterých jsou stanoveny povinnosti právnických a fyzických osob při nakládání s odpady.

Odpad je obecně definován jako movitá věc, která se pro vlastníka stala nepotřebnou a vlastník se jí zbavuje s úmyslem ji odložit, nebo která byla vyřazena na základě zvláštního právního předpisu. Původcem odpadu je právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, pokud při její podnikatelské činnosti vzniká odpad.

Při provozování VO, zejména při jeho údržbě, přeložce, obnově dochází ke vzniku odpadů, které je nutno likvidovat v souladu se zákonem č. 125/1997 Sb., ten stanoví povinnosti původců odpadů (právnických a fyzických osob) při nakládání s odpady. Podle vyhlášky ministerstva životního prostředí č. 337/1997 Sb. byla provedena kategorizace odpadů a vydán jeho katalog. Původce odpadu je povinen zařazovat odpady vznikající při jeho činnosti do kategorií stanovených katalogem odpadů. Dnes již platí nařízení vlády č. 31/1999 Sb., kterým se stanoví seznam výrobků a obalů, na něž se vztahuje povinnost zpětného odběru. V příloze č. 1 tohoto nařízení pod b. 4 jsou uvedeny i výbojky a zářivky.

### **Literatura:**

- [11.1] *Voráček, J., Sokanský, K.:* Audit veřejného osvětlení statutárního města Ústí nad Labem, 2004
- [11.2] *Muchová, A., Voráček, J., Sokanský, K.:* Generel veřejného osvětlení statutárního města Ostravy, 2001

## 12. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

### 12.1. Provozní náklady

Provozními náklady zařízení VO jsou všechny náklady vynaložené na výkon správy VO včetně zajištění nepřetržitého poruchového dispečinku a zásahové poruchové služby, na úhradu spotřebované elektrické energie, na zajištění údržby, na zabezpečení periodických revizí, provozních technických dokumentací, na zpracování a aktualizaci zejména mapového pasportu VO (vedení datové části pasportu VO je v nákladech Správy VO).

Výše nákladů za správu VO je předmětem smluvního vztahu mandanta (vlastník VO) a mandátáře (subjekt, který správu VO vykonává) a je proměnná podle skutečných nákladů (vliv má počet pracovníků správy, jejich mzdové a ostatní náklady, provoz dispečinku VO apod.).

Orientačně se tyto náklady pohybují v řádu 10% celkového objemu nákladů údržby VO.

#### 12.1.1. Náklady na spotřebovanou elektrickou energii

V případě VO se jedná o pravidelný odběr podle každoročně stejného spínacího kalendáře (roční objem provozních hodin je cca 4100 hodin) a správce zařízení - zná-li osazení osvětlovací soustavy jednotlivými světelnými zdroji, umí jednoduše vypočítat celkovou roční spotřebu elektrické energie provozované soustavy VO a podle aktuální ceny v aktuální sazbě s přihlédnutím k slavnostnímu a příležitostnému osvětlení (vánoce, významná výročí města) a propočtu paušálních plateb za předřazené jištění RVO, stanovit finanční potřebu na daný kalendářní rok.

#### 12.1.2. Náklady na zajištění údržby VO

Jedná se o podstatnou část provozních nákladů, která má rozhodující vliv na provozuschopnost a technický stav zařízení VO. Měřítka pro optimální výši těchto nákladů v současné době není a tomu také odpovídá, že výdaje na údržbu VO různých měst jsou v rámci republiky mnohdy hodně odlišné. Rozhodují momentální možnosti rozpočtu města (obce), dosavadní zavedený trend, více než by rozhodovala skutečná potřeba zařízení.

### 12.2. Investiční náklady staveb VO

#### 12.2.1. Předběžný odhad investičních nákladů celkové rekonstrukce VO

Určit předem pro celkovou rekonstrukci VO - aniž je vypracován minimálně investiční záměr nebo projekt ve stupni DSP - celkové investiční náklady je velice obtížné a vždy je takový odhad zatížen velkou chybou. Proto se jeví jako nejjednodušší určit poměrný náklad na rekonstrukci jednoho SM, podle pasportizace spočítat počet SM určených k rekonstrukci, tato dvě čísla vynásobit a takto získat celkové náklady. Jestliže se takto stanoví předpokládané náklady, dají do návrhu rozpočtu a jsou následně schváleny, může dojít k tomu, že po zpracování DSP se ukáží rozpočtové náklady jako velice odlišné. Provedená analýza již realizovaných staveb v jiných městech ČR z hlediska výpočtu průměrných investičních nákladů na jedno SM prokázala široké rozpětí výsledných cen. Výsledek se pohyboval od 15 tisíc Kč/SM až po 80 tisíc Kč/SM v závislosti na technickém provedení stavby a jejím umístění. Z toho je zřejmé, že každá stavba je specifická a nedá se stanovit jediná hodnota průměrné ceny na rekonstrukci 1 SM. Tuto cenu ovlivňuje velké množství faktorů. Pro

kvalifikovaný odhad nákladů připravované rekonstrukce VO je nutný podrobnější rozbor zakázky, zejména je nutné podle skutečných podmínek stanovit poměry mezi výložníkovými (silničními) a sadovými SM, poměry mezi výkopovou rýhou v zeleni a ve zpevněných plochách, množství přechodů komunikací apod. Dále je nutné kalkulovat s počty osazovaných rozváděčů, regulátorů. Podstatný vliv má také umístění stavby. Naprosto jiná čísla vycházejí u staveb v památkově chráněném území, jiná v charakteristickém sídlištním celku, jiná u VO samostatně položené komunikace, jiná v oblasti vilové čtvrti.

Pro velmi hrubé, orientační odhady lze vycházet z Tab. 12.1.:

**Tab. 12.1. Tabulka průměrných investičních nákladů na 1 SM podle charakteru stavby**

Charakteristika rekonstrukce VO	Ø na 1 SM (Kč)			
	převažující kabelová rýha		kabel rýha výhradně	
	v zeleni	Zpev. plochy	v zeleni	zpev. plochy
převaha sadových SM	33 000	38 000	30 000	42 000
převaha výložníkových SM	46 000	50 000	43 000	58 000
převaha na cizí podpěře	45 000	48 000	43 000	55 000
VO na venkovní síti SME	15 000 až 28 000			
památková zóna	65 000 až 95 000			

## Literatura:

- [12.1] Voráček, J., Sokanský, K.: Audit veřejného osvětlení statutárního města Ústí nad Labem, 2004
- [12.2] Muchová, A., Voráček, J., Sokanský, K.: Generel veřejného osvětlení statutárního města Ostravy, 2001

## 13. RUŠIVÉ SVĚTLO VE VEŘEJNÉM OSVĚTLENÍ

### 13.1. Úvod

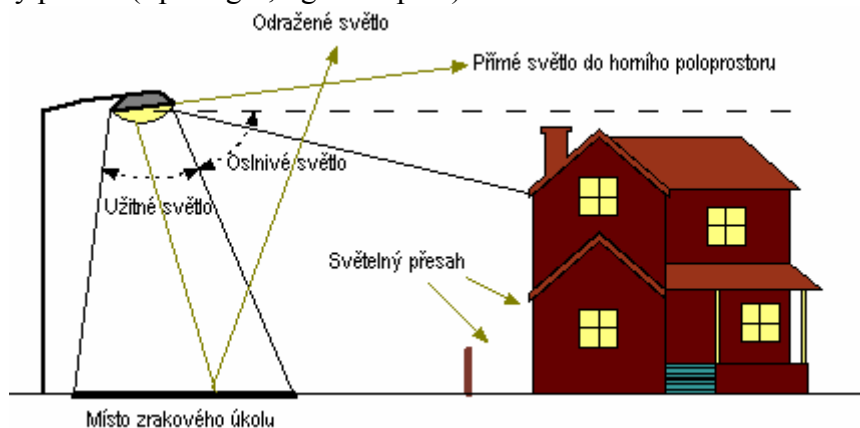
Rušivé světlo je celosvětovým fenoménem poslední doby, který pronikl z astronomického slovníku do oblasti venkovního osvětlování. Pro mezinárodní označení problému se užívá anglický ekvivalent "Light Pollution", a jako všeobecný pojem reprezentuje celkový souhrn nepříznivých vlivů umělého venkovního osvětlení. Rušivé světlo obecně definujeme jako nadměrné elektromagnetické záření ve viditelné oblasti produkované umělými světelnými zdroji šířící ve venkovním prostoru, které způsobuje nežádoucí jevy jako je jas oblohy, oslnivé světlo, světlo narušující přirozený stav nočního prostředí a světlo dopadající do lidských příbytků. Rušivé světlo tedy nemůžeme chápat jako klasické znečištění ovzduší, které je způsobeno látkami jako je oxid siřičitý, oxid dusíku, prašný aerosol, oxid dusíku, oxid uhelnatý nebo ozón.

Naopak světelné záření indukuje výskyt těchto částic v atmosféře. Obsahově pravdivějším termínem pro světelné znečištění je označení rušivé světlo (Obstrusive light), které v důsledku množství, směru, nebo spektrálního složení v daném kontextu způsobuje rušení, nepohodu, nebo omezení viditelnosti a rozpoznávání zrakových informací. V České republice se pojem světelné znečištění podařilo, zejména členům sekce pro temné nebe České astronomické společnosti, prosadit do zákona číslo 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší.

### 13.2. Kategorizace rušivého světla

Z hlediska důsledků rušivého světla na proces vidění a vlivů na životní podmínky můžeme rozdělit projevy rušivého světla na:

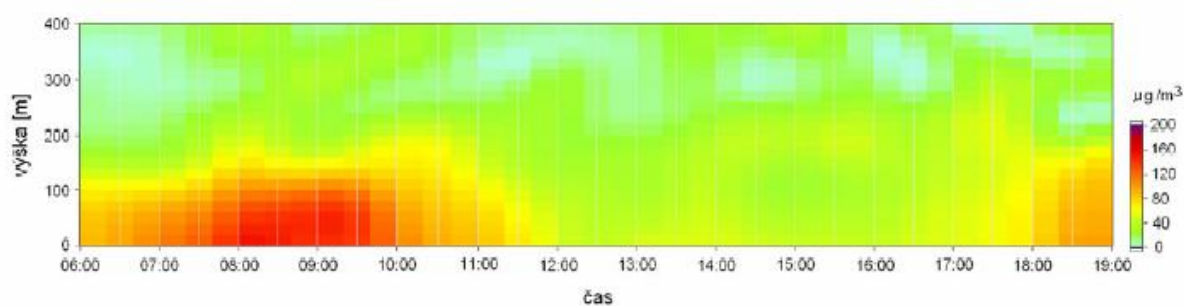
- závojevý jas oblohy (Sky glow)
- oslnivé světlo (Glare)
- světelný přesah (Spill light, light trespass)



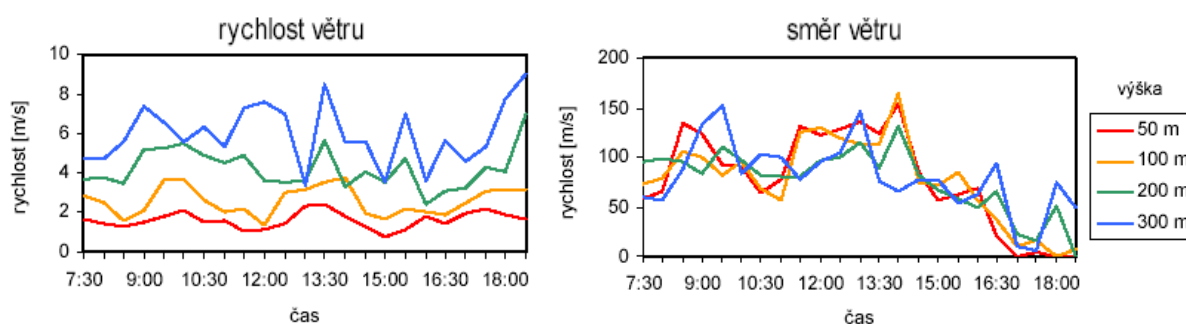
Obr13.1. Vznik různých forem rušivého světla ve venkovním prostředí

### 13.2.1. Závojevý jas oblohy

Závojevý jas oblohy je způsoben světelným tokem unikajícím primárně z umělých světelných zdrojů, tzn. svítidel venkovního osvětlení a sekundárně odrazem od povrchů na nichž dochází k odrazu světelného toku. Světelný tok se pak šíří atmosférou, která tvoří prostor kolem Zeměkoule. Hmotnost atmosféry<sup>1</sup> je gravitací držena až do vzdálenosti 30 až 40 tisíc km od Země a skládá se z plynů v poměru 78 % dusíku, 21 % kyslíku, 1 % ostatních plynů, vodních par a prachových částic a aerosolů. Rozložení hmotných částic v atmosféře je nerovnoměrné. Do 20 km od Země je soustředěno 90% hmotnosti atmosféry, a proto sama atmosféra není homogenní a je rozdělena na několik pásem s různými vlastnostmi. Změnu homogenity atmosféry ovlivňuje i rychlost a směr větru *Obr. 13.2.* (měření sodarem). Důležitou oblast tvoří pásmo do 15 km, kde se projevuje převážná většina klimatických změn, které mají vliv na světelné vlastnosti atmosféry. Nehomogenost přízemní vrstvy atmosféry dokládá například rozložení koncentrace NO<sub>2</sub> v prostoru a čase *Obr. 13.3* (měřeno lidarem).



*Obr. 13.2* Časový průběh vertikálního rozložení koncentrace NO<sub>2</sub> nad oblastí Praha-Bráník 16.10.2000



*Obr. 13.3* Časový průběh rychlosti a směru větru nad oblastí Praha-Bráník 16.10.2000

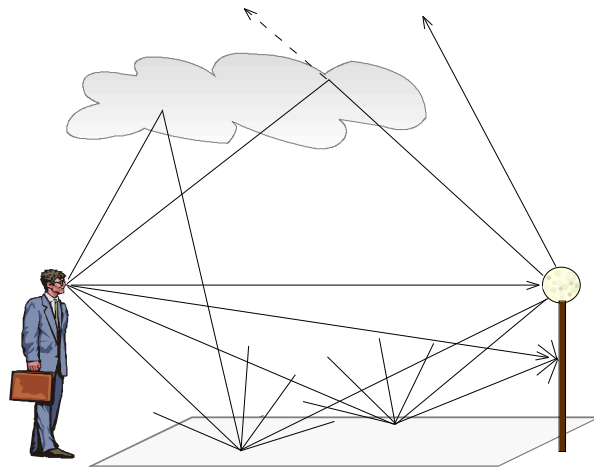
Vlastnosti ovlivňující prostupnost světelného záření atmosférou jsou dány chemickým složením atmosféry, jako jsou vodní páry, prachové částice a aerosoly tvořící bariéru prostupujícímu světlu. Každá taková mikročástice světelný tok částečně odrazí, částečně pohltí a částečně projde jejím povrchem (vodní pára). Pro celkový světelný tok platí :

$$f = f_r + f_a + f_e \quad [\text{lm}] \quad (13.1)$$

Důležitá je zejména odražená složka světelného toku, která se zpět vrací směrem k pozorovateli nebo opět naráží na zmíněné bariéry a je opět rozptylována, pohlcována a propouštěna. Výsledkem je interakce světla a prostředí, projevující se vznikem tzv.

