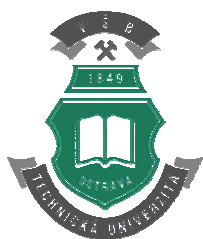


Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky



***DOMINANTNÍ VLIVY OVLIVŇUJÍCÍ
SPOTŘEBU ELEKTRICKÉ ENERGIE
OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV***



Karel Sokanský a kolektiv

OSTRAVA 2007

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu (program EFEKT) na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 – odstavec G2 – publikace, příručky a informační materiály v oblasti úspor energie.

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

Ing. Tomáš Novák, Ph.D.

Ing. František Dostál

Ing. Alena Muchová

Jiří Voráček

Ing. Luděk Hladký

Ing. Zdislav Žwak

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 současnosti je umělé osvětlení v budovách zajišťováno pomocí elektřiny. Podíl spotřeby elektrické energie (dodané spotřebitelům) pro umělé osvětlení je v evropských zemích mezi 10 až 14 % a je předpoklad, že s rozšiřováním sortimentu kvalitnějších a efektivnějších zdrojů světla a svítidel se bude v dlouhodobém výhledu mírně snižovat. V ČR je podíl spotřeby elektrické energie (dodané spotřebitelům) pro umělé osvětlení cca 11 %.

Průměrná roční spotřeba elektrické energie v ČR za rok 2006 byla 59,4 TWh. **To znamená, že roční spotřeba elektrické energie v ČR pro osvětlování je více než 6,5 TWh.**

Význam umělého osvětlení vyplývá i ze skutečnosti, že tento druh spotřeby elektřiny velmi výrazně ovlivňuje celkovou spotřebu elektrické energie v době energetických špiček a to zejména v zimním období. Potvrzují to i výsledky odborných šetření a průzkumu Státní energetické inspekce, podle níž **se umělé osvětlení může na maximum odběru výkonu elektrizační soustavy ČR podílet i více než 20-ti %.**

I z tohoto důvodu je nezbytné neustále narůstající kvantitativní a kvalitativní požadavky na umělé osvětlení řešit s maximální hospodárností při respektování hlediska minimalizace energetické náročnosti.

Cílem této příručky je seznámit odbornou i laickou veřejnost s možnostmi snižování energetické náročnosti osvětlovacích soustav. Osvětlovací soustavy nás v běžném životě doprovázejí na každém kroku, tudíž je nutné v rámci publikace rozebrat jak osvětlovací soustavy pro vnitřní osvětlování, tak soustavy pro venkovní prostředí. V obou případech se především jedná o možnostech svítidel a světelných zdrojů a možnostech jejich řízení a údržby.

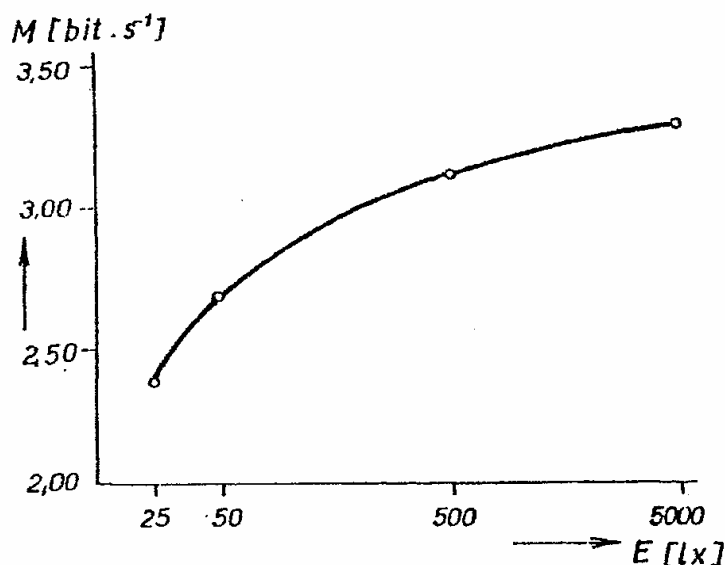
Příručka se věnuje i novým možnostem v oblasti osvětlování, které se v poslední době prosazují díky rozmachu nových technologií (zejména informačních a polovodičových).

1.1. Zrakový systém z pohledu množství přenášené informace

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 rozpoznávání.**

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 okolo 50 lx, než zvyšování poměrně vysokých osvětleností v oblasti nad 500 lx. Tyto skutečnosti je třeba mít na zřeteli při navrhování osvětlovacích soustav umělého osvětlení z pohledu maximální efektivity využití spotřebované energie. To znamená, že je nutné mít na zřeteli transformování elektrické energie na množství přenášené informace, nikoliv přímo transformaci elektrické energie na světlo. Křivka závislosti množství přenášeného výkonu totiž ukazuje, že navrhování osvětlovacích soustav na osvětlenosti vyšší než 5 000 lx má smysl pouze v odůvodněných případech (např. operační sály, atd.).



Obr. 1. 1. Závislost množství přenášené informace na osvětlenosti

1.2. Základní světelně-technické veličiny a pojmy z pohledu jejich vlivu na spotřebu elektrické energie

➤ **Měrný světelný výkon** $[\eta_v] = \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ (lumen na watt)

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

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad [\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}; \text{lm}, \text{W}], \quad (1.1)$$

kde

Φ je světelný tok

P je 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 trubici o výkonu 36 W má při provozu s klasickým předřadníkem příkon cca o 5 W vyšší. Navýšení příkonu pokrývá ztráty v předřadníku (tlumivce). Měrný výkon má zásadní vliv na velikost spotřebované energie.

- **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 se spojitým spektrem světla má teplotu chromatičnosti 2700 K, zatímco zářivka se světlem podobným dennímu má teplotu chromatičnosti 6000 K.

Tato veličina má výrazný vliv na vhodnost použití světelného zdroje pro konkrétní zrakové činnosti. Se zvyšující se teplotou chromatičnosti určitého typu světelného zdroje klesá díky křivce spektrální citlivosti lidského oka jeho světelný tok, tedy i měrný světelný výkon a naopak.

- **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 ÷ 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. Například pro pracoviště ve vnitřních prostorách s trvalým pobytem osob je předepsán index podání barev vyšší než 80. Obecně platí že u konkrétních typů světelných zdrojů má zvyšující se index podání barev vliv na snížení světelného toku a tedy měrného světelného výkonu.

- **Život světelného zdroje [T] = 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 dobu 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.

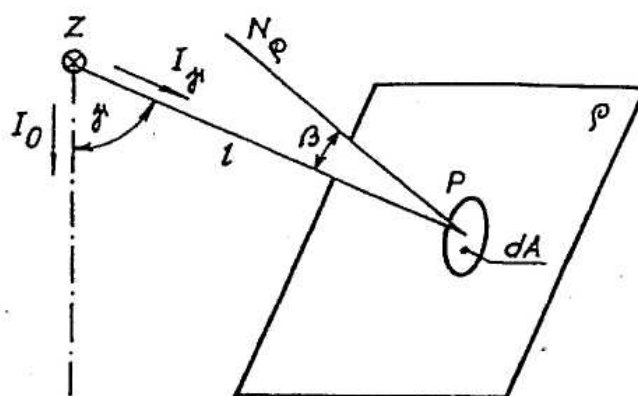
Fyzický život je celková doba svícení do okamžiku úplné ztráty provozuschopnosti (např. u žárovek do přerušování vlákna, u výbojek do ztráty schopnosti zapálit výboj).

Je zřejmé, že čím větší je doba života světelného zdroje, tím jsou menší i náklady na údržbu osvětlovacích soustav.