<sup>1</sup> m = 5,157.10<sup>18</sup> kg

závojevého jasu *Obr. 13.4*. Díky zvýšení jasu oblohy klesá kontrast mezi jasy objektů na obloze a jasnem oblohy, který zvyšuje adaptační úroveň zrakového orgánu. To snižuje pozorovatelnost objektů za touto interakcí, které jsou zájmem např. astronomického pozorování. Závojevý jas oblohy se pak se svým významem v astronomické praxi stává hlavním tématem světelného znečištění.



*Obr. 13.4 Rozptyl světla na částicích a vznik závojevého jasu*

### 13.2.2. Oslnivé světlo – oslnění

Dalším projevem rušivého světla je oslnění. Abychom rozlišili předměty v zorném poli je nutné, aby tyto předměty měly různé jasy a tím aby vynikla jejich prostorová kompozice a jejich struktura. Rozhraní se může vytvořit na styku ploch různých jasů. Možnost zpozorování předmětu je dána rozdílem jasu předmětu kritického detailu  $L_a$  a jasu bezprostředního okolí  $L_b$ . Kontrast jasu nám pak udává, za předpokladu rovnoměrného jasu kritického detailu i bezprostředního okolí, stupeň rozeznatelnosti :

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad [-; \text{cd.m}^{-2}, \text{cd.m}^{-2}] \quad (13.2)$$

Jestliže je kontrast jasu či jas samotný větší než na jaký je zrakový orgán adaptován, může vzniknout nepříznivý stav zraku – Oslnění. Příčinou oslnění může být předimenzované nebo špatně nasměrované svítidlo. Oslnění je nepříznivý stav zraku, kdy je zrak vystaven většímu jasu či kontrastu než na jaký je adaptován. Oslnění ruší zrakovou pohodu, zhoršuje nebo dokonce znemožňuje vidění, zvyšuje celkovou únavu, může být příčinou úrazu a v krajním případě může poškodit vážně zrakový orgán.

### 13.2.3. Světelný přesah

Světelným přesahem se rozumí nežádoucí světlo distribuované za své funkční hranice, tzn. do prostor jemu neurčených. Příkladem je světlo ze svítidel veřejného osvětlení dopadající do příbytků nebo světlo osvětlující i sousední pozemky. Takové světlo může narušovat soukromí obyvatel. Světelný přesah se projevuje zvýšenou vertikální osvětleností ( $E_v$ ) svislých ploch.



### 13.3. Zdroje rušivého světla

Zdrojem rušivého světla jsou svítidla a světlomety v osvětlovacích soustavách, které se používá pro:

#### a) Osvětlení pozemních komunikací

Osvětlení pozemních komunikací zahrnuje osvětlení v městských aglomeracích (ulice, chodníky, cyklistické stezky, přechody pro chodce), osvětlení důležitých dopravních uzlů a dálkových komunikací, osvětlení dopravních terminálů (autobusových i vlakových nádraží, překladiště, přístavy apod.) a osvětlení tunelů a podjezdů. Je zřejmě nejpočetnější formou venkovního osvětlení a má tudíž velký podíl na vzniku rušivého světla.

#### b) Osvětlení letišť

Je záměrně odděleno od pozemních komunikací, neboť jsou zde z důvodů bezpečnosti letového provozu kladeny zvýšené nároky na omezování rušivého světla, zejména oslnění. Od osvětlení pozemních komunikací se také liší tím, že svítidla mohou být přímo určena ke svícení do horního poloprostoru.

#### c) Osvětlení venkovních sportovišť

Je specifické použitím svítidel s výkonnými zdroji světla pro dostatečné osvětlení velkých ploch a prostor.

#### d) Osvětlení venkovních pracovišť

Jedná se o osvětlení velkých výrobních závodů a průmyslových zón.

#### e) Architektonické osvětlení

Osvětlení významných památek a budov, různých monumentů a osvětlení parků a zahrad. V této oblasti se často používají svítidla svítící do horního poloprostoru, které mají významný podíl na závojevém jasu oblohy.

#### f) Reklamní osvětlení

Jedná se o osvětlení billboardů, reklamních ploch, směrových ukazatelů obchodních center, osvětlení čerpacích stanic apod. Hlavním problémem bývá nepřiměřeně vysoká hladina osvětlenosti těchto ploch.

Svítidla a světlomety je možné rozdělit do skupin podle jejich vlastností, kdy zvoleným kritériem bude prostorové rozložení světelného toku do horního a dolního poloprostoru (Tab.13.1). Nejjednodušší z hlediska světelného znečištění je rozdělení svítidel na plně cloněná a necloněná (*Obr. 13.5*), kde důležitým parametrem omezující distribuci světelného toku je úhel clonění. Je to úhel mezi vodorovnou rovinou distribuční plochy svítidla a světelným paprskem vyzařujícího povrchu zdroje. Doplnkový úhel do 90° k úhlu clonění je tzv. úhel otevření svítidla.

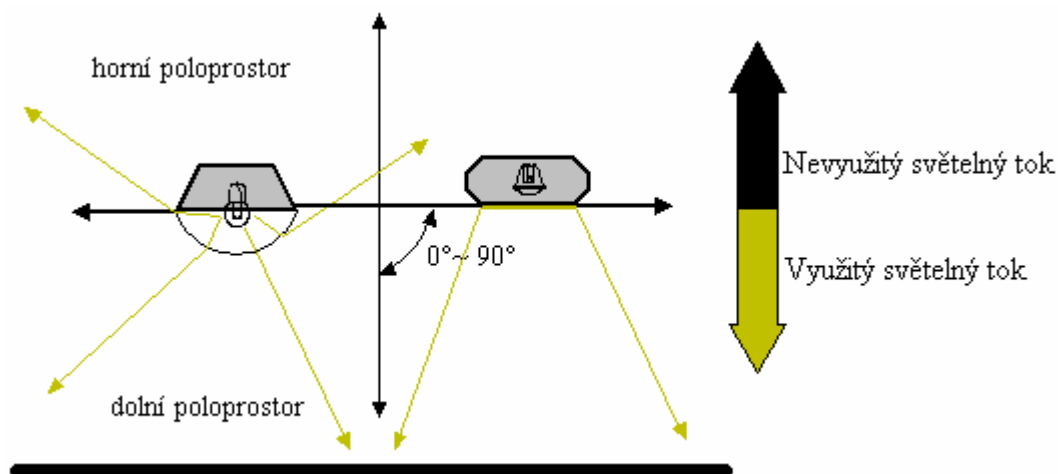
Tab. 13.1 Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

Označení svítidla	Světelný tok do dolního poloprostoru (%)	Světelný tok do horního poloprostoru (%)	Značení podle DIN 5040
Přímé	90 až 100	0 až 10	A
převážně přímé	60 až 90	10 až 40	B
Smíšené	40 až 60	40 až 60	C
převážně nepřímé	10 až 40	60 až 90	D
Nepřímé	0 až 10	90 až 100	E

Dalším důležitým parametrem svítidel je jeho světelná účinnost, tedy poměr světelného toku svítidla  $f_{sv}$  a instalovaného světelného toku ve svítidle  $f_z$ .

$$h = \frac{f_{sv}}{f_z} \quad (13.3)$$

Účinnost svítidla je závislá na typu zdroje, na jeho poloze ve svítidle a hlavně na konstrukci a tvaru svítidla, a také na světelně technických parametrech materiálu použitých k optickým procesům ve svítidle. Otevřená svítidla mají vyšší účinnost, neboť podíl toku vycházejícího přímo ze svítidla je závislý na úhlu clonění.



Obr. 13.5 Rozdělení distribučního prostoru na dvě části a šířen světelného toku ze svítidla necloněného a plně cloněného

Geografická hustota umělých světelných zdrojů na Zeměkouli je znázorněna na Obr. 13.6.

V Evropě pozorujeme nejvýrazněji tyto zdroje v místech s řetězci měst západní Evropy, např. v Belgii, Nizozemí a ve Velké Británii. (Obr. 13.7)



*Obr. 13.6 Mapa umělých světelných zdrojů světa v nočních hodinách (Foto NASA<sup>2</sup>, 2000)*



*Obr. 13.7 Mapa umělých světelných zdrojů Evropy v nočních hodinách Evropa (Foto NASA, 2000)*

---

<sup>2</sup> Monitorování pomocí satelitního systému DMSP (Defense Meteorological Satellite Program)

## **13.4. Hodnocení projevů rušivého světla**

### **13.4.1. Hodnocení závojevého jasu noční oblohy**

Hodnocení závojevého jasu provádíme relativními metodami. Limitní hodnoty jasu nejsou dosud definovány. Otázkou tedy zůstává, které hodnoty jsou již kritické. Velikost závojevého jasu je ovlivněna atmosférickými podmínkami, proto je nutné při měření znát meteorologické parametry ovzduší a zohlednit je při vyhodnocování daného měření. Měření relativní změny závojevého jasu oblohy:

1. Fotografické měření prováděné klasickým nebo digitálním fotoaparátem a následné vyhodnocení fotografického snímku. Určíme stupeň šedi pozadí, případně porovnáme počet exponovaných hvězd. Nevýhodou je, že výsledek může být ovlivněn náhodným světlem dopadající do míst pozorování a může být zkreslen posunem jasných hvězd mimo pozorovanou oblast nebo naopak mohou do něj vstoupit během měření.
2. Měření astronomickými metodami kde je hodnocen stupeň šedi pozadí, popř. počet exponovaných hvězd pomocí CCD kamery. Metoda je založena na stejném principu jaký je použit u fotografického měření. Výsledky jsou přesnější, protože se pozoruje vždy stejná oblast hvězdné oblohy.
3. Satelitní monitorování stavu noční oblohy. Měření světelného toku v horním poloprostoru od zdrojů na zemském povrchu je založen na získávání dat ze satelitního systému DMSP (Defense Meteorological Satellite Program). Z nich jsou pak vypočítány účinky světla šířícího se z pozemských zdrojů v atmosféře na noční oblohu podle výpočetních modelů (Garstangův model noční oblohy). V závislosti na typu mapy je počítáno s mnoha parametry jako je rozptyl světla na molekulách a aerosolech, absorpci světla na své dráze, obsah aerosolů v atmosféře, zakřivení Země, nadmořskou výšku dané oblasti, stínění hor, přírodní jas oblohy, zánik hvězd a schopnostmi zrakového orgánu.

### **13.4.2. Hodnocení oslnění ve venkovním osvětlení**

Hodnocení oslnění ve venkovním osvětlování je provedeno v kap. č. 6 této publikace.

### **13.4.3. Hodnocení světelného přesahu**

Pro omezení světelného přesahu, který způsobuje pronikání světla do oken okolních budov, jsou v publikaci CIE 126:1997 a CIE 150:2003 uvedeny doporučené limity vertikální osvětlenosti oken a maximální hodnoty jasů fasád domů a dopravního značení.

## **13.5. Zákon o ovzduší**

Zákon v 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší schválený Poslaneckou sněmovnou dne 14. února 2002 obsahuje i ustanovení, týkající se světelného znečištění. Zákon byl již několikrát novelizován a obsahuje pouze obecnou definici světelného znečištění. Světelným znečištěním se dle tohoto zákona rozumí viditelné záření umělých zdrojů světla, které může obtěžovat

osoby nebo zvířata, způsobovat jim zdravotní újmu nebo narušovat některé činnosti a vychází z umístění těchto zdrojů ve vnějším ovzduší nebo ze zdrojů světla, jejichž záření je do vnějšího ovzduší účelně směřováno.

a zmocňuje vládu k vydání nařízení, kterým se stanoví místa a prostory, kde nesmí docházet k výskytu světelného znečištění, opatření ke snižování nebo předcházení světelného znečištění a limity stanovující horní mez světelného znečištění. Na toto nařízení mohou dále navázat nařízení obce. Např. obec může dle § 50 vydat obecně závaznou vyhlášku v oblasti opatření proti světelnému znečištění a regulovat tak promítání světelných treklam a efektů na oblohu.

### 13.6. Mezinárodní doporučení

Mezinárodní komise pro osvětlování vytvořila Směrnici pro minimalizaci záře oblohy CIE 126-1997 (Guidelines for minimizing sky glow), která vznikla ve spolupráci s Mezinárodní astronomickou unií (International astronomical union, IAU) a za spoluúčasti Mezinárodní společnosti pro temné nebe (International dark-sky association). Tato směrnice je technickou zprávou, která se zabývá teoretickými aspekty záře oblohy a v níž jsou zformovány všeobecné zásady pro omezení záře oblohy. Jsou zde uvedeny limitní hodnoty podílu světelného toku svítidel do horního poloprostoru pro jednotlivé kategorie zón prostředí z hlediska potřeb astronomických pozorování. Zóny E1 - E4 jsou uvedeny v Tab. 13.2. Uvedené mezní hodnoty platí pro každé jednotlivé svítidlo v zóně.

**Tab. 13.2 Největší povolený podíl světelného toku svítidel do horního poloprostoru**

Zóna	Podíl světelného toku svítidel do horního poloprostoru v %
E1	0
E2	$\leq 5$
E3	$\leq 15$
E4	$\leq 25$

***Jednotlivé zóny jsou pak definovány takto:***

- E1 je oblast se skutečně tmavým prostředím, (národní parky)
- E2 oblast s nízkými jasy (venkovské obytné oblasti s nízkými stupni osvětlení komunikací)
- E3 oblast se středně nízkými jasy (městské obytné oblasti)
- E4 oblast s vysokými jasy (městské oblasti se zvýšenou noční aktivitou)

***Z hlediska astronomických aktivit je možné zóny řadit takto:***

- E1 - observatoře mezinárodního a celostátních významů
- E2 - postgraduální a akademická studia
- E3 - studentské práce a amatérská pozorování
- E4 - příležitostní pozorování noční oblohy

Rušivé světlo v určité zóně nezávisí pouze na množství „znečišťujícího“ světelného toku vznikajícího ve své vlastní zóně, závisí také na produkci světelného znečištění v sousedních zónách. Proto jsou navrženy vzdálenosti hranic sousedních zón od referenčního bodu. Referenčním bodem astronomická laboratoř (Tab. 13.3).

**Tab. 13.3 Pro referenční bod v zóně E1 platí:**

Hranice zón	Mimální délka hranice [km]
E1-E2	1 km
E2-E3	10 km
E3-E4	100 km

Doporučení k omezení vlivů rušivého světla vyvolaného venkovním osvětlením obsahuje zásady správných technik osvětlování. Dále jsou zavedeny maximální hodnoty světelně technických veličin, které zajišťují snížení rušivých vlivů. Rozlišuje se přitom doba po policejní hodině a před ní. Policejní hodina je časový interval, kdy platí přísnější požadavky na hodnoty rušivého světla. Světelně technické veličiny vymezující maximální hodnoty rušivého světla jsou vertikální osvětlenost, svítivost a jas. Hodnocení rušivého světla je pak kontrolováno jen jednou světelně technickou veličinou. Měření vertikální intenzity osvětlení či svítivosti se realizuje v kritických místech, tzn. na hranicích nemovitostí, průčelích budov, přivrácených oknech obytných budov.