➤ Čtvercový a kosinův zákon

Osvětlenost od bodového zdroje v daném bodě lze vypočítat pomocí čtvercového a kosinova zákona (viz *Obr.1.2*) dle následujícího vztahu (1.2). Tento vztah je nutno chápat tak, že osvětlenosti ubývá s kvadrátem vzdálenosti. Při navrhování osvětlovacích soustav je tedy vždy nutné vycházet z minimální možné závěsné výšky svítidel tak, aby nedocházelo k oslňování a byly také dodrženy požadavky na rovnoměrnost osvětlení. Vztah (1.2) také vypovídá o tom, že osvětlenosti ubývá podle goniometrické funkce kosinus pokud se bude zvyšovat úhel β dle *Obr.1.2*.

$$E_{p\rho} = \frac{I_{\gamma} \cdot \cos \beta}{l^2} \quad [\text{lx; cd, m}] \quad (1.2)$$



Obr. 1.2 Osvětlenost od bodového zdroje

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.

➤ Světelně technické vlastnosti látek

Světelný tok Φ , který dopadá na povrch nějakého tělesa se od tohoto povrchu částečně odrazí Φ_{ρ} , částečně projde Φ_{τ} a část tohoto toku je tělesem pohlcena Φ_{α} . Činitelé odrazu ρ , propustnosti τ a pohlcení α jsou dány vztahy:

$$\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi} \quad [-; \text{lm, lm}] \quad (1.3)$$

$$\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi} \quad [-; \text{lm, lm}] \quad (1.4)$$

$$\alpha = \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi} \quad [-; \text{lm, lm}] \quad (1.5)$$

Mezi těmito činiteli platí vzájemná souvislost, kterou lze chápat jako zákon o zachování energie.

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \quad (1.6)$$

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. Jde o rovnoměrně rozptylný, neboli **difuzní odraz**. Svítivost takového ideálního rozptylovače je maximální v kolmém směru. V ostatních směrech je svítivost I_γ určena kosinovým zákonem viz. vztah (1.2).

U difuzních povrchů je důležitá souvislost mezi jejich osvětleností E , jasnem L a odrazností povrchu ρ .

$$\pi \cdot L = \rho \cdot E \quad [\text{cd.m}^{-2}; -, \text{lx}] \quad (1.7)$$

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 prošlé paprsky vycházejí v původním, i když rovnoběžně posunutém směru. Mnohé látky však jimi prošlý světelný tok částečně nebo úplně rozptylují. V případě ideálního rovnoměrně rozptylného prostupu světelných paprsků se rozložení svítivosti řídí také kosinovým zákonem. To znamená, že světelně-technické vlastnosti takového povrchu jsou pak stejné, jako vlastnosti povrchu difúzně odrážejícího.

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.

Odravné a propustné vlastnosti látek mají výrazný vliv na celkový příkon osvětlovacích soustav a to zejména u malých vnitřních prostor, kde vlivem odraznosti povrchů, dochází na základě mnohonásobných odrazů ke zvýšení osvětlenosti na srovnávací rovině.

2. ÚČINNOST SVÍTIDEL A MOŽNOSTI JEJÍHO ZVYŠOVÁNÍ

Svítidla jsou elektrické přístroje, které tvoří základní prvky osvětlovacích soustav. Skládají se z částí světelně činných, částí konstrukčních a částí elektrických. Světelně činné části slouží ke změně rozložení světelného toku, k rozptylu světelného toku, k zábraně oslnění, snížení jasu, popřípadě ke změně spektrálního rozložení světla. Konstrukční části svítidla slouží k upevnění světelného zdroje, k upevnění světelně činných částí, k instalaci elektrických částí, ke krytí světelných zdrojů, světelně-činných a elektrických částí, před vniknutím cizích předmětů a vody a k ochraně před nebezpečným dotykovým napětím. Svítidla musí splňovat podmínky jednoduché a snadné montáže, jednoduché údržby, dlouhého života a spolehlivosti.

2.1. Světelně technické parametry svítidel

2.1.1. Světelný tok svítidla

Světelný tok svítidla Φ_{SV} , který je svítidlem opticky upravena, je dán rozdílem světelného toku všech zdrojů Φ_Z umístěných ve svítidle a světelného toku ztraceného Φ_{ZTR} , který se ztratil při optickém zpracování.

2.1.2. Účinnost svítidla

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

$$\eta_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z}, \quad [-; \text{lm}, \text{lm}] \quad (2.1)$$

kde

Φ_{sv} ... světelný tok svítidla

Φ_z ... světelný tok všech zdrojů světla ve svítidle

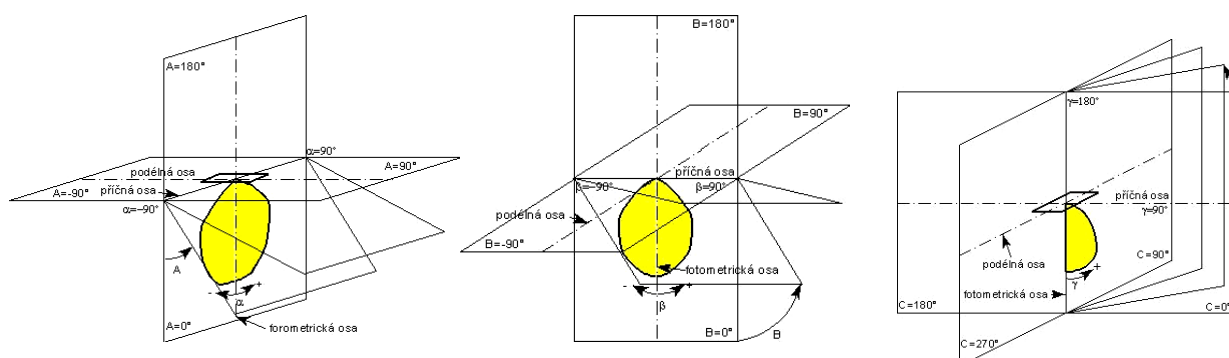
Maximální účinnost by měl z tohoto hlediska holý světelný zdroj v objímce. Ten však není možné použít s ohledem na oslnění, nevhodné směřování vyzařovaného světelného toku a nedostatečnou ochranu před povětrnostními vlivy a mechanickým poškozením. Z hlediska maximálního využití dodávané elektrické energie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

Upozornění - zářivky mají světelný tok závislý na teplotě a dle CIE se pro zářivková svítidla definuje optická a provozní účinnost. Optická účinnost se stanovuje z hodnot světelného toku svítidla a zdrojů při provozních teplotách. Provozní účinnost je určena světelným tokem svítidla při provozní teplotě a tokem zdroje při jmenovité teplotě, která se uvažuje pro zářivky 25 °C.

2.1.3. Svítivost svítidel

Prostorové rozložení svítivosti svítidla 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- γ . U svítidel s rotačně symetrickou plochou svítivosti postačí křivka v jedné fotometrické rovině. U zářivkových svítidel se zpravidla udávají dvě křivky a to v rovinách C₀ a C₉₀. U venkovních svítidel se z důvodů zábrany oslnění předepisují pro dané stupně oslnění maximální hodnoty svítivosti a to pro určité směry ve vybraných rovinách v soustavě C- γ . Rozložení svítivosti daného svítidla lze též znázornit pomocí izokandelového diagramu.