### Doporučené maximální hodnoty intenzity osvětlení dopadající na okolní nemovitosti

Limitní hodnoty světelně technických veličin ve venkovním osvětlení jsou uvedeny v Tab. 13.4. Maximální hodnoty intenzity osvětlení na nemovitosti pro všechna osvětlení s výjimkou veřejného platí hodnoty v Tab. 13.5. Maximální hodnoty osvětlenosti na nemovitostech vlivem veřejného osvětlení jsou definovány v Tab. 13.6.

**Tab. 13.4 Limitní hodnoty světelně technických veličin ve venkovním osvětlení**

OMEZENÍ RUŠIVÉHO OSVĚTLENÍ VENKOVNÍMI OSVĚTLOVACÍMI SOUSTAVAMI						
Zóna	Záře oblohy UWLR [max %]	Vertikální osvětlenost v rovině oken $E_v$ [lx]		Svítivost zdroje světla I [kcd]		Jas budovy *** L [ $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ]
		před policejní hodinou	po policejní hodině	před policejní hodinou **	po policejní hodině	průměrná hodnota, před policejní hodinou
E1	0	2	1 *	0	0	0
E2	5	5	1	50	0,5	5
E3	15	10	5	100	1	10
E4	25	25	10	100	2,5	25

kde: UWLR (poměrný neúčinný světelný tok do horního poloprostoru): největší povolený podíl světelného toku svítidla, který míří přímo k obloze.

\* Přijatelné pouze, pochází-li od osvětlení veřejných komunikací.

\*\* Svítivost zdroje platí pro každý zdroj světla, který se nachází ve směru potenciálně rušivém, vně osvětlované oblasti. Zde uvedená čísla jsou obecně platné směrné hodnoty, které lze jen těžko dosáhnout např. na rozlehlém sportovišti, kde je omezená závěsná výška svítidel.

\*\*\* Jas budovy by neměl být zbytečně vysoký a měl by být úměrný jasu okolí.

**Tab. 13.5 Maximální hodnoty osvětlenosti na nemovitosti (neplatí pro veřejné osvětlení)**

Světelně technická veličina	Podmínky použitelnosti	Zóna			
		E1	E2	E3	E4
Vertikální osvětlenost ( $E_v$ )	před policejní hodinou: Mezní hodnoty latí pro relevantní hranici sousedních nemovitostí, pro svislou rovinu rovnoběžnou s relevantní hranicí, do výšky úměrné případně ovlivněného příbytku. Hodnoty zde udané platí pro přímou složku osvětlenosti.	2 lx	5 lx	10 lx	25 lx
	po policejní hodině: Mezní hodnoty platí pro rovinu oken obytných místností příbytků na sousedních nemovitostech. V případě absence plánované zástavby (tj. pozemek není rozparcelován) mezní hodnoty platí pro případně ovlivněnou nemovitost, pro svislou rovinu rovnoběžnou s relevantní hranicí, při minimálních zhoršení stavu povoleném pro příbytky, do výšky odpovídající omezením územního plánu. Hodnoty zde udané platí pro přímou složku osvětlenosti.	0 lx	1 lx	2 lx	4 lx

**Tab. 13.6 Max. hodnoty osvětlenosti na nemovitostech vlivem veřejného osvětlení**

Světelně technická veličina	Podmínky použitelnosti	Zóna			
		E1	E2	E3	E4
Vertikální osvětlenost ( $E_v$ )	Mezní hodnoty platí pro rovinu oken obytných místností příbytků, které směřují k silničním komunikacím.	1 lx	1 lx	5 lx	10 lx

**Doporučené maximální hodnoty světelného toku vyzařovaného do horného poloprostoru**

Pro omezení vzniku záře oblohy se definují maximální hodnoty poměrného světelného toku vyzařovaného do horního prostoru vůči celkovému světelnému toku Tab.13.7. Hodnoty platí pro období mimo policejní hodinu i během policejní hodiny.

**Tab. 13.7 Maximální hodnoty poměrného neúčinného světelného v horním poloprostoru**

Světelně technická veličina	Podmínky použitelnosti	Zóna životního prostředí			
		E1	E2	E3	E4

poměrný neužitečný světelný výkon v horním poloprostoru (UWLR)	Podíl světelného toku, který je vyzařován nad vodorovnou rovinu proloženou svítidlem namontovaným v provozní poloze, vůči celkovému světelnému toku	0	0,05	0,15	0,25
--	--	---	------	------	------

### 13.7. Výpočet poměrného nevyužitého světelného toku horním poloprostoru (UWLR)

Poměrný světelný tok  $UWLR$ , který je vyzařován do horního poloprostoru je definován

$$UWLR = \frac{ULOR}{LOR} \quad [- ; \text{lm}, \text{lm}] \quad (13.3)$$

,kde  $ULOR$  je podíl světelného toku, který je vyzařován nad vodorovnou rovinu  
 $LOR$  celkový vyzařovaný světelný tok

Svítidla jsou namontována tak, že plocha vyzařující světelný tok je vodorovná s povrchem. Pro běžné osvětlovací podmínky lze pro výpočet  $UWLR$  použít běžné počítačové programy. Abychom zjistili  $UWLR$  je nutné znát horizontální osvětlenost  $E_I$  ve výšce 1m pod nejnižší nainstalovaným svítidlem. Výsledný průměrný světelný tok dopadající na tuto mřížku bude odpovídat  $E_I$ . Tutěž výpočtovou mřížku zvednete dále do bodu ležícího 1 metr nad nejvýše namontovaným světlometem. Výsledný průměrný světelný tok dopadající na tuto mřížku bude odpovídat osvětlenosti  $E_U$ . Oblast výpočtové mřížky by měla být dostatečně velká, aby účinně postihla veškerý světelný tok vycházející ze svítidel. Údaje o svítivosti zadané také jako vstupy do programu by měly podchytit veškeré světlo vyzařované svítidlem a ne jen to v úhlech definovaných jako užitečný paprsek. Hodnotu  $ULOR$  lze spočítat z následující rovnice:

$$UWLR = \frac{E_U}{E_I + E_U} \cdot 100 \quad [%; \text{lx}, \text{lx}] \quad (13.4)$$

Pro účely dekorativního osvětlování lze použít obdobný postup, ale horní polohu výpočtové mřížky se neumísťuje více než 1 metr nad budovu. V závislosti na propracovanosti výpočtového programu můžeme zjistit i velikost  $UWLR$  v daných podmínkách, např. můžeme zohlednit obrysy a strukturu okolních budov.

### 13.8. Prostředky omezující projevy rušivého světla

Omezení světelných projevů rušivého světla způsobujícího závojevý jas oblohy, oslnění a světelný přesah je nutná uvažovat při návrhu, provedení a provozu a údržby venkovního osvětlení. Redukci těchto projevů dosáhneme těmito způsoby:

- nerealizovat osvětlení tam kde není nutné
- správný návrh provoz a údržba osvětlovací soustavy
- vypínáním a regulací osvětlovacích soustav
- vhodnou instalací a nasměrováním svítidel



- změnou optických vlastností prostoru
- vlivem umělých a přírodních bariér

Světelné záření, které je příčinou závojevého jasu oblohy je možné při astronomickém pozorování eliminovat použitím:

- monochromatických světelných zdrojů, zejména nízkotlakých sodíkových výbojek, za cenu nízkého barevného podání
- odfiltrování krajních postranních pásem viditelného záření světelných zdrojů pomocí filtrů

### **Správný návrh provoz a údržba osvětlovací soustavy**

Projektanti osvětlení musí, ve spolupráci s dalšími projektanty pracujícími na dopravních stavbách, brát v úvahu výše uvedená kritéria a vypracovat nejvhodnější projekt tak, aby byl navržen optimální:

- světelný zdroj
- typ svítidla
- montážní výšky
- délku a sklon výložníku
- rozmístění a počet sloupů osvětlení
- zohlednění stávajících nebo sousedících osvětlovacích soustav
- zohlednění dalších prvků, které jsou významné z hlediska dané lokality

Je-li osvětlovací soustava předimenzovaná z pohledu výkonnostních parametrů doporučených pro danou aplikaci, může být řešením použití světelných zdrojů s nižším výkonem nebo je v některých případech možno přistoupit ke snížení počtu instalovaných světlometů. Osvětlovací zařízení volíme s vysokou užitkovou hodnotou, pro kvalitní, energeticky úsporné světelné zdroje s dlouhým jmenovitým životem, s nízkoztrátovými nebo elektronickými předřadníky, s dobrými a stabilními fotometrickými vlastnostmi, se snadnou a pohodlnou obsluhou, údržbou apod.

Údržba by měla zahrnovat i kontrolu nasměrování svítidel a clonění, aby se zajistilo, že osvětlovací soustava i nadále splňuje požadavky dané projektem, a to včetně dopadů na životní prostředí.

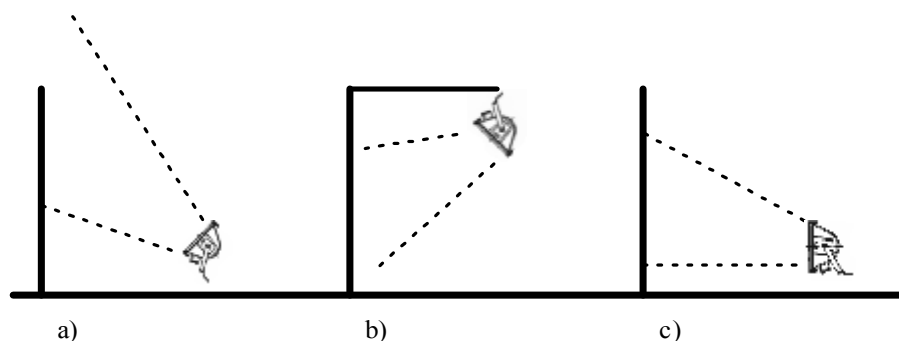
Povrchy světlometů vyzařující či odrážející světlo je nutno čistit v intervalech doporučených v projektu osvětlovací soustavy. Znečištění těchto povrchů a ploch ovlivňuje světelně technické parametry osvětlovací soustavy a klesá činitel údržby, protože stoupá celkový rozptyl vyzařovaného světla, což se může projevit případným nárůstem rušivého, nadbytečného nebo přesahujícího světla. Povrchy svítidel, které mají přímý vliv na kvalitu světla (např. odrazné plochy, krycí a rozptylná skla) by měla být umývána v intervalech příslušných použitým typům svítidel (např. stupeň krytí IP) a prostředí, v němž jsou provozována.

### **Vypínání a regulace osvětlovacích soustav**

Omezit vliv rušivého světla je možné vypínáním jednotlivých svítidel, která neplní bezpečnostní funkci ani jiný specifický úkol, tzn. nesvítit více než je potřeba. (vypínání světlometů reklamního a dekorativního nasvícení mezi 23:00 a svítáním). Ve VO nemůžeme ovšem vypínat jen některá svítidla, protože bychom nesplnili kvantitativní ani kvalitativní požadavky na osvětlování. Proto regulací osvětlovacích soustav se rozumí rovnoměrné omezení úrovně osvětlení v nočních hodinách. Navíc je z hlediska úspor elektrické nutné zvolit velikost instalovaného výkonu svítidel tak, aby soustava nebyla předimenzovaná a nedocházelo k přesvécování daného objektu víc než jaký je minimální požadavek daný normami.

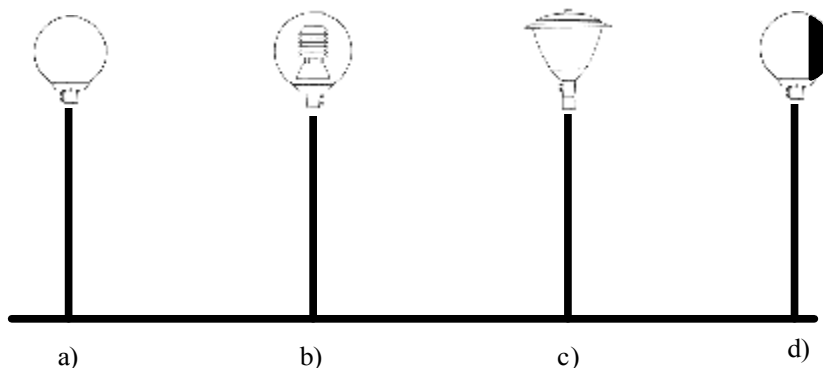
### Doporučná instalace a nasměrování svítidel

1. Doporučuje se používat k osvětlování svislých a vodorovných ploch svítidel, která jsou nasměrována tak, aby světelný tok směřoval přímo dolů (Obr. 13.8) případ b) nebo alespoň směřován přímo na osvětlovaný objekt c). Pokud to není technicky možné a použijeme svítidla nasměrovaná vzhůru, pak využíváme clon, které omezují neefektivně distribuovanou složku světla .



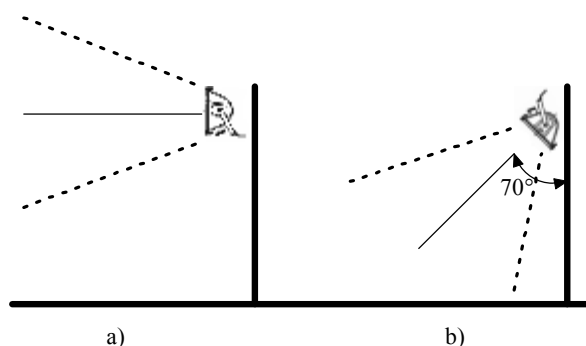
Obr. 13.8 Instalace a nasměrování svítidel

2. Doporučuje se používat technická zařízení, která jsou schopna eliminovat složku světelného toku distribuovanou přímo do horního poloprostoru. Např. parkové svítidlo na Obr. 13.9 případ a) vyzařuje přímo do horního poloprostoru přímo 60% světelného toku a způsobuje oslnění. Proti oslnění je svítidlo v případě b) vybaveno prstencovou clonou, vyrobenou z čistého leštěného hliníku. Omezení distribuce světelného toku do horního poloprostoru slouží vrchlík svítidla v případě c). Pro omezení světelného přesahu je možné svítidlo vybavit clonou, která zamezí v šíření světla v nežádoucím směru v případě d)



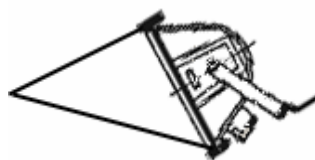
Obr. 13.9 Omezení distribuce světelného toku do horního poloprostoru technickými prostředky

- Pro omezení oslnění je nutné nasměrovat svítidla tak, aby hlavní paprsek žádného ze svítidel směřujících na kteréhokoli potenciálního pozorovatele neměl elevační úhel větší než  $70^\circ$  Obr. 13.10. Je třeba si uvědomit, že čím vyšší je montážní výška, tím menší elevační úhel je postačující. Navíc při vhodném nasměrování svítidla zamezíme i světelnému přesahu.



Obr. 13.10 Velikost elevačního úhlu

- Používáme přednostně světlomety s asymetrickými výstupními paprsky, u kterých je možno udržet polohu krycího čelního skla rovnoběžnou s osvětlovanou plochou (Obr. 13.11).