Obr. 2.1: Křivky svítivosti ve fotometrických systémech A-a, B- β , C- γ

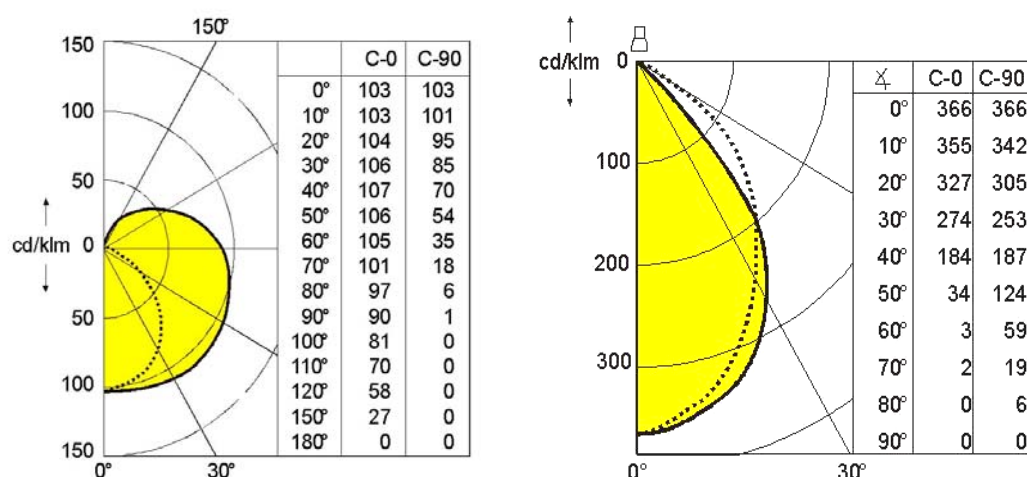
Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti

Pro vystižení tvaru křivky svítivosti svítidla se používá činitel tvaru křivky K_F a úhlové pásmo maximální svítivosti. Činitel tvaru křivky je dán poměrem maximální svítivosti I_{max} a střední svítivosti I_{stř} dle vztahu:

$$K_F = \frac{I_{\max}}{I_{\text{stř}}} \quad [-; \text{cd, cd}] \quad (2.2)$$

Tab. 2.1: Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti

Tvar křivky svítivosti		Úhlové pásmo maximální svítivosti [°]	Činitel tvaru 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 $I_{\min} < 0,7 I_{\max}$



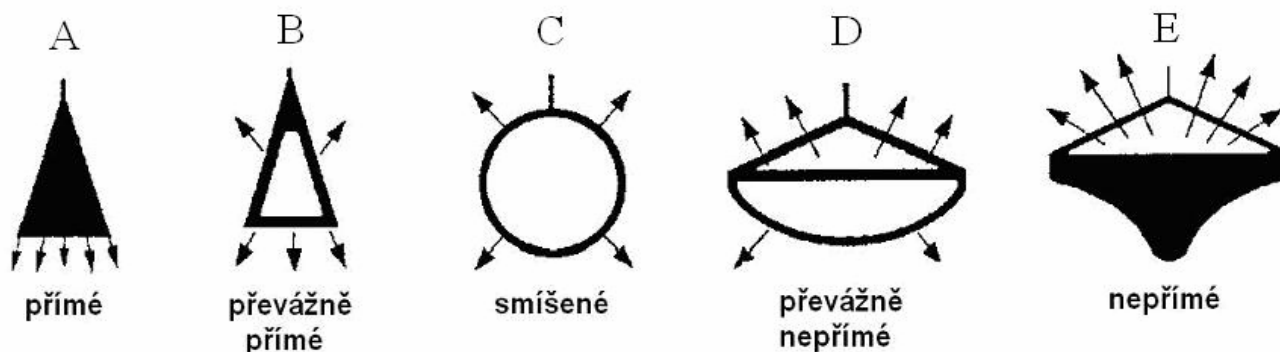
Obr. 2.2 Příklad y křivek svítivosti

Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti lze provádět nejen podle činitele tvaru křivky, ale také podle rozložení světelného toku do horního a dolního poloprostoru (viz. Tab. 2.2 a Obr. 2.3) a podle tzv. BZ – klasifikace svítidel (svítidla jsou rozdělena podle tvaru křivek svítivosti do 10-ti tříd, jak je zřejmé z Tab. 2.3).

Tab. 2.2: 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. 2.3: Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

Tab. 2.3: 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	$I_\gamma = I_0 \sin \gamma$

2.1.4. Jas svítidel

Jas svítidla je definován jako podíl svítivosti v daném směru a velikosti průmětu svítící plochy do roviny kolmé ke směru pozorování viz vztah (2.3).

$$L_\gamma = \frac{I_\gamma}{A \cdot \cos \gamma}, \quad [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^2], \quad (2.3)$$

kde

I_γ je svítivost svazku světelných paprsků (svítící plochy)

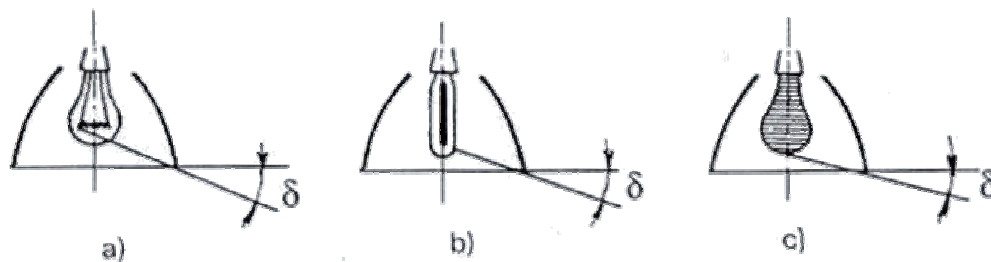
$A \cdot \cos \gamma$ je velikost průmětu pozorované svítící plochy

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

Snižování jasů za účelem zmenšení oslnění v kritických úhlech pohledu se u svítidel provádí dvěma způsoby. První způsob spočívá ve zvětšení průmětu světelně činné plochy pod pozorovaným kritickým úhlem (použití difuzorů). Druhý způsob omezuje svítivost do daného úhlu použitím vhodně tvarovaných mřížek.

2.1.5. Úhel clonění

Úhel clonění δ , 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.



Obr. 2.4: Úhel clonění u svítidla.

- a) žárovkové svítidlo
- b) výbojkové svítidlo s výbojkou s čirou baňkou
- c) svítidlo s výbojkou opatřenou luminoforem nebo s opálovou žárovkou

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

2.1.6. 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 na vnitřní a venkovní.

Podstatou třídění svítidel je rozbor jejich světelně-technických vlastností. Nejjednodušší světelně technické třídění svítidel je třídění založené na prostorovém rozložení světelného toku do horního a dolního poloprostoru a na definování tvaru křivky svítivosti viz. kapitola 2.1.3.

Rozdělení svítidel podle elektrotechnických vlastností odpovídá elektrotechnickým předpisům. Podle ochrany před nebezpečným dotykovým napětím tak lze v souladu ČSN EN 60 598-1 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, je-li svítidlo instalováno a připojeno pro normální používání, 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 dvojčíslicím. 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 dovolené 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 životnosti optického systému svítidla a snížení nákladů na jeho údržbu (čištění).

Tab. 2.4: 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

Použití svítidel do určitého prostředí musí být dáno platnými normami ČSN EN. Zvláštní kategorii tvoří svítidla v nevybušném provedení, která se mohou používat v prostorách s nebezpečím výbuchu, např. v dolech.

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

2.1.7. Konstrukční prvky svítidel

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

- světelnou stálost,
- teplotní stálost,
- odolnost proti korozi,
- mechanickou 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.

Tepelotní 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 také ovlivňuje vzhled a světelně technické vlastnosti materiálu. Aby bylo vyhověno přípustným podmínkám použití, požadovaným světelně-technickým 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 tři skupiny:

- světelně-technické (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.



Obr. 2.5: Příklad světelně činné části svítidla pro osvětlování komunikací

Pro propustné materiály ve světelně činných částech svítidel se používají:

- křemenné sklo (čiré sklo, katedrálové 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, svítidlové krabice, předřadné přístroje, zapalovače a 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, které 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.

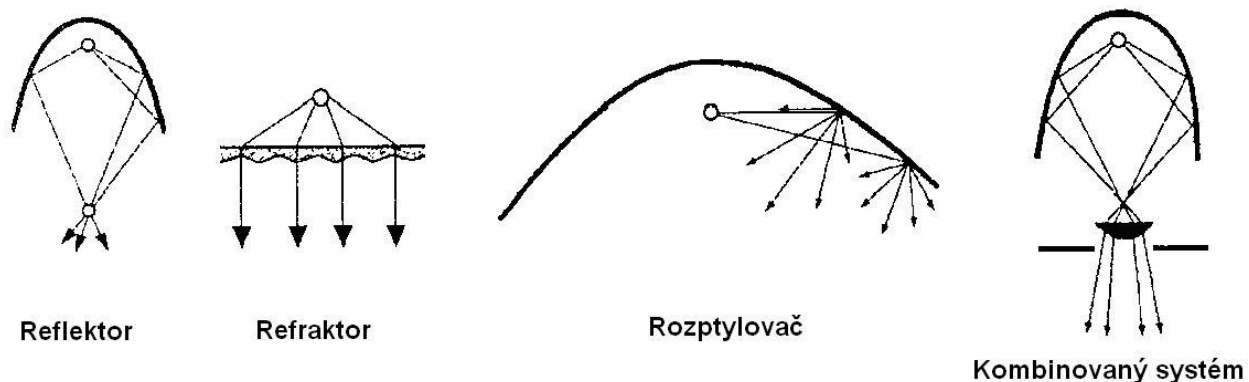
2.2. Možnosti zvyšování účinnosti svítidel

Účinnost svítidel lze zvyšovat dvěma způsoby:

- zvyšováním účinnosti optických částí,
- snižováním ztrát v elektrických částech.

2.2.1. Základní principy usměrnění světelného toku

U většiny svítidel se k usměrnění světelného toku světelných zdrojů používají následující principy viz Obr. 2.6.



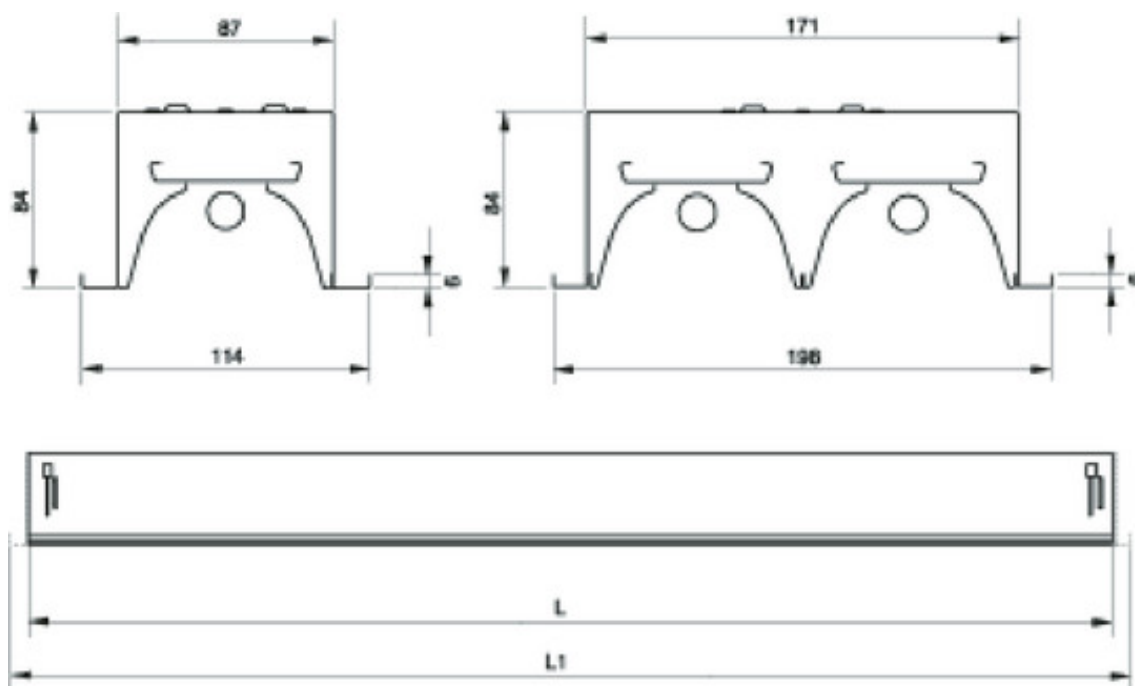
Obr. 2.6: Základní typy světelně aktivních ploch

2.2.2. 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 98% (ALANOD - MIRO SILVER).

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

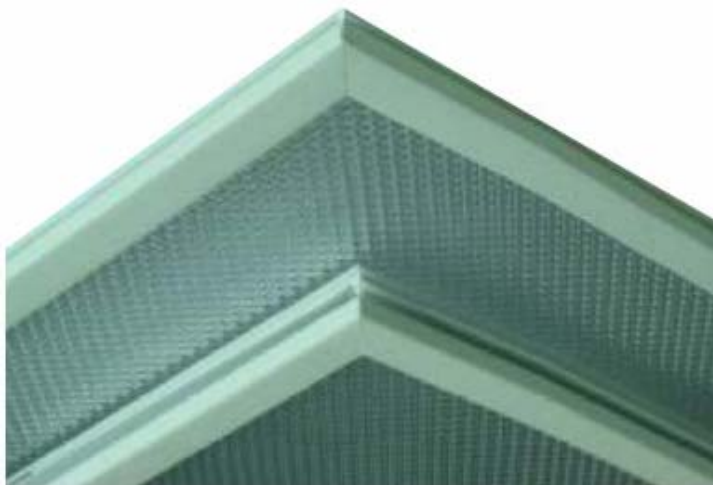
Pro navrhování reflektorů je nejdůležitější, kromě již výše zmíněné volby vysoce odrazných materiálů, také kvalitní tvarování reflektoru. Toto tvarování souvisí s minimem počtu odrazů světelného paprsku na reflektorové ploše, zamezení zpětného odrazu světelného paprsku směrem do světelného zdroje (toho lze také docílit zmenšováním světelných zdrojů – např. současný trend zmenšování průřezů zářivkových trubíc z 26 mm – T8 na 16 mm – T5 – viz. Obr. 2.7.) a také s jeho distribucí do místa zrakového úhlu (křivka svítivosti).



Obr. 2.7: Zářivkové reflektorové svítidlo osazené světelným zdrojem T5 z důvodu minimálního stínění zdroje samotného

2.2.3. Refraktory

Světelný tok se zde neusměrňuje pomocí odrazných vlastností použitých materiálů, ale k jeho usměrnění dochází díky propustným vlastnostem optických materiálů.



Obr. 2.8: Příklad typu 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 avšak 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 na směru prostupu (délece prostupu) světelného paprsku a lze ji korektně vyčíslit spektrofotometrickým měřením.

Vezmeme-li v potaz, že propustnost jednoho čirého tabulového okenního skla v přímém směru je 92 %, pak všechny průsvitné neprůhledné materiály mají propustnost ještě menší. Srovnáme-li nejlepší propustnost 92 % s nejlepšími odraznými vlastnostmi reflektorů 95%, pak dojdeme k závěru že účinnosti refraktorových svítidel jsou obecně nižší, než účinnosti svítidel s reflektorovým usměrněním světelného toku.