Obr. 13.11 Světlomet se speciálním směrovačem světelného toku

- Distribuci světelného toku do míst přesahující za hranice osvětlované oblasti můžeme omezit použitím fyzických zábran. Bariéry mohou být přírodní (křoví, stromy) nebo umělé (ploty, zemní násypy apod.). V příbytcích je možno instalovat doplňkové opatření (rolety, žaluzie).

### **Optické vlastnosti daného prostoru**

Na dráhu světelného toku ze světelného zdroje mají vliv optické parametry prostředí. Velikost světelného toku, který je rozptýlen na své dráze do horním poloprostoru je možné omezit těmito opatřeními:

1. Použitím vhodného krytí IP 65 až IP 67, které zamezuje vniknutí nečistot do optického bloku, čímž dochází k menšímu rozptylu světelného toku na optickém krytu svítidla .
2. Volbou povrchu osvětlované oblasti, tzn. volit povrch s co nejlepšími difúzními vlastnostmi (tmavý nelesklý povrch).
3. Čistotou vzduchu v osvětlovaném prostoru. Platí, že čím více nečistot v prostoru, tím více se bude světelný tok odrážet nevhodným směrem.

### **Literatura:**

- [13.1] *Hladký L.*, diplomová práce „ Posouzení možností omezení znečišťování prostoru světlem“, VŠB-TUO 2004
- [13.2] Publikace CIE 150:2003, Guide on the limitation of the obtrusive light from outdoor lighting installations.
- [13.3] Publikace CIE 126:1997, Guidelines for minimizing sky glow.
- [13.4] Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší

## 14. PŘÍLOHOVÁ ČÁST

### 14.1. Příloha č. 1 - Základní názvosloví v oboru veřejného osvětlení

Pro objasnění vybraných pojmů používaných v GENERELU VO je níže uvedeno základní názvosloví v oboru VO.

**provozovatel** – osoba odpovědná za stav elektrických zařízení

**revize elektrického zařízení** – činnost provádění na elektrickém zařízení, při které se prohlídkou, měřením a zkoušením zjišťuje stav elektrického zařízení z hlediska jeho bezpečnosti. Součástí revize je vypracování zprávy o revizi (*dále se člení na výchozí, periodické nebo záznamy o kontrole*)

**zpráva o revizi** – písemný doklad o výsledku revize, z něhož je patrný stav elektrického zařízení z hlediska bezpečnosti v době vykonání revize

**rekonstrukce** – zásahy do konstrukční a technologické části dosavadního elektrického zařízení, které mají za následek změnu technických parametrů, popř. změnu funkce a účelu elektrického zařízení

**osvětlovací soustava** - kompaktní soubor prvků tvořící funkční zařízení, které splňuje požadavky na úroveň osvětlení prostoru. Zahrnuje svítidla, podpěrné a nosné prvky, elektrický rozvod, rozváděče, ovládací systém,

**světelné místo** - každý skladební prvek v osvětlovací soustavě (stožár, samostatný výložník, převěš) vybavený jedním nebo více svítily,

**svítidlo** - zařízení, které rozděluje, filtruje nebo mění světlo vyzařované jedním nebo více světelnými zdroji a obsahuje, kromě zdrojů světla samotných, všechny díly nutné pro upevnění a ochranu zdrojů a v případě potřeby pomocné obvody, včetně prostředků pro jejich připojení k elektrické síti,

**světelný zdroj (umělý)** - je zdroj optického záření, zpravidla viditelného, zhotovený k tomuto účelu,

**osvětlovací stožár** - podpora, jejíž hlavním účelem je nést jedno nebo několik svítidel a který sestává z jedné nebo více částí: dřívku, případně nástavce; případně výložníku, *Osvětlovací stožáry mohou být s paticí (tzv. paticové) nebo bez patice (tzv. bezpaticové).*

**jmenovitá výška** - vzdálenost mezi montážním bodem na ose vstupu výložníku (dřívku stožáru) do svítidla a předpokládanou úroveň terénu u stožárů kotvených do země a nebo spodní hranou příruby stožáru u stožáru s přírubou,

**závěsná výška svítidla** - výška světelného středu svítidla nad osvětlovanou plochou.

**vyložení** - vodorovná vzdálenost mezi montážním bodem na ose vstupu výložníku do svítidla a osou stožáru (svislicí) procházející těžištěm příčného řezu stožáru v úrovni terénu,

**výložník** - část stožáru, která nese svítidlo v určité vzdálenosti od osy dříku stožáru; výložník může být jednoramenný, dvouramenný nebo víceramenný a může být připojen k dříku pevně nebo odnímatelně,

*Úhel ohybu výložníku musí být v rozmezí 92 až 95 stupňů. Vnější průměr výložníku je 60 mm. Víceramenné výložníky musí být zpevněné výztuhou proti rozlomení. Výložníky musí mít stejnou povrchovou úpravu jako stožáry.*

**úhel vyložení svítidla** - úhel, který svírá osa spojky (spojovací část mezi koncem dříku nebo výložníku a svítidlem) svítidla s vodorovnou rovinou,

**osvětlovací výložník** - výložník k upevnění svítidla na budovu, na výškovou stavbu nebo na jiný stožár než osvětlovací,

**elektrická část stožáru (elektrovýzbroj)** - rozvodnice pro osvětlovací stožár (ve skřínce na stožáru, pod patičí, v prostoru pod dvířky bezpaticového stožáru) a elektrické spojovací vedení mezi rozvodnicí a svítidlem,

**patice** - samostatná část osvětlovacího stožáru, která tvoří kryt elektrické výzbroje,

**snížená intenzita osvětlení** - možnost regulovat intenzitu veřejného osvětlení v kterékoli době provozu veřejného osvětlení, při dodržení rovnoměrnosti osvětlení.

**jednotné ovládání veřejného osvětlení** - možnost jednotně zapínat a vypínat z jednoho místa veškeré technické zařízení sloužící k zajištění umělého osvětlení: po samostatných ovládacích kabelech nebo jiným dálkovým ovládaním

**zpětná signalizace poruch** - možnost vyhodnocovat provozní stav rozváděčů (zapínacích míst) veřejného osvětlení.

**osvětlovaná plocha** - plocha, na které se vykonává zraková činnost. V případě silniční komunikace je osvětlovaná plocha ohraničena šířkou jízdního pásu.

**provozní hodnoty** - skutečné hodnoty v libovolné době provozu za okolností v této době se vyskytujících (jako napětí sítě, proudová zátěž, roční období, stav světelných zdrojů a svítidel, znečištění a pod.).

**kabelový soubor** - zařízení určené ke spojování, odbočování, ukončování, kotvení kabelů nebo rozvětlování žil. Zabraňuje vnikání vlhkosti do kabelu a zamezuje vytékání kabelové hmoty. Kabelové armatury jsou kovové a nekovové.

**rozdávěč zapínacího místa** – (ozn. RVO) - dálkově nebo místně ovládaný rozváděč s vlastním přívodem elektrické energie a zpravidla s vlastním samostatným měřením spotřeby el. energie.

## 14.2. Příloha č. 2 - Přehled zákonů, vyhlášek, norem a předpisů

### 1. Právní předpisy:

- zákon č. 2/2003., úplné znění zákona č. 128/2000 Sb., o obcích (obecní zřízení) v platném znění
- zákon č. 3/2003., úplné znění zákona č. 129/2000 Sb., o krajích (krajské zřízení) v platném znění
- zákon č. 513/1991 Sb., obchodní zákoník v platném znění
- zákon č. 40/1964 Sb., občanský zákoník v platném znění
- zákon č. 65/1965 Sb., zákoník práce v platném znění
- zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví v platném znění
- zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o státní energetické inspekci v platném znění
- zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií v platném znění
- vyhláška č. 297/2001 Sb. Energetického regulačního úřadu ze dne 30. července 2001, kterou se stanoví podmínky připojení a dodávek elektřiny pro chráněné zákazníky v platném znění
- zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů v platném znění
- nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky
- nařízení vlády č. 17/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na el. zařízení nízkého napětí v platném znění
- nařízení vlády č. 18/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska elektro-magnetické kompatibility v platném znění
- nařízení vlády č. 173/1997 Sb., kterým se stanoví vybrané výrobky k posuzování shody
- nařízení vlády č. 178/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky
- nařízení vlády č. 179/1997 Sb., kterým se stanoví grafická podoba české značky shody, její provedení a umístění na výrobku
- zákon č. 251/2005 Sb., o inspekci práce
- zákon č. 338/2005 Sb., úplné znění zákona č. 174/1968 Sb., o státním odborném dozoru nad bezpečností práce v platném znění
- nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky
- zákon č. 47/1994 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon České národní rady č. 2/19969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy České republiky, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 174/1968 Sb., o státním odborném dozoru nad bezpečností práce, v platném znění
- zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích v platném znění
- vyhláška č. 104/1997 Sb., Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích v platném znění
- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech v platném znění
- vyhláška č. 381/2001 Sb., Katalog odpadů
- vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě
- vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- vyhláška č. 384/2001 Sb., o nakládání s PBC
- vyhláška č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků
- vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- zákon č. 289/1995 Sb., o lesích (lesní zákon) v platném znění
- zákon č. 301/2004 Sb., úplné znění zákona č. 266/1994 Sb., o drahách
- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění
- zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích v platném znění
  
- zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění
- zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší)

- zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon) v platném znění
- vyhláška č. 132/1998 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení stavebního zákona
- vyhláška č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu
- zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči v platném znění
- vyhláška č. 66/1988 Sb., kterou se provádí zákon o státní památkové péči
- vyhláška č. 246/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci).

## **2. Technické normy:**

- ČSN 33 2000-1 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 1: Rozsah platnosti, účel a základní hlediska.
- ČSN 33 2000-3 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 3: Stanovení základních charakteristik.
- ČSN 33 2000-4-41 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem.
- ČSN 33 2000-4-42 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 42: Ochrana před účinky tepla.
- ČSN 33 2000-4-43 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 43: Ochrana proti nadproudům.
- ČSN 33 2000-4-45 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 45: Ochrana před přepětím.
- ČSN 33 2000-4-46 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 46: Odpojování a spínání.
- ČSN 33 2000-4-47 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 471: Opatření k zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem.
- ČSN 33 2000-4-473 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům.
- ČSN 33 2000-4-481 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 4: Bezpečnost. Kapitola 48: Výběr ochranných opatření podle vnějších vlivů. Oddíl 481: Výběr opatření na ochranu před úrazem elektrickým proudem podle vnějších vlivů.
- ČSN 33 2000-5-51 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 51: Všeobecné předpisy,
- ČSN 33 2000-5-52 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení,
- ČSN 33 2000-5-53 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 53: Spínací a řídicí přístroje,
- ČSN 33 2000-5-523 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení. Oddíl 523: Dovolené proudy.
- ČSN 33 2000-5-537 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 53: Spínací a řídicí přístroje, Oddíl 537: Přístroje pro odpojování a spínání.
- ČSN 33 2000-5-54 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 54: Uzemnění a ochranné vodiče.



- ČSN 33 2000-5-56 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 5: Výběr a stavba el. zařízení, Kap. 56: Napájení zařízení v případě nouze.
- ČSN 33 2000-6-61 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 6: Revize. Kapitola 61: Postupy při výchozí revizi.
- ČSN 33 2000-7-714 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.  
Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech.  
Oddíl 714: Zařízení pro venkovní osvětlení.
- ČSN 33 0360 Elektrotechnické předpisy. Místa připojení ochranných vodičů na elektrických zařízeních.
- ČSN 33 3210 Elektrotechnické předpisy. Rozvodná zařízení. Společná ustanovení.
- ČSN EN 50341-1,2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45kV – Část 1 a 2
- ČSN EN 50423-1,2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV do AC 45kV – Část 1 a 2
- ČSN 33 3320 Elektrotechnické předpisy. Elektrické přípojky.
- ČSN 34 1390 Elektrotechnické předpisy ČSN. Předpisy pro ochranu před bleskem.
- ČSN 34 8340 Osvětlovací stožáry.
- ČSN 35 9754 Závěry a klíče pro zajišťování hlavních domovních skříní a rozvodných zařízení NN umístěvaných v prostředí venkovním.
- ČSN 36 0001 Názvosloví v elektrotechnice, osvětlení.
- ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení.
- ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací.
- ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic.
- ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací  
Část 2: Požadavky
- ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací  
Část 3: Výpočet
- ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací  
Část 4: Metody měření
- ČSN EN 60598-2-3 Svítidla – Část 2-3: Zvláštní požadavky – Svítidla pro osvětlení pozemních komunikací.
- ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení.
- ČSN 73 6006 Označování podzemních vedení výstražnými fóliemi.
- ČSN 73 6100 Názvosloví silničních komunikací.
- ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic.
- ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na silničních komunikacích.
- ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací.
- ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.
- ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací.
- ČSN P ENV 1992-3 Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: betonové základy
- ČSN ISO 3864 Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky.
- ČSN ISO 9223 Koroze kovů a slitin. Korozní agresivita atmosfér.
- ČSN EN 22063 Kovové a jiné anorganické povlaky. Žárové stříkání. Zinek, hliník a jejich slitiny.
- ČSN EN 40-1 až 7 Osvětlovací stožáry části 1-7 (část 4 zatím nezavedena – proto je stále v platnosti souběžně ČSN 34 8340)
  
- ČSN EN 60529 Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód).
- ČSN EN 60446 Základní a bezpečnostní zásady při obsluze strojních zařízení  
Značení vodičů barvami nebo číslicemi
- ČSN EN 60662 Vysokotlaké sodíkové výbojky
- ČSN EN 61167 Halogenidové výbojky
- ČSN EN 62035 Výbojové světelné zdroje – Požadavky na bezpečnost

### **3. Ostatní předpisy:**

- 
- **TKP 15** Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 15 – osvětlení pozemních komunikací.
  - **TP 124** Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací (2000).
  - **TP 84** Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí (1996).
  - **TP 98** Technologické vybavení tunelů (1997).
  - **PNE 33 0000-1** Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatel elektřiny.
  - **Doporučení ESČ 33.01.96**  
(k ČSN 33 2000-4-41) Podmínky použití nadproudových jisticích prvků při ochraně samočinným odpojením od zdroje v požadovaném čase.
  - **Doporučení ESČ 00.02.94** První pomoc při úrazu elektrickou energií.
  - **Publikace CIE č. 88 – 1990** Guide for the lighting of road tunnels and underpasses (Průvodce osvětlením tunelů a podjezdů).
  - **Publikace CIE č. 115 – 1995** Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic (Doporučení pro osvětlení komunikací pro motorovou a pěší dopravu)
  - **Publikace CIE č. 126 – 1997** Guidelines for minimizing sky glow (Průvodce k omezení záře oblohy)
  - **Publikace CIE č. 136 – 2000** Guide for the lighting of urban areas (Průvodce osvětlením obytných zón)
  - **Publikace CIE č. 140 – 2000** Calculation and measurement of illuminance and luminance in road lighting (Výpočet a měření osvětlenosti a jasu silničních komunikací).