Při návrhu svítidel s refraktory, je z hlediska jejich účinnosti nutné dbát kromě volby materiálů s maximální účinností i na fakt, že světelný paprsek by v tomto materiálu měl urazit co nejkratší cestu. To znamená, že refraktor by pokud možno měl být umístěn kolmo na dopadající paprsky jdoucí ze světelného zdroje a být co nejtenčí.

2.2.4. 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 materiály, které difuzně odrážejí 60 - 90% dopadajícího světelného toku (zbytek zrcadlově). Nejlepší materiály s difuzním odrazem dosahují podobně jako materiály se zrcadlovým odrazem vysokou celkovou odraznost až 94%.

Vzhledem k nejlepším vlastnostem difuzorů (celková odraznost až 94%) se tyto materiály při výrobě svítidel hojně používají. Jejich základní přednost tkví v tom, že nejsou kladeny tak vysoké nároky na přesnost tvaru odrazné plochy (zamezení ostrých zlomů v křivkách svítivosti). Svítidla díky svým vlastnostem vykazují rovnoměrný jas a to jako svítidla refraktorová a ve většině případů (spojeno s velkým průmětem světelně-činné plochy) neoslňují.

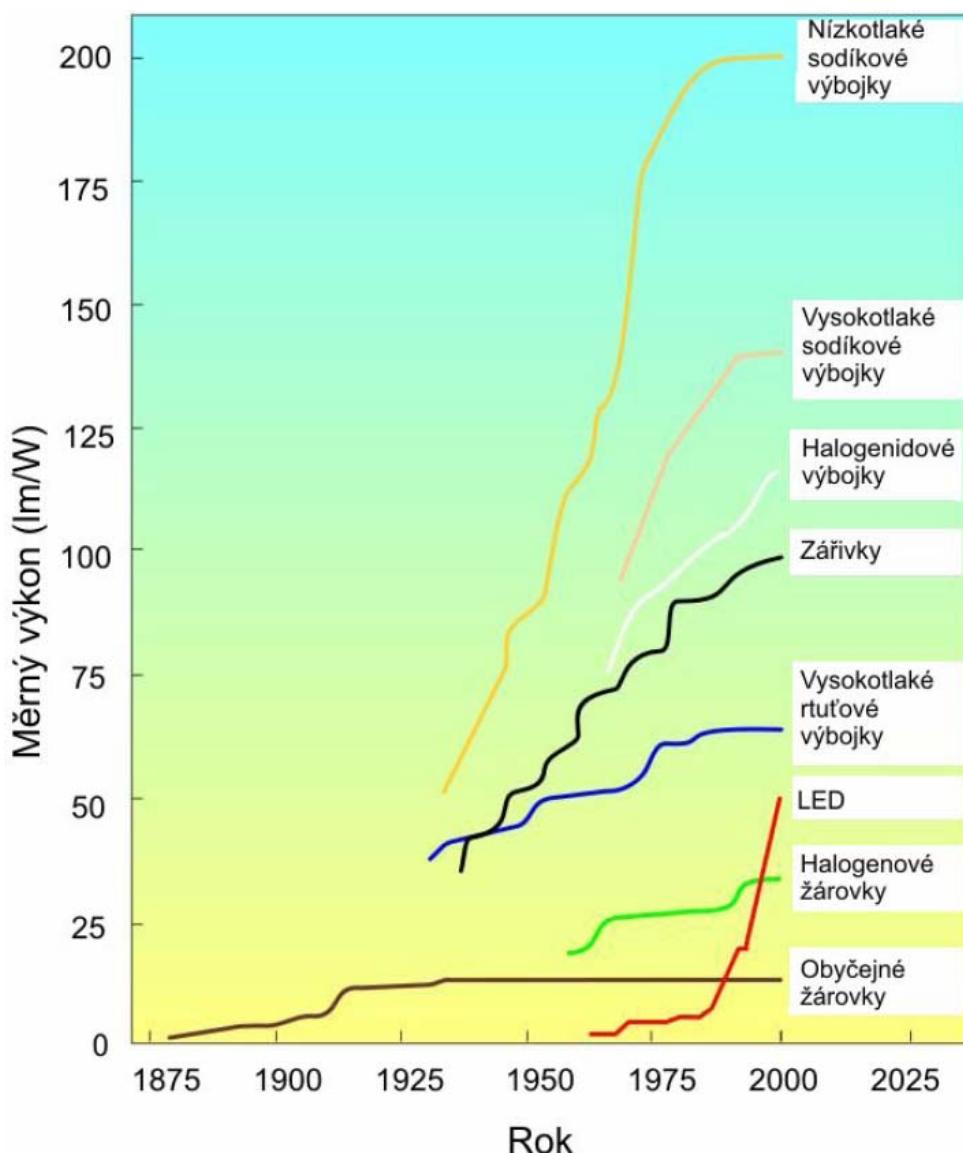


Obr. 2.9: Příklad svítidla s rozptylovačem

3. VHODNÁ VOLBA SVĚTELNÝCH ZDROJŮ Z POHLEDU KVALITATIVNÍCH A KVANTITATIVNÍCH PARAMETRŮ

Jednou z nejdůležitějších oblastí ovlivňujících spotřebu elektrické energie osvětlovacích soustav jsou světelné zdroje. Mezi hlavní parametry, které se u světelných zdrojů sledují patří **měrný výkon**, doba života, index podání barev, **možnost stmívání** a rozměry.

Na Obr. 3.1 jsou uvedeny měrné výkony 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 od doby zavedení do výroby až po dnešní dny.



Obr. 3.1: Vývoje měrných výkonů světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování

3.1. Základní parametry světelných zdrojů

Parametry světelných zdrojů lze rozdělit na kvantitativní a kvalitativní:

- Mezi kvantitativní parametry patří vyzařovaný světelný tok Φ a elektrický příkon P . Pro vzájemné porovnání světelných zdrojů je velmi důležitou veličinou **měrný výkon η_v** . 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 , podle indexu 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 (-). Podání barev je uspokojivé, je-li R_a větší než 40 a za dobré je považováno je-li R_a větší než 80. Požadavky na index podání barev upravují normy zabývající se osvětlováním konkrétních prostorů (ať už vnitřních či venkovních).

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.

3.2. 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.



Obr. 3.2: Příklad bodové žárovky

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. 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 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.

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.

I světelné zdroje jako žárovky se v současnosti stále inovují. Dělají se pokusy na snížení emise wolframových spirál s povlaky z hafnia. Moderní a účelné jsou zejména reflektorové multivrstvy baněk žárovek, u kterých zpětný odraz infračerveného záření vyhřívá vlákno. Relativně nové jsou také žárovky multimirror s průměrem 51 mm na síťové napětí. Tyto zdroje byly vyvinuty na základě vylepšení vlastností spirál tak, aby se dosáhlo vyšší mechanické stability vlákna.

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.

Na základě výše uvedeného technického popisu žárovek je zřejmé, že tyto světelné zdroje mají nejen minulost, ale také současnost a budoucnost. Jejich použití směřuje zejména do oblastí, kde je nutný okamžitý náběh světelného zdroje na 100% světelného toku (chodby, sociální zařízení, atd...) a kde jsou vysoké nároky na index podání barev a teplou barvu světla (společenské a reprezentativní prostory). Energetických úspor se dá dosahovat jejich stmíváním a kombinací s pohybovými čidly, kdy tyto světelné zdroje, které jsou relativně odolné vůči častému spínání, pracují pouze v omezených časech při častém střídání obsluhy v osvětlovaných prostorech.