### 14.3. Příloha č. 3 - Příklady světelných zdrojů pro použití ve venkovním osvětlení

#### *Vysokotlaké sodíkové výbojky*

Použití: především pouliční veřejné osvětlení, v architektonickém osvětlení pro zdůraznění žlutých ploch, zdroje s vyššími příkony pro tréninková sportoviště



*Eliptická baňka*



*Tubusová baňka*

#### *Nízkotlaké sodíkové výbojky*

Použití: pro pouliční osvětlení



#### *Vysokotlaké rtuťové výbojky*

Použití: především pro osvětlování prostranství před nákupními centry kvůli barevnému odlišení od veřejného osvětlení



### ***Halogenidové výbojky***

Použití: architektonické osvětlení, osvětlení sportovišť, osvětlení historických center měst



*Tubusová baňka*



*Eliptická baňka*



*Dvoupatkové provedení*



*Dvoupatkové provedení až do příkonu 2000W*

### ***Zářivky***

Použití: osvětlování center měst, zvýraznění detailů architektonického osvětlení, komunikace nižších tříd



*Lineární zářivka T8*



*Kompaktní zářivka*

**LED**

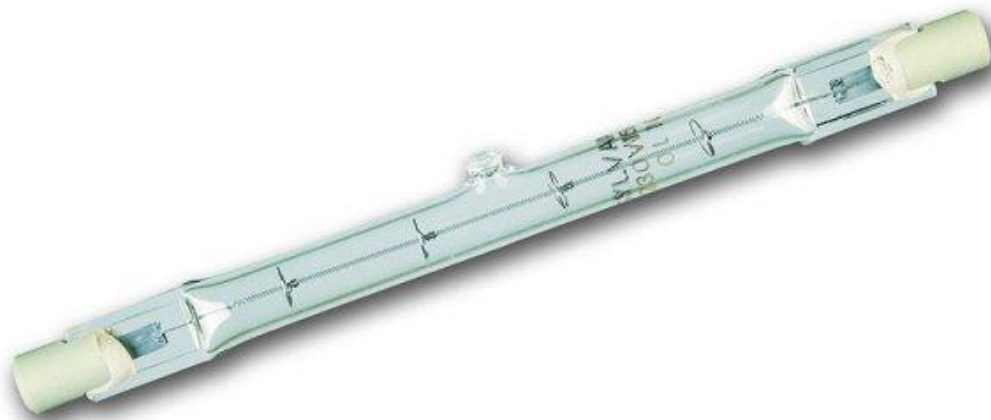
Použití: signalizace, architektonické osvětlení



*LED modul*

**Halogenové žárovky**

Použití: pro krátkodobý provoz, především v kombinaci s čidly pohybu



*Dvoupaticová halogenová žárovky na síťové napětí*

## 14.4. Příloha č. 4 - Příklady svítidel venkovního osvětlení

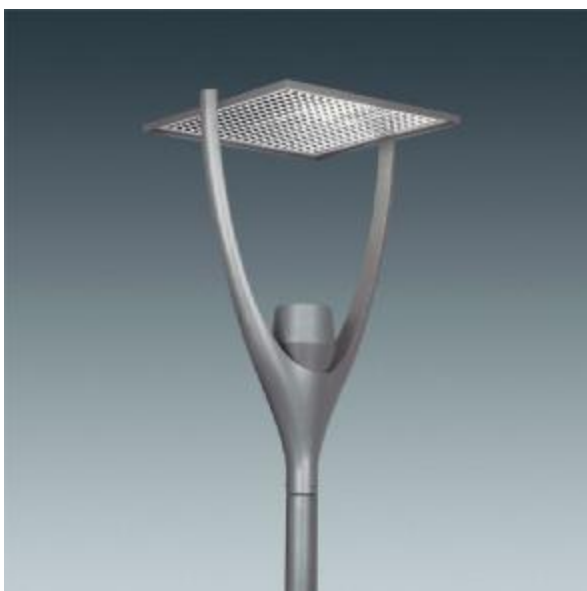
### *Svítidla pro veřejné osvětlení*



*Siteco* - pouliční svítidlo s vypouklým krycím sklem



*Siteco* - pouliční svítidlo s plochým krycím sklem



*Siteco* - svítidlo s nepřímým osvětlením



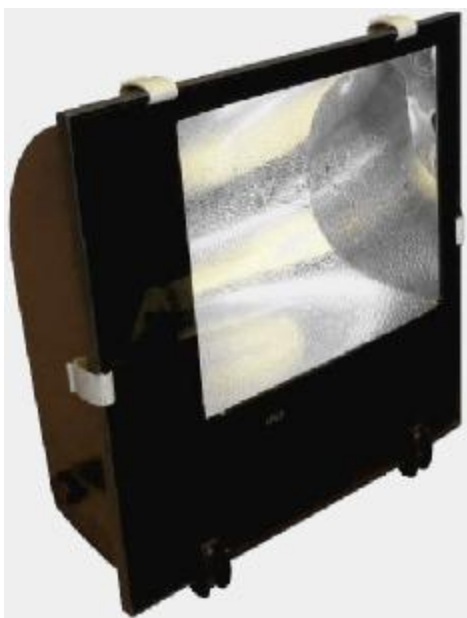
*Siteco* - svítidlo pro parkové osvětlení

*Svítilna pro venkovní sportoviště*

*Indalux* - symetrický hlubokožáříč s deflektorem omezující oslnění a zamezující distribuci světelného rohu do horního poloprostoru. Svítidlo je vhodné pro vysoké závěsné výšky a vysoké nároky pro televizní přenos např. osvětlování fotbalových stadionů (příkon 1000 – 2000W).



*Indalux* - asymetrický hlubokožáříč s deflektorem omezující oslnění a zamezující distribuci světelného rohu do horního poloprostoru. Svítidlo je vhodné pro nižší závěsné výšky ( (příkon 600 – 2000W)



*Metasport* – svítidlo s mírně asymetrickou křivkou svítivosti hodící se pro boční osvětlování z vysokých poloh. Implementovaný předřadník do příkonu halogenidové výbojky až 1000 W umožňuje použití v jednoduchých osvětlovacích soustavách



*Metasport* – jednoduché svítidlo s možností použití až 400 W výbojek umožňuje realizaci malých osvětlovacích soustav pro převážně tréninkové účely

*Svítlidla pro architektonické osvětlování*



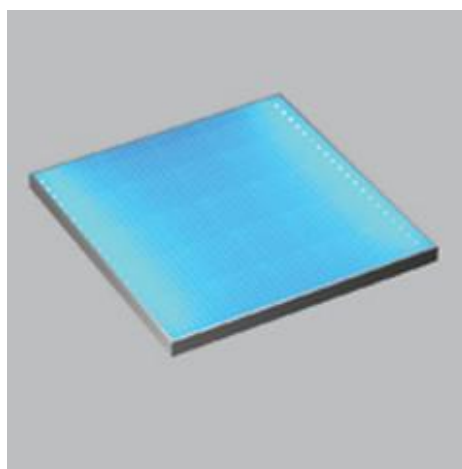
*Metasport* – svítidlo je určeno k osvětlování reklamních ploch a architektur z malých vzdáleností.



*Indal* – svítidlo je určeno k osvětlování billboardů a architektur z malých vzdáleností.



*Cariboni* – zemní svítidlo



*ESsystem* - LED diodový dekorativní osvětlovací systém ze skleněných panelů pro venkovní i vnitřní instalace.



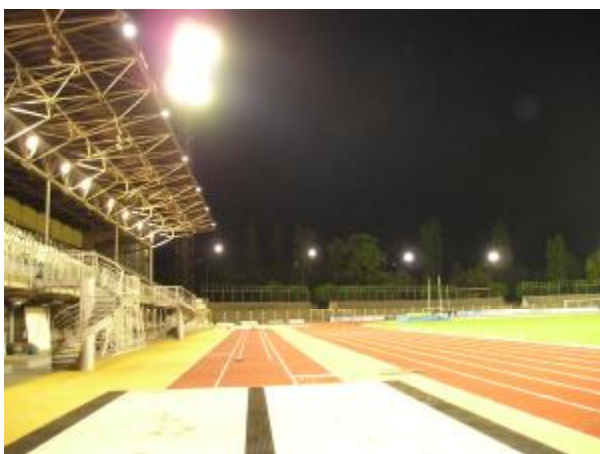
## 14.5. Příloha 5: Příklady osvětlovacích soustav venkovního osvětlení

### *Věřejné osvětlení*



Zdroje: Indal

*Osvětlení venkovních sportovišť*



Zdroje: Indal, Cariboni, Metasport

*Architektonické osvětlení*

Zdroje: Indal, Cariboni, Metasport

## 14.6. Příloha 6: Regulace osvětlení

Generel VO nepřipouští provádění regulace osvětlení vypínáním jednotlivých svítidel. VO je zbudováno proto a na takových místech, aby splňovalo účel bezpečnosti a zrakové pohody účastníků silničního provozu. Norma ČSN 36 0410 v čl. 3.1.2. připouští snížení intenzity osvětlení resp. jasů - nejvýše však o dva stupně - tam, kde dochází během doby provozu k výraznému poklesu intenzity dopravy. Takovými místy jsou rychlostní, sběrné a obslužné komunikace, které jsou zpravidla zařazeny do vyššího stupně osvětlení (I. až III. stupeň). Zde se doporučuje použití napěťových regulátorů (přístavek k RVO nebo vestavěná součást RVO) s nastavitelnou dobou činnosti (doporučuje se 23.00 až 04.30 hod.). Výhodou osazení regulátorů je i to, že mají vestavěný stabilizátor napětí, který omezuje přechodná přepětí napájecí sítě.

Nedoporučuje se osazení regulátorů VO do soustav VO sídlištních území, dvorních částí apod., kde je převaha osazení zdrojů s příkonem 70 W a nižším. V takovém případě je provozování regulátoru neekonomické (příliš dlouhá návratnost vložené investice) a z hlediska světelného je snížením světelného toku těchto úsporných zdrojů VO subjektivně vnímáno jako nedostatečné.

Veřejné osvětlení je složitý světelně-technický systém jehož provoz, údržba a koncepce rozvoje vyžaduje profesionální přístup a to zejména proto, že se jedná o velmi nákladný systém jak z hlediska spotřeby elektrické energie tak z hlediska údržby a obnovy. Aby provozovatel mohl korektně rozhodovat ve všech zmíněných činnostech musí existovat operativní analýza tohoto světelně-technického systému a průběžný evidenční systém, který následně umožňuje činit odborná a ekonomicky efektivní opatření.

Začátkem skutečného řešení problémů provozu, údržby, technického stavu a finančních potřeb je vypracování několika základních dokumentů a vytvoření nástrojů, které jsou základem systémového přístupu k veřejnému osvětlení v dané obci. Jsou to především:

- A. Generel veřejného osvětlení v digitální podobě
- B. Pasport veřejného osvětlení v digitální podobě
- C. Energetická a provozní optimalizace – energetický management

Řízení systému veřejného osvětlení vyžaduje pravidelné vyhodnocování nákladů na energii a údržbu, porovnávání osvětlení s projektovanými hodnotami a optimalizaci činností spojených s provozem a údržbou VO. Tyto činnosti vedoucí k energetické a tedy i provozní optimalizaci provozu nazýváme energetickým managementem.

V rámci energetického managementu se řeší energetická optimalizace provozu systému veřejného osvětlení. K energetické optimalizaci vedou tři cesty:

- Energetická optimalizace vlastní osvětlovací soustavy
- Regulace osvětlení nasazením regulačních systémů
- Optimalizace systému řízení a monitorování, tzn. aplikace tzv. telemanagementu

Veřejné osvětlení je často také vnímáno jako “nechtěné dítě”, které ukrájí nemalé finanční prostředky z obecního rozpočtu. Toto je sice skutečnost, ale pravdou je také, že v provozu veřejného osvětlení jsou skryté rezervy, které mohou znamenat provozní úspory v rozsahu 30 – 50% současného stavu.

Provoz a údržba veřejného osvětlení je velmi nákladná záležitost. Provozní náklady veřejného osvětlení sestávají z:

- Plateb za spotřebovanou elektrickou energii - **cca 1.000,-Kč/SB-světelný bod/rok**
- Pevných plateb za proudové hodnoty hlavních jističů-**cca 100,-Kč/SB/rok**
- Plateb za údržbu sestávajících z nákladů na - **cca 400,-Kč/SB/rok**:
  - výměny světelných zdrojů
  - čištění svítidel
  - nátěry
  - drobné opravy
- Plateb za postupnou obnovu všech prvků systému veřejného osvětlení - **cca 700,-Kč/SB/rok**:
  - výměna svítidel
  - výměna stožárů
  - výměna rozváděčů
  - výměna elektrorozvodů

Průměrné roční provozní náklady na jeden světelný bod při průměrném příkonu jednoho svítidla cca 150W se pohybují na úrovni v ČR – **cca 2.200,- Kč/SB/rok**, v SR – cca 3.300,- SK/SB/rok.

Vzhledem ke skutečnosti, že osvětlení komunikací lze přizpůsobit hustotě provozu, aplikují se dnes systémy plynulé regulace. Jejich použitím dochází k redukci odběru elektrické energie v době sníženého provozu. **Celková míra úspor spotřeby elektrické energie** se pohybuje na úrovni **30-40%**. Kromě energetické úspory dochází ke snížení nákladů na údržbu (výměnu výbojek) tím, že se regulací prodlouží jejich život až na dvojnásobek.

Na našem trhu je v současné době k dispozici celá řada regulačních systémů, různé provenience, různého principu a samozřejmě i různé kvality. Při jejich volbě je třeba zvažovat poměr ceny, kvality, komfortu, servisu a záruky.

### Fázová regulace

#### a) systém NCWI (Non Critical Waweform Intersection)

Představitelem tohoto systému jsou výrobky INTELUX, které byly vyvinuty v 80-tých letech. Regulační systém pracuje na principu změny efektivní hodnoty napětí, přičemž amplituda napětí zůstává nezměněna. Je založen na bázi jednofázových měničů ve výkonové řadě od 1kVA do 10,3 kVA, tj. od 4A do 45 A.

Systém umožňuje plynulou regulaci prakticky všech výbojových světelných zdrojů pracujících s konvenčními předřadníky bez kompenzace jalového výkonu.