3.3. Halogenové žárovky

Halogenové žárovky jsou velmi kompaktní světelné zdroje, z čehož vyplývají široké možnosti jejich použití, zejména v oblasti přesného směřování světelných paprsků. Mají měrný výkon o cca 100 % 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 halovým prvkem a vytváří halogenid a vlivem teplotního pole se wolfram vrací chaoticky zpět na vlákno. Tím se nejen zvyšuje světelný tok, ale prodlužuje se také doba života halogenových žárovek.



Obr. 3.3: Příklad halogenové žárovky

Kruhový proces je základem pro následující výrazné přednosti halogenových žárovek:

- s rostoucí teplotou vlákna roste světelný tok,
- vlivem obnovy povrchu vlákna roste doba životnosti,
- tím že nedochází k usazování wolframu na povrchu baňky, nedochází ke snižování světelného toku během doby životnosti,
- kompaktní tvar musí odpovídat tepelným požadavkům kruhového procesu.

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 $22 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ a doba života se udává okolo 2000 hodin.

Halogenové žárovky s reflektory se vyrábějí pro různé úhly vyzařování např. 10° , 12° , 25° , 36° a 60° . 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 vyzařovaném záření asi na 66 %, což je výhodné zejména při osvětlování předmětů, které jsou citlivé na infračervené záření.

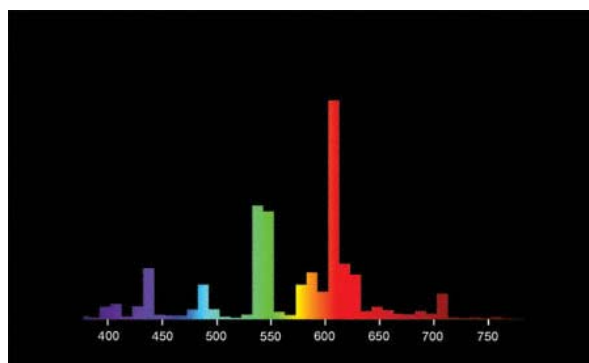
Moderní halogenové žárovky procházejí etapou bouřlivého vývoje. Používají reflexní selektivní povrchy - multivrstvy pro zpětný odraz tepelného záření na vlákno, jehož cílem je zvýšení měrného výkonu halogenových žárovek. Z podobných důvodů je do baněk moderních halogenových žárovek dávkován i xenon. 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.

Energetických úspor lze dosahovat, stejně jako u klasických žárovek stmíváním a použitím v situacích s krátkou dobou provozu a častým spínáním. Na rozdíl od klasických žárovek je jejich teplota chromatičnosti vyšší a jejich světlo studenější. Z tohoto důvodu lze tyto světelné zdroje používat v reklamním osvětlování (v kombinaci s výše uvedenými speciálními odraznými a pohltivými plochami i v oblasti osvětlování muzeálních historicky cenných předmětů).

3.4. Kompaktní zářivky

Tyto světelné zdroje mají tyto čtyři základní výhody:

- produkují světelný tok s vyšším indexem podání barev,
- ve srovnání s žárovkami dosahují výrazné úspory energie,
- dobře vypadají (velká vyzařovací plocha – nízké jasy),
- ve srovnání s žárovkami mají výrazně vyšší dobu života.



Obr. 3.4: Příklad 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. Měrný výkon kompaktních zářivek je v porovnání s běžnými typy žárovek přibližně pětinasobně vyšší. Současně dosahovaná střední doba života kompaktních 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,
- kompaktní zářivky pro zvlášť malá svítidla,
- kompaktní zářivky jako zmenšená alternativa lineárních zářivek. Jsou s nebo bez zabudovaného zapalovače.

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.

Výraznou nevýhodou kompaktních zářivek v porovnání s žárovkami, je rychlost jejich startu. 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). Další výrazná nevýhoda při provozu kompaktních zářivek je jejich vysoká teplotní závislost, ze které vyplývá nevhodnost použití takovýchto světelných zdrojů v oblastech s nízkými teplotami. V našich zeměpisných šířkách

se do těchto prostor řadí i venkovní prostory, ve kterých v zimních měsících klesá teplota výrazně pod bod mrazu. V okolí této teploty se pohybuje světelný tok zářivek na cca 30% jmenovitého světelného toku.

Trendy vývoje v oblasti kompaktních zářivek se specializují na tzv. 3/8“ technologii, kde se hledají řešení pro tvarované kompaktní zářivky a kompaktní zářivky s reflektorem či difuzorem. Také se pracuje na vývoji kompaktních zářivek s velkým příkonem (v současnosti např. 200 W s integrovaným předřadníkem), což umožňuje miniaturizaci svítidel a nasazování kompaktních zářivek i do aplikací, ve kterých se doposud používaly výbojky. Amalgámové technologie umožňují rozšíření použití v teplotách, které se výrazně odchyľují od teplot pokojových. Takovéto kompaktní zářivky jsou schopné produkovat 90% jmenovitého světelného toku v rozsahu teplot od 10-ti do 50-ti stupňů Celsia. Vývoj se také zaměřuje na stmívatelné kompaktní zářivky, kompaktní zářivky opatřené soumrakovým spínačem, či technologie omezující vliv spínacích cyklů.

Díky vysokému měrnému výkonu, lze dosahovat výrazných energetických úspor prostým nasazováním těchto světelných zdrojů místo žárovek. Je ovšem nutné dbát na nemalá rizika způsobená jinými rozměry, která mohou způsobit změnu distribuce světelného toku jdoucího ze svítidla. Dále je nutné také uvažovat s omezeními, která vznikají pomalým náběhem světelného toku, nižším indexem barevného podání (speciální aplikace), teplotní závislostí a pulzním odběrem proudu u takovýchto světelných zdrojů.

3.5. 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 žárovky se stejným světelným tokem.

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. 3.5: Příklad kruhové lineární zářivky

Jako všechny výbojky se ani zářivky neobejdou bez předřadných přístrojů. Po zapálení výboje 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, které plní stejnou funkci na vysoké frekvenci. 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 104 lm.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 stínění odrazných materiálů – zářivky T5 jsou o 40 % štíhlejší než zářivky T8 ,
- úspornější provoz 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. Při 30-ti spínacích cyklech denně může doba života poklesnout až na 50% jmenovité hodnoty. Nehodí se proto tam, kde dochází k častému zapínání a vypínání.

Doba života zářivek se mění i podle způsobu provozu. 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.

Na rozdíl od žárovek, u kterých světelný tok dosahuje jmenovité hodnoty téměř okamžitě, zářivky dosahují jmenovité hodnoty až po cca 2 min. provozu. Zářivky jsou také velmi teplotně závislé a proto se nehodí pro osvětlování venkovních prostorů, ve kterých dochází k poklesům teplot do oblasti bodu mrazu a níže.

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. 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), dosaženy odlišnou konstrukcí elektrod a ochranou vrstvou na baňce a luminoforu. Významné jsou také postoje k barvě světla zářivek pro zrakově nejnáročnější pracoviště. Očekává se optimalizace náhradní teploty chromatičnosti světelných zdrojů pro zrakově náročné práce v oblasti nad 6000 K.

3.6. Halogenidové výbojky

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 lm.W^{-1} .