#### b) systém AWI (Adaptive Waweform Intersection)

Maximální počet výbojek na jednu fázi:

INTELUX	Proud (A)	Výkon výbojky				
		70W	100W	150W	250W	400W
NG 1	6,3	16	11	7	4	2
NG 2	10	25	18	12	7	4
NG 3	16	42	30	20	12	7
NG 5	25	66	46	30	18	11



Regulační systém pracuje na principu změny efektivní hodnoty napětí, přičemž amplituda napětí zůstává nezměněna. K „odříznutí“ sinusovky dochází v její sestupné části, tj. v maximu proudu. Je založen na bázi jednofázových měničů ve výkonové řadě od 1,5kVA do 11,4 kVA, tj. od 6,3A do 50 A. Systém je vybaven následujícím komfortem:

**Stabilizace výstupního napětí +/-1%**  
Automatickým systémem **softstart**

Vstupy:

1 analogový vstup 0-10V DC

2 digitální vstupy 0-24V DC konfigurovatelné

tlačítka Reset a By-pass na čelním panelu

Výstupy:

1 analogový výstup 0-10V DC

2 digitální výstupy 0-24V DC (100mA)

Sériové porty:

1 komunikační port RS422/485 na dvou konektorech RJ45

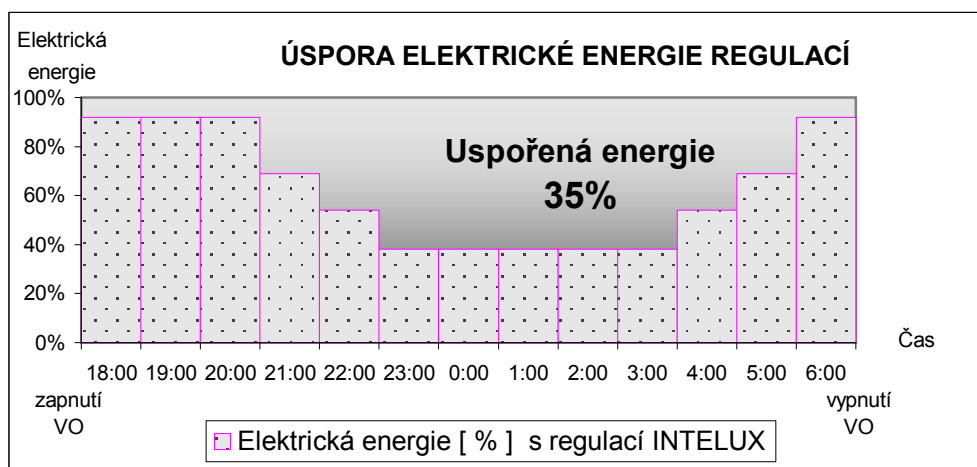
1 komunikační port I2C bus na konektoru RJ45

Systém je vhodný zejména pro plynulou regulaci vysokotlakých sodíkových výbojek, halogenidových výbojek a zářivek pracujících s konvenčními předřadníky a s kompenzací.

### Amplitudová regulace

Tento způsob regulace osvětlení pracuje na principu změny efektivní hodnoty napětí, ke které dochází změnou amplitudy napětí. Regulační systém je založen na transformátorové regulaci ve výkonové řadě od 8kVA do 140 kVA. Systém je obvykle dodáván jako celek v samostatném rozvaděči a instaluje se buď v blízkosti stávajícího rozvaděče VO nebo místo něj. Systémy amplitudové regulace jsou dodávány v různých variantách a v různé kvalitě. Mezi významné představitelé tohoto systému patří systém **REVERBERI**.

Systém je vhodný zejména pro plynulou regulaci vysokotlakých sodíkových výbojek pracujících s konvenčními předřadníky.



Maximální počet výbojek na jednu fázi:

REVERBER	Proud (A)	Výkon výbojky							
		50W	70W	80W	100W	125W	150W	250W	400W
STP 08	14	38	27	23	19	15	12	7	4
STP 11	17	46	33	28	23	18	15	9	5
STP 16	25	68	48	42	34	27	22	13	8
STP 21	32	87	62	54	43	34	29	17	10
STP 26	40	108	77	68	54	43	36	21	13
STP 36	53	144	102	90	72	57	48	28	18
STP 45	68	184	132	115	92	73	61	36	23
STP 55	84	228	163	142	114	91	76	45	28
STP 66	100	272	194	170	136	108	90	54	34
STP 75	120	326	233	204	163	130	108	65	40
STP 90	136	369	264	231	184	147	123	73	46
STP110	168	456	326	285	228	182	152	91	57
STP140	200	544	388	340	272	217	181	108	68

Hodnoty jednotlivých veličin v průběhu regulace, tj. při změně efektivní hodnoty napětí u systému REVERBERI je zřejmý z následující tabulky:

#### Vysokotlaká sodíková výbojka 150 W

Napětí [V]	Příkon [W]	Světelný tok [%]	Příkon [%]
250	194	130,6	123,6
240	176	115,9	112,1
230	157	100,0	100,0
220	140	84,9	89,2
210	122	69,0	77,7
200	108	56,5	68,8
190	95	45,7	60,5
180	86	37,1	54,8

Z uvedené tabulky je zřejmé, jak je důležitá **stabilizace napětí**. Zde se uplatňují dva aspekty stabilizace napětí:

Úspora spotřeby elektrické energie při přepětí

Zajištění kvality – požadované osvětlenosti při podpětí

Např. při přepětí 240V dochází ke zvýšení spotřeby elektrické energie cca o 12 %, naopak při podpětí např. 210V dochází k poklesu světelného toku až o 31%.

Předností systému REVERBERI je možnost stabilizace jmenovitého (nebo zvoleného) napětí v osvětlovacím systému i na vyšší úrovni než je v dané chvíli napětí síťové. Této vlastnosti se využívá např. při napájení osvětlení dálničních portálů, které je provedeno svítidly s halogenidovými výbojkami 400 W.

Příklad kvantifikace úspor:

#### Základní údaje – stávající stav – bez regulace

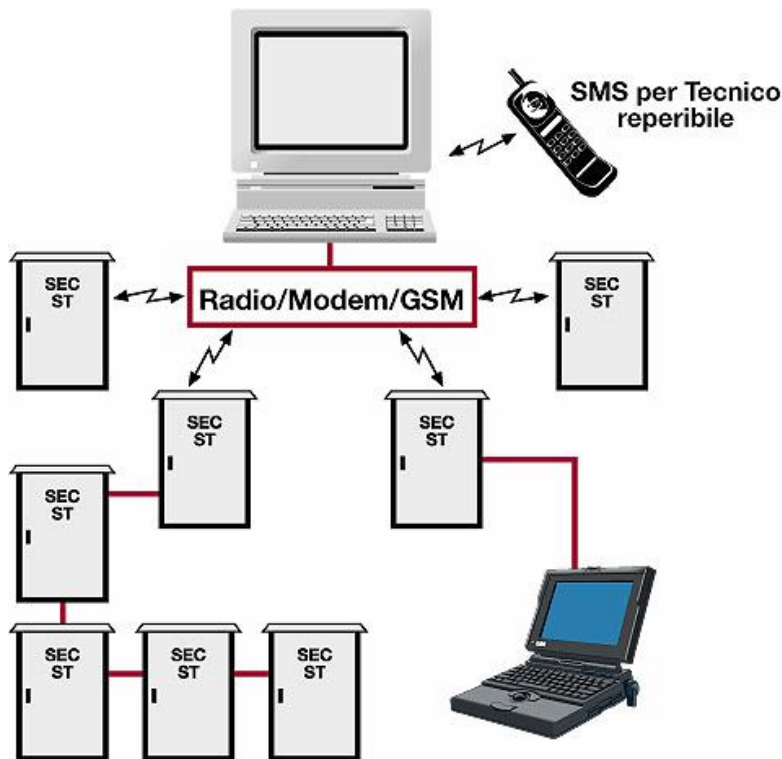
Doba provozu	hod/rok	4200
Počet svítidel 70W,100W,150W	ks	cca 150
Osvětlenost, jas	lx, cd/m <sup>2</sup>	
<b>Celkový instalovaný výkon</b>	<b>kW</b>	<b>17,50</b>
Roční spotřeba elektrické energie	kWh/rok	73 500,00
Platby za spotřebovanou el. energii (1,60 Kč/kWh)	Kč/rok	117 600,00
Náklady na údržbu (výměna zdrojů apod.)	Kč/rok	40 000,00

**CELKOVÉ ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY**

**Kč/rok 157 600,00**

**Základní údaje – navržený stav – s regulací**

Doba provozu	hod/rok	4200
Počet svítidel 70W, 100W, 150W	ks	cca 150
Osvětlenost, jas	lx, cd/m <sup>2</sup>	
<b>Celkový instalovaný výkon</b>	<b>kW</b>	<b>17,50</b>
Roční spotřeba elektrické energie (-35+-5% reg.INT.)	kWh/rok	47 775,00
Platby za spotřebovanou el. energii (1,60 Kč/kWh)	Kč/rok	76 440,00
Náklady na údržbu (výměna zdrojů apod.)	Kč/rok	20 000,00

**CELKOVÉ ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY****Kč/rok 96 440,00****Telemangement**

Pod tímto pojmem v oblasti veřejného osvětlení rozumíme systémy dálkového spínání, řízení a monitorování provozních a poruchových stavů jednotlivých částí systému. Nejčastěji je telemangement aplikován právě u rozváděčů veřejného osvětlení vybavených regulací, dále u standardních rozváděčů veřejného osvětlení a pomalu dochází k jeho aplikaci při monitorování jednotlivých svítidel systému veřejného osvětlení.

Existují v zásadě dva přístupy:

**Centralizovaný systém**

Tento systém obecně sestává z centrálního dispečera – centrálního PC, který umožňuje uživateli - provozovateli a správci veřejného osvětlení z centra – velínu provádět každodenní spínání a monitoring provozních a poruchových stavů a provádět jejich záznam, archivaci a analýzu.

Příkladem aplikace takového řešení je systém užívaný ve veřejném osvětlení města Brna nebo Frýdku Místku. Ke komunikaci je využíváno radiomodemů. Dispečer má možnost v každé chvíli provést ze svého PC:

- zapnutí a vypnutí rozváděče
- přepnutí regulačního rozváděče do stavu by-pass
- odečtení stavu elektroměru
- přepnutí režimu spínání
- dále má možnost zjistit:
- informace o stavu zapnuto, vypnuto spínacích přístrojů



- informace o přítomnosti napětí na přívodu
- informaci o průchodu či neprůchodu proudu každou fází jednotlivého vývodu
- informaci o komunikaci radiomodemu
- informaci o průchodu proudu jednotlivým svítidlem
- informaci o oprávněném či neoprávněném vstupu do rozváděče apod.

### Decentralizovaný systém

Tento systém je oproti předcházejícímu systému vytvořen tak, že více „intelligence“ je dislokováno přímo do rozváděčů veřejného osvětlení a tyto komunikují s centrem jen pokud je to nezbytně nutné.

Příkladem takového systému je řešení použité v rozváděčích REVERBERI.

Aby nemuselo být prováděno každodenní zapnutí a vypnutí veřejného osvětlení z centra, je rozváděč REVERBERI vybaven centrální jednotkou LIT (Lighting intelligent tutor), která obsahuje velmi přesné ( $\pm 1$ min/rok) astronomické hodiny a každý rozváděč provede úkon sepnutí synchronně, ale samostatně.

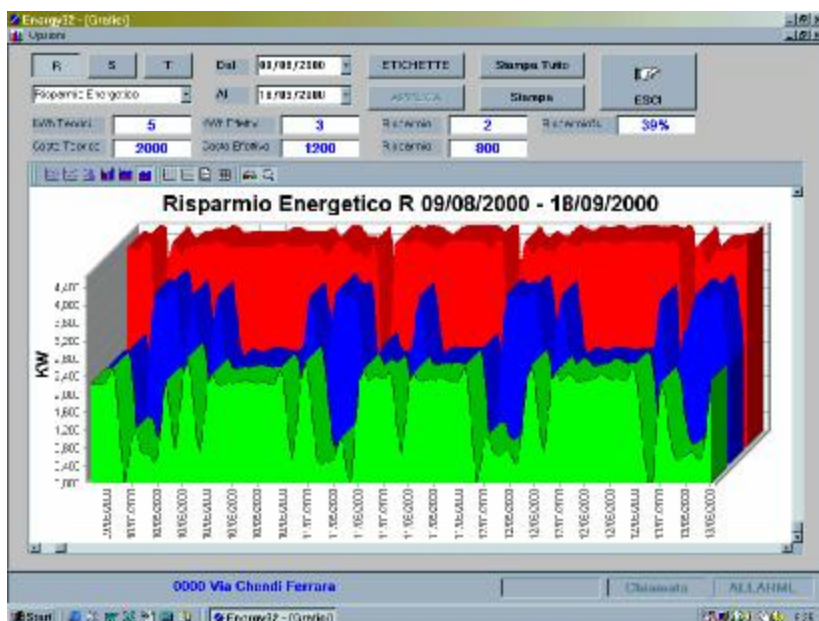


Centrální jednotka LIT je vybavena softwarem L.E.M (Lighting Energy Manager), který provádí řízení regulace, snímání a záznam elektrických parametrů jako je vstupní a výstupní napětí v každé fázi, proud v každé fázi. Dále provádí výpočet účinníku odběru každé fáze, výpočet odebíraného činného a jalového výkonu každé fáze. Dalšími záznamy je doba provozu, seznam alarmů apod. Tato centrální jednotka může komunikovat s centrem buď

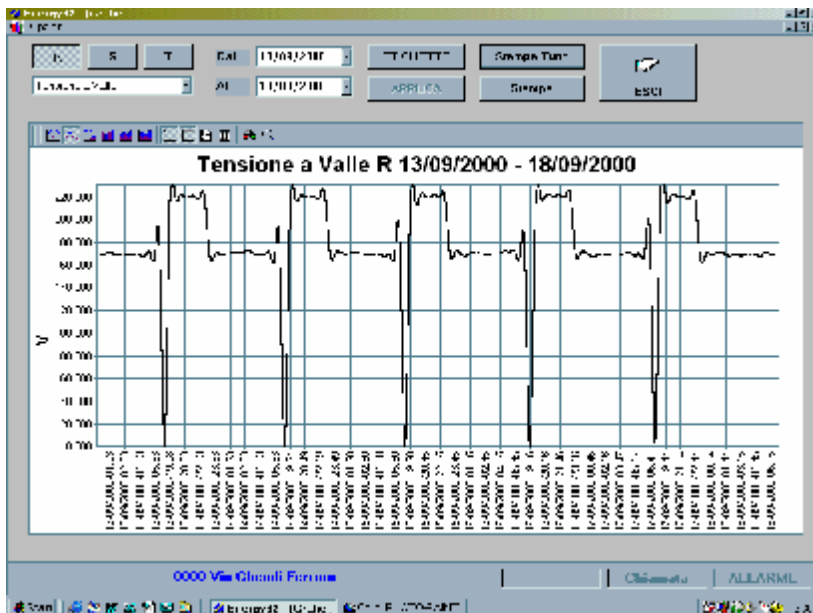
přímo přes kabelové propojení s PC nebo dálkově přes GSM modem.

Této komunikace se využívá jen pokud je to nezbytné jako např. při:

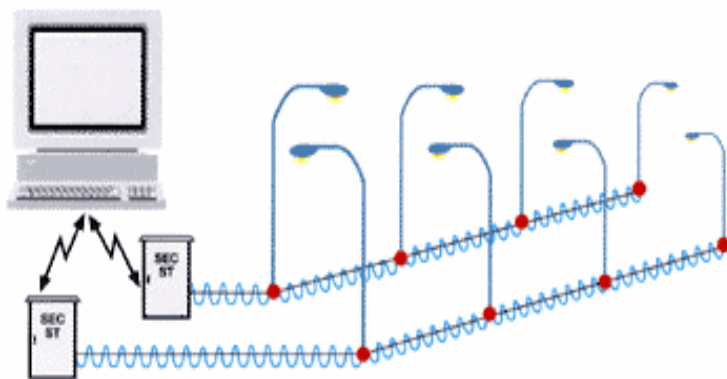
- hlášení poruchy
- modifikaci programového nastavení režimu regulace
- stažení záznamu dat



Příklad zobrazení zaznamenaných dat (úspory elektrické energie v době od 09/08/2000 do 18/09/2000) je uveden na následujícím obr.