Obr. 3.6: Příklad halogenidové výbojky

V křemenném hořáku vzniká cykl obdobný regeneračnímu cyklu jako u halogenových žárovek, ale opačný. Tlak rtuťových par je cca 0,5 MPa a tlak příměsí $1,33 \cdot 10^2$ Pa. Vnější baňka je z borosilikátového skla a hořák z křemenného nebo jiného speciálního 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 k inicializaci výboje používá vysokonapěťový impuls (standardně 4,5 kV). Výkonová řada začíná na 35 W a končí na 2000 W. Tvar baňky a patice se vyrábí v nejrůznějších konstrukčních provedeních (jednopaticové tubusové a eliptické, dvoupatičové, ...). Na jmenovité parametry světelného toku nabíhá výbojka cca po 10-ti minutách. Halogenidové výbojky se i přes relativně vysokou cenu začínají prosazovat hlavně tam, kde jsou vysoké požadavky na barevné podání. Jedná se o kinematografii a osvětlování sportovišť, kde se předpokládá televizní vysílání atd. Díky velkým příkonům a malým rozměrům (jednoduchá konstrukce odrazných ploch svítidel) se také využívají ve výrobních halách s vysokými závěsnými výškami svítidel (od cca 6ti metrů).

Za nový trend z oblasti vysokotlakých výbojových zdrojů se považuje halogenidová výbojka s hořákem z 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 vysokým měrným výkonem $85-95 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ a to i při malých příkonech a velmi dobrém podáním barev ($R_a \approx 90$).

Halogenidové výbojky jsou vzhledem k náročné technologii cca 4 krát dražší než vysokotlaké sodíkové výbojky a tudíž pro masové nasazení do systémů veřejného osvětlení nevhodné. Použití však nacházejí při osvětlování velkých prostranství a architektonickém osvětlování objektů.

Použití moderních halogenidových výbojek pro osvětlování bytů kanceláří a škol je v současné době již reálné. Při probíhající miniaturizaci (20, 35, 50W). Ustalování

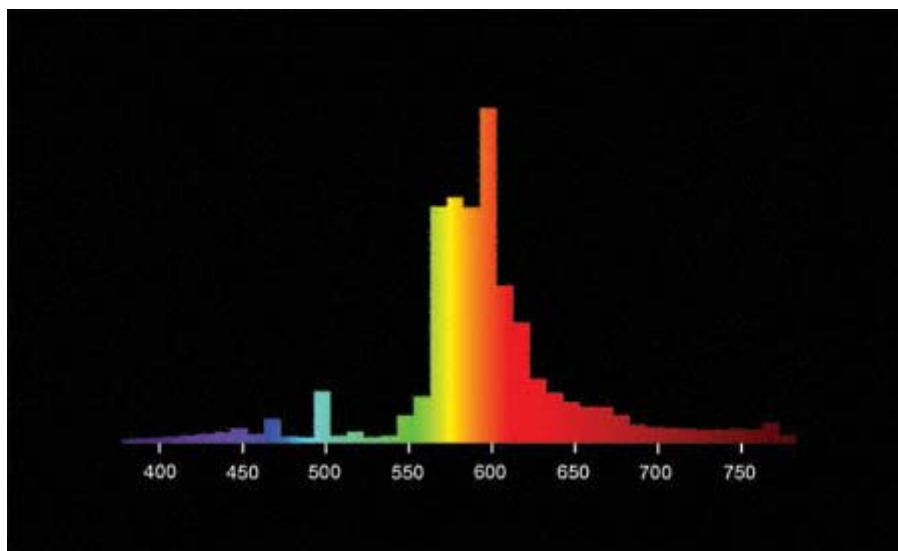
barevných parametrů během doby života a zvyšování indexu podání barev stále disponují nevýhodami, které zabraňují jejich masivnímu nasazování v těchto prostorech:

- nelze stmívat,
- relativně vysoké pořizovací náklady na osvětlovací soustavy,
- nemožnost okamžitého znovuzápalu u teplých výbojek,
- pomalý náběh na 100 % světelný tok (cca 4 min),
- nižší doba života než u zářivek.

Energetické úspory lze u těchto světelných zdrojů dosahovat zejména v nasazování na osvětlování vnitřních pracovních prostor s vysokými závěsnými výškami, u kterých je kvalitativní normativní požadavek (ČSN EN 12464-1) na index podání barev vyšší než 80. Tyto úspory jsou dosahovány na základě výše uvedených vlastností, které dovolují jednoduché směřování světelného toku těchto světelných zdrojů. Stmívání při kombinovaném provozu je řešeno přepínáním okruhů těchto svítidel.

3.7. Vysokotlaké sodíkové výbojky

Výboj v parách sodíku je ze světelně technického hlediska velmi zajímavý. Nízkotlaký sodík se vyznačuje intenzitním rezonančním dubletem ve žluté části viditelného spektra s vlnovou délkou 589,0 a 589,6 nm.



Obr. 3.7: Příklad vysokotlaké sodíkové výbojky

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 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 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$. 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. 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 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ 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. K čelu niobové průchodky je pomocí titanu připájena wolframová elektroda, na níž je nanášena 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. Sortiment vysokotlakých sodíkových výbojek je velmi široký a pohybuje se v příkonových řadách od 50-ti W do 1000W.

Vysokotlaké sodíkové výbojky je nutné provozovat v obvodu s tlumivkou a vhodným zapalovacím zařízením, který vyhovuje mezinárodním normám CIE. Schéma zapojení je shodné se zapojením halogenidových výbojek. Při dodržování provozních podmínek (povoleno kolísání napětí menší než 5%, správně dimenzované tlumivky) výbojky předních výrobců dosahují života 16 000 až 32 000 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 významné úspory elektrické energie. Podíl vysokotlakých sodíkových výbojek ve veřejném osvětlení stále narůstá. Je příjemné konstatovat, že Česká republika patří v tomto směru k zemím s nejvyšším podílem.

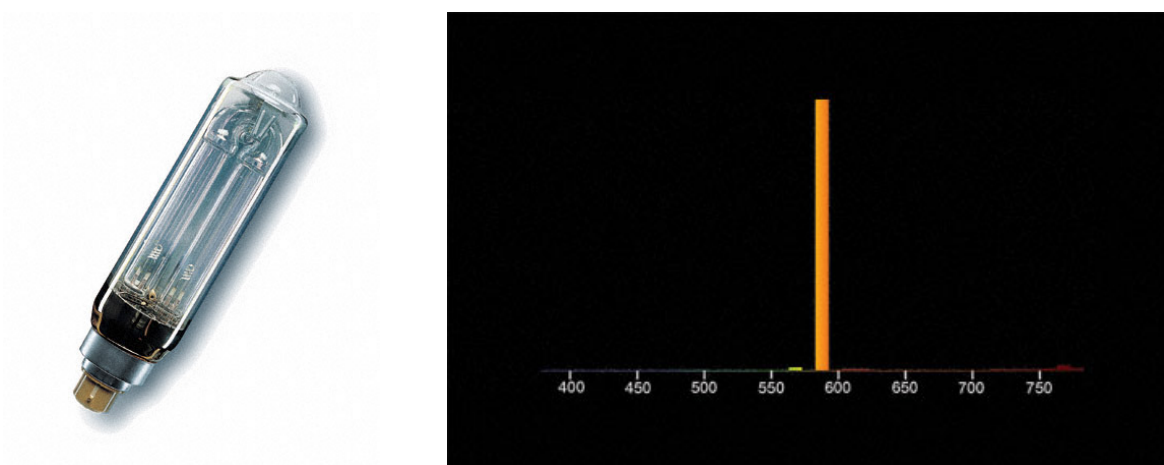
Novinku v oblasti vysokotlakých sodíkových výbojek jsou světelné zdroje neobsahující rtuť, označované jako „mercury free“. Tyto výbojky se provozují na standardních předřadnicích. Jelikož výbojky neobsahují rtuť, není nutno likvidovat vyhořelé zdroje jako nebezpečný odpad.