Příklad zobrazení zaznamenaných dat (průběh napětí ve fázi R v době od 13/09/2000 do 18/09/2000) je uveden na následujícím obr.



Uvedený systém umožňuje komunikaci s jednotlivými svítidly – viz.obr.. Tato komunikace je prováděna po silovém napájecím vedení. Monitoruje se napětí a proud světelného zdroje – výbojky, porucha kompenzačního kondenzátoru. Informace o napětí na výbojce může být využita k analýze poklesu světelného toku a s předstihem odhadnout dobu možné poruchy a tedy potřebnou dobu její výměny. Tím je zaručen vysoký stupeň provozuschopnosti celého systému osvětlení.

Uvedené systémy umožňují centralizovat informace do řídicího velínu a ve spolupráci s pasportem VO v digitální podobě průběžně evidovat veškeré činnosti a provádět statistická vyhodnocení za zvolené časové období.

Takové systémy jsou základem efektivní a systémové údržby, provozu a obnovy osvětlovacích systémů veřejného osvětlení.

Dnes je již možno konstatovat, že aplikace energetického managementu ve veřejném osvětlení prostřednictvím plynulé regulace s využitím telemanagementu je nejefektivnějším zdrojem financování obnovy celého systému veřejného osvětlení.

## 14.7. Příloha 7: Vybrané racionalizační trendy v oblasti VO

S ohledem na prudký vývoj informačních technologií, jejich aplikaci a pronikání způsobů aplikace do téměř všech lidských činností je více než zajímavé sledovat možnosti využití zmíněných technik v oblasti veřejného osvětlení. Systém prvků veřejného osvětlení v „reálném světě na ulici“, tak jak ho známe z minulosti, je až na výjimky ryze „hmatatelně robustní silnoproudou instalací“. Za touto viditelnou částí osvětlovací soustavy se, ale v minulosti začal vyvíjet systém řízení, sledování a evidence osvětlovací soustavy s využitím IT technologií. Digitální evidence zařízení je samostatnou kapitolou v tomto systému a svým účelem značně pomáhá při provozu osvětlovací soustavy veřejného osvětlení.

### Účel digitální evidence

V období, kdy Česká republika přistupuje ke standardům západní Evropy se mění poměr ceny lidské práce a materiálu využívaného k zajištění provozu veřejného osvětlení. Z tohoto důvodu je kladen vyšší důraz na organizaci činností, jejich optimalizaci a plánování, tak aby veškeré prostředky vynakládané na provoz byly vynaloženy účelně a efektivně. Podkladem pro efektivní využití zdrojů je funkční systém zabezpečující organizaci práce a přísun aktuálních informací.

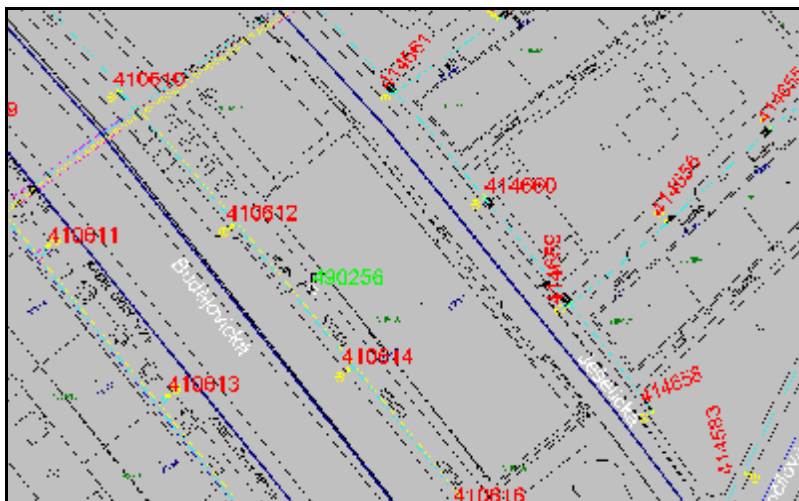
Cílem digitální evidence zařízení VO je mimo jiné i vedení a shromažďování informací, sloužících jako podklad k rozhodování a řízení provozu soustavy VO. Na základě takto získaných informací je možné plánovat a provádět efektivně činnosti v krátkém, středním i dlouhém časovém horizontu. V krátkém časovém horizontu pomáhá digitální evidence zařízení organizovat operativní odstraňování poruch, ve střednědobém horizontu je nezbytným pomocníkem při plánování a realizaci preventivních činností na zařízení a v dlouhodobém horizontu pomáhá rozhodovat o koncepci a rozvoji zařízení.

Výsledky digitální evidence a statistického zpracování mají i hodnotné výstupy v oblasti testování zařízení a realizaci provozních zkoušek, které by jinak nemohly být v takovém rozsahu a uskutečněny.

### Požadavky na evidenci zařízení

S ohledem na vytýčené cíle a účel digitální evidence zařízení VO musí být sestaven přesný model databáze, který umožní záznam a práci s informacemi ve dvou základních formách:

- 1) grafické
- 2) databázové



*Příklad grafického záznamu o zařízení VO v digitální podobě*

Ve zvoleném modelu musí být zajištěno propojení obou částí s možností převodu jedné formy informací do formy druhé a naopak. Rozsah a podrobnost evidovaných informací je nutné volit s ohledem na požadavky výstupních informací o provozovaném celku.

**Příklad způsobu evidence zařízení v praxi**

Volba nejmenšího prvku zvoleného v databázovém systému naší společnosti je tzv. „konstrukční prvek“. Jde o samostatně funkční konstrukční celek v soustavě veřejného osvětlení, který je ve funkčním řetězci soustavy v sérii k ostatním prvkům v cestě od napájecího místa – např.: svítidlo, stožár, kabel, elektro-výzbroj, výbojka apod. Rozsah informací evidovaných v databázi je zvolen s ohledem na požadované výstupy. Evidován je tedy nejen aktuální stav zařízení (typ, technické parametry apod.), ale celý soubor dalších informací, které se dělí do kategorií:

- historie prvku
- plán údržby a preventivní péče
- ekonomické údaje
- koncepční a projektové informace
- majetkové a právní vztahy k zařízení
- geodetické údaje a grafické údaje
- ostatní informace jako nástroje pro statistické zpracování

ID	Název	Datum	Popis	Stav	Popis
SE-00001	12000 Světlo	20.03.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00002	12000 Světlo	11.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00003	12000 Světlo	14.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00004	12000 Světlo	14.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00005	12000 Světlo	14.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00006	12000 Světlo	14.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00007	12000 Světlo	21.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00008	12000 Světlo	26.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00009	12000 Světlo	27.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00010	12000 Světlo	28.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00011	12000 Světlo	28.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00012	12000 Světlo	28.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo
SE-00013	12000 Světlo	28.08.11	12000 Světlo	OK	12000 Světlo

*příklad zpracování historie činností na prvku VO v databázové podobě*

**Trendy v digitální evidenci**

Nesporným požadavkem na vedení evidence je výkonný aparát pro správu a vyhodnocení dat. Tento požadavek je kladen jak na samotný výkonný hardware, ale současně na softwarovou výbavu. Hlavním požadavkem a směrem v této oblasti je modelování způsobů datového zpracování a statistického vyhodnocení informací podle zadání. Trendem v této oblasti je zapojení samotného aparátu evidence zařízení do dalších aktivních systémů sdílejících informace s podobným cílem nebo společně definovaným využitím.

Příkladem může být propojení SW využívaného naší společností se záchranným systémem k identifikaci místa dle jednoznačného kódu zařízení VO, nebo propojení městského koordináčního odboru, se kterým jsou sdíleny informace o plánovaných stavbách.

Výhodou digitální evidence zařízení je bezesporu jednoduchá reprodukce informací a to s využitím rozmanitých výstupních rozhraní. Sdílení evidovaných informací digitální formou se rozvíjí především v oblasti projekce a výstavby. V tomto směru je možné a velmi efektivní využití digitálního popisu zařízení s geodetickým zaměřením k další nebo návazné projekční činnosti. Výstupní data je možné exportovat ve formátu, který je přenositelný do jiných platforem používaných k projekční činnosti. Digitální evidence zařízení v tomto ohledu umožňuje mimo jiné spolupráci jednotlivých organizací bez ohledu na sídlo společnosti. Výsledkem tak může být získání informace, která je velmi rychle a efektivně zpracovatelná, bez nutnosti časového prodloužení a dodatečných nákladů. Současný systém provozovaná v oddělení technické dokumentace naší společnosti pracuje v prostoru zabezpečené virtuální sítě a výsledkem je tedy dosažitelnost evidovaných dat on-line na kterémkoli pracovišti vybaveném potřebným SW a zabezpečeným síťovým připojením.

Dalším vývojovým stupněm digitální evidence je aktivní propojení se samotným systémem veřejného osvětlení a využití akčních prvků systému evidence k automatizovanému řízení samotného provozu veřejného osvětlení ale i organizaci činností spojených s provozem zařízení. V tomto směru se jeví jako perspektivní přímé ovládání prvků v systému VO a příjem informací o zařízení a jeho provozních stavech. Především způsob a forma získávání a zavádění informací do samotného databázového systému je sledovaným a rychle se vyvíjejícím faktorem.

### **Vkládání dat do databázového systému**

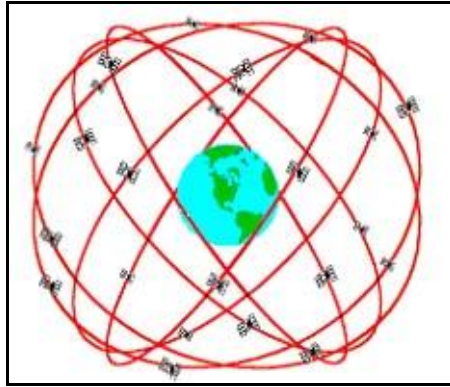
Způsob vkládání dat do datový systémů prodělává v posledních letech významné změny. Především informace sdílené s organizacemi pracujícími v digitální oblasti evidence dat, které jsou do systému vkládány, jsou importovány přímo do systému a to v digitální formě. S využitím digitálního importu dat je možné značným způsobem zvýšit výpočetní hodnotu evidovaných údajů a záběr přípravy informací k rozhodování. Vhodným příkladem digitálního importu dat do systému, je výměna digitálního zpracování fakturačních údajů ve smluvních vztazích mezi významnými partnery. Touto metodou je možné v některých směrech činnosti souvisejících s provozem veřejného osvětlení zcela eliminovat vlastní přípravu vstupních dat.

### **Tvorba a příprava vstupních dat**

Vzhledem k tomu, že rozsah činností souvisejících s provozem veřejného osvětlení není zdaleka omezen pouze na čerpání služeb a materiálu z vnějších zdrojů je nutné zajistit vlastní sběr a přípravu vstupních informací. Z hlediska přípravy dat pro vložení do databázového systému je výhodné realizovat hromadný sběr dat s následným importem do systému a digitalizovat alespoň přípravnou fázi sběru dat. Trendem v oblasti digitální přípravy dat v souvislosti s provozem veřejného osvětlení je využívání globálního systému určování polohy GPS. Tento způsob sběru dat se osvědčil především v oblasti geodetických prací na veřejném osvětlení.

### **Systém určení polohy - GPS**

Systém GPS NAVASTAR (Global Positioning System – NAVigation System using Time And Range) se začal rozvíjet již v druhé polovině 20 století. Tento systém byl původně vyvinut pouze pro účely ministerstva obrany USA a tedy výhradně vojenské využití. V současné době je systém přístupný veřejnosti a to i s možností využití opravných signálů



*Systém 24 družic představuje kosmickou část systému GPS*

Systém GPS je založen na třech základních částech:

- kosmické
- řídicí
- uživatelské

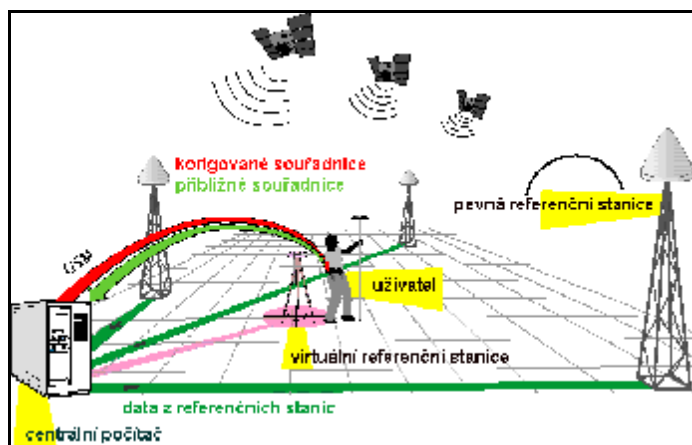
Ačkoli do kosmické části byly první 4 družice vypuštěny již v roce 1973, trojrozměrného zaměření bylo dosaženo až 8.12.1993 a plná operační způsobilost byla vyhlášena roku 1995. V současnosti systém GPS pracuje na oběžné dráze s 24 družicemi vysílajících na frekvencích 1575,42 MHz a 1227,6 MHz. K přesnému určení polohy je nutné mít z místa zaměřování v přímé „viditelnosti“ minimálně 4 družice pod elevačním úhlem min 5°.

Řídicí část je pevná pozemská stanice, která přijímá signál vysílaný družicemi, zpracovává polohu jimi určenou a v reálném čase počítá korekci polohy. Údaje o korekci jsou vysílány zpět na družici v kosmické části systému a přenášeny spolu se signálem do uživatelské části.

Družice vysílají do uživatelské části řadu informací. Mimo jiné informace o čase vyslání zprávy, keplerovských emeferidech – krátkodobá předpověď polohy družice, almanachu – dlouhodobější předpověď polohy družic na delší dobu, informaci o stavu družice apod. Vysílané informace jsou rozděleny do dvou skupin – veřejně přístupné, a informace přístupné pouze autorizovaným osobám. V roce 2005 byla zrušena úmyslná degradace vysílaného signálu ve veřejné části a tak systém umožňuje určení polohy s přesností 10m (v minulosti 100m).

### **Systém RTK**

V oblasti zaměřování polohy zařízení VO je nutné dodržovat stanovenou přesnost zaměření třídy III. K tomuto účelu je v rámci veřejné části systému GPS velmi vhodná metoda RTK – Real Time Kinematic, která pracuje s korekcí polohy v reálném čase. Korekce signálu je realizována pomocí roveru a referenční stanice, která je umístěna na známém místě a vysílá korekční signál roveru na teleskopické tyči. Polohu referenční stanice je možné inicializovat několika způsoby z níž nejpoužívanější je OTF – On The Fly, která je nejjednodušší a umožňuje umístění roveru na zcela neznámém místě.



*Schéma principu RTK GPS systému*

### Výhody a nevýhody využití systému GPS

Hlavní výhodou metody je dostupnost výsledných dat v reálném čase bez následného postprocesingu a případné možnost okamžité opravy nebo opakování měření. Tato skutečnost významně pomáhá zrychlit a zefektivnit práci při zaměřování zařízení VO. Výhodou je současně skutečnost, že odsluhu zvládne jediný operátor. Mezi nevýhody patří relativně malý dosah radiomodemu, která se pohybuje v otevřené krajině cca 3-5km při standardním vysílacím výkonu 0,4-0,5 W. Použitím externí antény popř. mobilního telefonu, lze dosah prodloužit až na 10 resp. 20 km.

V naší společnosti je využíván přístroj založený na technologii Trimble R-Track, který využívá výhody signálu LC2, vysílaného družicemi vypouštěnými od roku 2005

Tento měřicí systém umožňuje velmi rychlý sběr dat s následným hromadným vložením dat přímo v digitální podobě do databázové systému. Tímto postupem je další z významných vstupních toků digitalizován již při tvorbě a přípravě vstupních dat. Využití systému GPS k zaměřování zařízení veřejného osvětlení je typickým příkladem vývoje v oblasti digitální evidence a naznačuje trend v této oblasti, který klade v posledních letech důraz především na digitalizaci vstupních informací.



*GPS přijímač Trimble R8*



*TCU – univerzální řídicí jednotka*

### **Využití systému GPS k monitoringu**

Velmi zajímavou aplikací velmi úzce související se systémem GPS a digitální evidencí je využití GPS přijímačů ke sledování a řízení pohyblivých jednotek. Sledování pohybu může být realizováno ve dvou základních módech provozu:

- on-line
- postprocessing

V pasivním režimu vyhodnocení dat slouží záznam trasy ke zpětné kontrole a k rozhodování o optimalizaci činnosti pracovních skupin. Záznam je prováděn nad vrstvou digitálního zákresu zařízení veřejného osvětlení a je archivován v zařízení.

Aktivní režim provozu systému GPS umožňuje přenos informací o aktuální pozici všech zásahových jednotek vybavených tímto systémem a zobrazení nad digitálním zákresem zařízení veřejného osvětlení. Monitorovací systém, kterým je dispečink vybavený, umožňuje zobrazovat nejen polohu, ale další informace o zásahové skupině – např. rozpis plánované práce, aktuální stav jednotky apod. Výstupem tohoto systému je grafická informace, která umožňuje operátorovi dispečinku operativně řídit činnost jednotlivých zásahových skupin. Tento systém je znám z minulosti především z dispečinku záchranných systémů, nebo logistických oddělení.

### **Závěr**

V oblasti veřejného osvětlení je vedle základních požadavků na rozšiřování kapacity a výkonnosti datových systémů hlavním trendem vývoj v oblasti přípravy a zpracování vstupních informací v digitální podobě. Přeprocování archivních vstupních dat do digitální podoby je rozsáhlým úkolem, ale výhody plynoucí z plně digitalizovaného vstupu informací tuto nevýhodu předčí. V oblasti vývoje způsobu vyhodnocení a statistického zpracování informací v datových modelech dochází k posunům již v omezené míře a převažuje především požadavek na aktivní propojování informačních systémů a on-line sdílení dat mezi těmito systémy.

### **Literatura:**

- [14.1] *Polínek, J.:* Aplikace regulace a telemanagementu ve veřejném osvětlení. Kurz osvětlovací techniky XXIV, Ostrava 2005.
- [14.2] *Sněhota, P.:* Trendy v oblasti digitální evidence zařízení VO. Kurz osvětlovací techniky XXIV, Ostrava 2005.



## 15. ZÁVĚR

Tato publikace je příspěvkem k problematice využití racionalizačních opatření, které vycházejí z nejnovějších poznatků z oblasti úsporných světelných zdrojů a svítidel s maximální účinností, a které vedou ke snížení energetické náročnosti ve venkovním osvětlování při zachování základního požadavku na osvětlení – vytvoření optimálního světelného mikroklimatu pro člověka.

Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

## 16. OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ZÁKLADY SVĚTELNÉ TECHNIKY</b> .....	<b>2</b>
2.1. Podstata světla, zrakový systém .....	2
2.1.1. Podstata světla .....	2
2.1.2. Zrakový systém, zrakové mechanismy .....	2
2.2. Základní světelnotechnické pojmy a veličiny .....	3
2.2.1. Přehled pojmů a veličin .....	3
2.2.2. Základní výpočetní vztahy .....	3
2.2.3. Prostorové rozložení svítivosti .....	3
2.2.4. Osvětlenost (intenzita osvětlení) bodového zdroje .....	3
2.2.5. Světelně technické vlastnosti látek .....	3
2.2.6. Prostorové charakteristiky osvětlení .....	3
2.2.7. Barevné vlastnosti zdrojů a předmětů .....	3
<b>3. SVĚTELNÉ ZDROJE PRO VENKOVNÍ OSVĚTLOVÁNÍ</b> .....	<b>3</b>
3.1. Úvod .....	3
3.2. Základní parametry světelných zdrojů .....	3
3.3. Žárovky .....	3
3.4. Halogenové žárovky .....	3
3.5. Kompaktní zářivky .....	3
3.6. Lineární zářivky .....	3
3.7. Vysokotlaké rtuťové výbojky .....	3
3.8. Vysokotlaké sodíkové výbojky .....	3
3.9. Halogenidové výbojky .....	3
3.10. Nízkotlaké sodíkové výbojky .....	3
3.11. Sírné výbojky .....	3
3.12. Indukční výbojky .....	3
3.13. LED diody .....	3
3.14. Racionalizační trendy ve vývoji světelných zdrojů .....	3
<b>4. SVÍTIDLA</b> .....	<b>3</b>
4.1. Světelně technické parametry svítidel .....	3
4.1.1. Světelný tok svítidla .....	3
4.1.2. Účinnost svítidla .....	3
4.1.3. Křivky svítivosti svítidel .....	3
4.1.4. Úhel clonění .....	3
4.2. Základní principy usměrnění světelného toku .....	3
4.2.1. Reflektory .....	3
4.2.2. Refraktory .....	3
4.2.3. Rozptylovače .....	3
4.3. Třídění svítidel .....	3
4.4. Konstrukční prvky svítidel .....	3
4.5. Racionalizační trendy v oblasti svítidel .....	3
<b>5. VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ</b> .....	<b>3</b>
5.1. Úvod .....	3
5.2. Základní pojmy a členění .....	3
5.2.1. Členění osvětlení .....	3
5.2.2. Základní prvky veřejného osvětlení .....	3
5.2.3. Základní názvosloví .....	3
5.3. Návrh veřejného osvětlení dle dosud platných norem ČSN .....	3

5.3.1.	Základní požadavky .....	3
5.3.2.	Zatřídění komunikace .....	3
5.3.3.	Přirazení stupně osvětlení .....	3
5.3.4.	Oslnění a adaptační pásma .....	3
5.3.5.	Geometrie osvětlovací soustavy, stožáry .....	3
5.3.6.	Doporučení pro osvětlení důležitých a nebezpečných míst .....	3
5.4.	Normy pro osvětlení pozemních komunikací a jejich aplikace .....	3
5.4.1.	Aktuální stav .....	3
5.4.2.	Některé rozdíly starého souboru a nové normy .....	3
5.4.3.	Kategorizace dle CEN/TR 13201-1 .....	3
5.4.4.	Třídy osvětlení dle ČSN EN 13201-2 .....	3
5.4.5.	Řešení problematiky rušivého světla .....	3
5.4.6.	Řešení problematiky osvětlení přechodů pro chodce .....	3
5.4.7.	Metodika měření osvětlení pozemních komunikací dle ČSN EN 13201-4 .....	3
5.4.8.	Fotometrická měření .....	3
5.4.9.	Nefotometrická měření .....	3
5.4.10.	Měření osvětlenosti .....	3
5.4.11.	Měření jasu .....	3
5.4.12.	Upozornění .....	3
5.5.	Příklad přiřazení parametrů osvětlení podle ČSN EN 13201-2 a CEN/TR 13201-1 .....	3
5.6.	Možnosti úspor v osvětlení pozemních komunikací .....	3
<b>6.</b>	<b>HODNOCENÍ OSLNĚNÍ U VENKOVNÍCH PROSTOR .....</b>	<b>3</b>
6.1.1.	Úvod .....	3
6.1.2.	Hodnocení oslnění u silničních komunikací .....	3
6.1.3.	Hodnocení oslnění u venkovních prostranstvích a sportech .....	3
<b>7.</b>	<b>ARCHITEKTONICKÉ OSVĚTLENÍ .....</b>	<b>3</b>
7.1.	Obecné požadavky .....	3
7.2.	Základní doporučení pro umístění svítidel .....	3
7.2.1.	Osvětlování budov s plochými fasádami .....	3
7.2.2.	Osvětlení vertikálně členěných fasád .....	3
7.2.3.	Osvětlení horizontálně členěných fasád .....	3
7.3.	Jakost architektonického osvětlení .....	3
7.4.	Vývoj architektonického osvětlení .....	3
7.5.	Postupy v osvětlování architektury .....	3
7.6.	Světelné zdroje pro osvětlování architektury .....	3
7.7.	Konfrontace světelných zdrojů .....	3
<b>8.</b>	<b>OSVĚTLENÍ TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ .....</b>	<b>3</b>
8.1.	Úvod .....	3
8.2.	Zásady osvětlování tunelů .....	3
8.3.	Osvětlení v jednotlivých pásmech tunelu .....	3
8.3.1.	Příjezdové pásmo .....	3
8.3.2.	Prahové pásmo .....	3
8.3.3.	Přechodové pásmo .....	3
8.3.4.	Vnitřní pásmo .....	3
8.3.5.	Výjezdové pásmo .....	3
8.4.	Závěr .....	3
<b>9.</b>	<b>OSVĚTLOVÁNÍ SPORTOVIŠŤ .....</b>	<b>3</b>
9.1.	ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť .....	3
9.1.1.	Názvosloví .....	3
9.1.2.	Definice .....	3

9.1.3.	Srovnávací síť bodů pro výpočet a měření .....	3
9.1.4.	Rozmístění výpočetních bodů pro víceúčelová sportoviště .....	3
9.1.5.	Udržovací činitel .....	3
9.1.6.	Bezpečnostní osvětlení .....	3
9.1.7.	Omezení oslnění .....	3
9.1.8.	Všeobecné požadavky na osvětlení sportovišť .....	3
9.1.9.	Zvláštní požadavky pro barevnou televizi .....	3
9.1.10.	Tabulky požadavků na jednotlivé druhy sportů .....	3
9.2.	Osvětlení sportovišť jako součást VO .....	3
9.2.1.	Úvod .....	3
9.3.	Úspory .....	3
9.3.1.	Volba světelných zdrojů .....	3
9.3.2.	Volba svítidel (světlometů) .....	3
9.3.3.	Údržba .....	3
<b>10.</b>	<b>PROJEKTOVÁNÍ A VÝSTAVBA ZAŘÍZENÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....</b>	<b>3</b>
10.1.	Předpisy pro projektování a výstavbu .....	3
10.2.	Stupně a důležitost kvality projektové dokumentace veřejného osvětlení (VO) ...	3
10.3.	Projektování staveb VO v památkových chráněných územích .....	3
10.4.	Výstavba nového zařízení VO .....	3
10.4.1.	Práce před zahájením stavby .....	3
10.4.2.	Práce v průběhu stavby .....	3
10.4.3.	Práce v závěru stavby .....	3
10.4.4.	Práce po předání a převzetí stavby - ukončení investiční stavby .....	3
<b>11.</b>	<b>PROVOZ, SPRÁVA A ÚDRŽBA VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....</b>	<b>3</b>
11.1.	Světelně technický návrh .....	3
11.1.1.	Vypracování světelně technického návrhu .....	3
11.1.2.	Posuzování světelně technického návrhu osvětlení komunikace .....	3
11.2.	Provoz a řízení veřejného osvětlení .....	3
11.3.	Řídící činnost vlastníka VO .....	3
11.3.1.	Definice majetku VO, nabývání a pozbývání majetku VO .....	3
11.4.	Činnost správce VO .....	3
11.4.1.	Obsah a zajištění výkonu správy VO a poruchového dispečinku VO .....	3
11.4.2.	Vedení pasportizace VO .....	3
11.5.	Údržba VO a její členění .....	3
11.5.1.	Běžná údržba .....	3
11.5.2.	Preventivní údržba .....	3
11.5.3.	Škody na zařízení VO .....	3
11.5.4.	Centrální dispečink a pohotovostní poruchová služba .....	3
11.5.5.	Revize VO .....	3
11.6.	Specifické otázky provozu VO .....	3
11.6.1.	Využití podpěr .....	3
11.6.2.	Připojování jiných odběrů na rozvod VO .....	3
11.6.3.	VO a veřejná zeleň .....	3
11.6.4.	Provoz a údržba slavnostního (architekturního) osvětlení .....	3
11.6.5.	Provoz a údržba vánočního osvětlení .....	3
11.7.	Nakládání s odpady .....	3
<b>12.</b>	<b>EKONOMICKÉ HODNOCENÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....</b>	<b>3</b>
12.1.	Provozní náklady .....	3
12.1.1.	Náklady na spotřebovanou elektrickou energii .....	3
12.1.2.	Náklady na zajištění údržby VO .....	3

---

12.2.	Investiční náklady staveb VO .....	3
12.2.1.	Předběžný odhad investičních nákladů celkové rekonstrukce VO .....	3
<b>13.</b>	<b>RUŠIVÉ SVĚTLO VE VEŘEJNÉM OSVĚTLENÍ .....</b>	<b>3</b>
13.1.	Úvod .....	3
13.2.	Kategorizace rušivého světla .....	3
13.2.1.	Závojevý jas oblohy .....	3
13.2.2.	Oslnivé světlo – oslnění .....	3
13.2.3.	Světelný přesah.....	3
13.3.	Zdroje rušivého světla .....	3
13.4.	Hodnocení projevů rušivého světla .....	3
13.4.1.	Hodnocení závojevového jasu noční oblohy .....	3
13.4.2.	Hodnocení oslnění ve venkovním osvětlení .....	3
13.4.3.	Hodnocení světelného přesahu.....	3
13.5.	Zákon o ovzduší .....	3
13.6.	Mezinárodní doporučení.....	3
13.7.	Výpočet poměrného nevyužitého světelného toku horním poloprostoru (UWLR).....	3
13.8.	Prostředky omezující projevy rušivého světla .....	3
<b>14.</b>	<b>PŘÍLOHOVÁ ČÁST.....</b>	<b>3</b>
14.1.	Příloha č. 1 - Základní názvosloví v oboru veřejného osvětlení .....	3
14.2.	Příloha č. 2 - Přehled zákonů, vyhlášek, norem a předpisů .....	3
14.3.	Příloha č. 3 - Příklady světelných zdrojů pro použití ve venkovním osvětlení .....	3
14.4.	Příloha č. 4 - Příklady svítidel venkovního osvětlení.....	3
14.5.	Příloha 5: Příklady osvětlovacích soustav venkovního osvětlení .....	3
14.6.	Příloha 6: Regulace osvětlení.....	3
14.7.	Příloha 7: Vybrané racionalizační trendy v oblasti VO.....	3
<b>15.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>3</b>
<b>16.</b>	<b>OBSAH.....</b>	<b>3</b>