Od 80. let dvacátého století mají vysokotlaké sodíkové výbojky dominantní postavení ve světelných zdrojích pro veřejného osvětlení ve většině zemí. Tyto světelné zdroje postupně nahradily méně účinné výbojky rtuťové. Použitím vysokotlakých sodíkových výbojek se na jednotlivých světelných místech snížil instalovaný příkon až o dva příkonové stupně. Vysokotlaké sodíkové výbojky mají ve veřejném osvětlení 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**. Střední doba života, která se blíží až k 32 000 h umožňuje provádět hromadnou výměnu zdrojů ve veřejném osvětlení až po 4 letech. Určitou nevýhodou těchto zdrojů je barva vyzařovaného světla (index podání barev $R_a=25$), která způsobuje horší barevné vnímání osvětlovaných předmětů. Pro veřejné osvětlení se dnes používají vysokotlaké sodíkové výbojky nízkých příkonů, a to v obcích 50 W a 70 W, na průtahu 100 W a 150 W, ve městech také do 150 W a na širokých výpadkách až 250 W.

Další významnou výhodou vysokotlakých sodíkových výbojek je možnost jejich stmívání a to až do 50-ti % jejich jmenovitého světelného toku.

3.8. Nízkotlaké sodíkové výbojky

U sodíkových výbojek nastává výboj ve výbojové trubici vyhotovené z polykrystalického anebo monokrystalického kysličniku 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. Vlnová délka vyzařování nízkotlaké sodíkové výbojky se nachází v blízkosti maxima spektrální citlivosti lidského oka a tudíž je u tohoto světelného zdroje dosahováno **vysokých měrných výkonů nad 200 lm.W⁻¹**. Vzhledem k monochromatickosti jejich vyzařování není v jejich světle možné rozlišovat barvy ($R_a = 0$). Doba života 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.



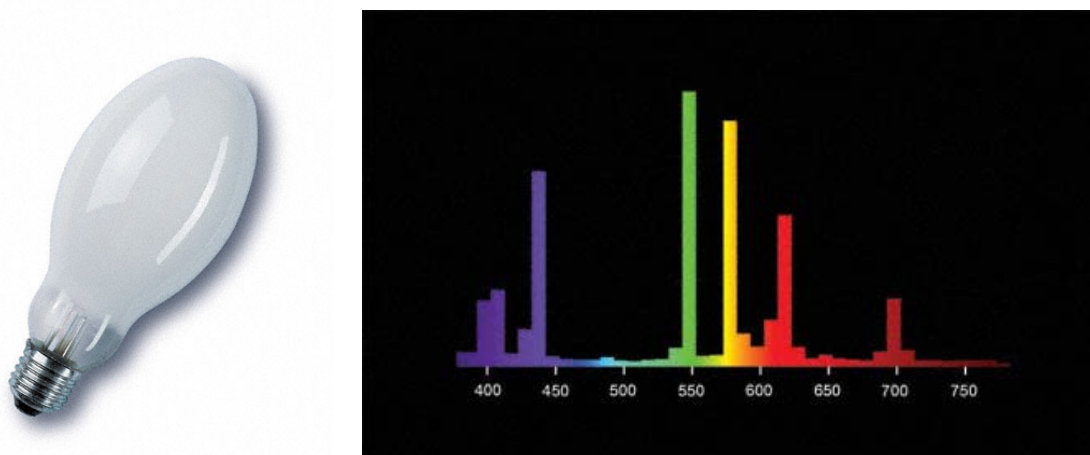
Obr. 3.8: Příklad nízkotlaké sodíkové výbojky

Využití nízkotlakých sodíkových výbojek je velmi omezené. Lze je de – facto uplatnit ve veřejném osvětlení a to s určitými omezeními. První omezení tkví v jejich velikosti vůči světelnému toku. Tento poměr je obdobný jako u zářivek a tudíž je velmi obtížné vyrobit svítidlo s vysokou účinností a distribucí světelného toku, kterou vyžaduje umístění na úzkých a dlouhých komunikacích. Druhé omezení souvisí, i přes značný pokrok ve velmi nízkém podání barev. Jejich použití se tedy omezuje 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 zatím osvětlení nízkotlakými sodíkovými výbojkami uplatnění vůbec.

Energetické uplatnění mohou nízkotlaké sodíkové výbojky nalézt právě ve výše uvedené oblasti dálničních přivaděčů a výpadových silnic v okolí velkých aglomerací bez dopravního značení.

3.9. Vysokotlaké rtuťové výbojky

UV záření vzniká u těchto zdrojů obloukovým výbojem v parách rtuti 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. 3.9: Příklad vysokotlaké rtuťové výbojky

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. 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 20 000 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 jejich index barevného podání je neumožňuje používat ve vnitřních pracovních prostorech. Díky těmto důvodům se nehodí k osvětlování vnitřních prostorů. Díky nízkému měrnému výkonu se jejich používání ukončuje i ve veřejném osvětlení.

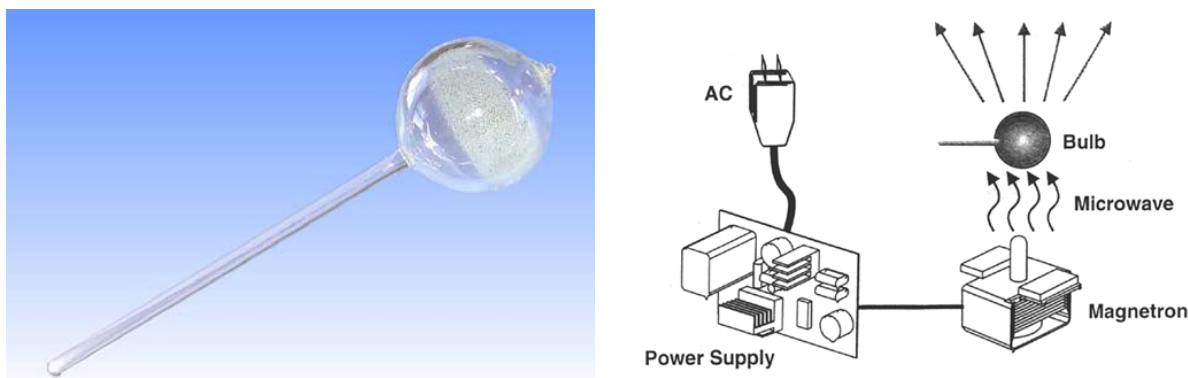
Přestože podíl těchto výbojek ve spotřebě postupně stále klesá a jsou nahrazovány účinnějšími halogenidovými a zejména vysokotlakými sodíkovými výbojkami, lze očekávat jejich používání i v nejbližší budoucnosti pro poměrně nízkou cenu. Pro barevné odlišení se používají v rámci osvětlování v pěších zón, parků, nákupních pasáží, veřejných prostor a parkovacích a příjezdových ploch shopping center.

Z energetického hlediska nemají tyto světelné zdroje žádný potenciál využití do budoucnosti.

3.10. Sirné 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 majícím tvar koule, která rotuje v elektromagnetickém poli magnetronu (2,45 GHz). Výboj probíhá v parách síry, přičemž

spektrum vyzařovaného světla se blíží slunečnímu, při vynikajícím měrném výkonu dosahujícím až 130 lm.W^{-1} a vysokém indexu podání barev $R_a = 85$. Doba života sírové výbojky je limitována spolehlivostí magnetronu a dosahuje hodnot převyšujících 50 000 hodin. Úbytek světelného toku na konci života je menší než 10 %.



Obr. 3.10: Příklad sirmé výbojky

S ohledem na technickou náročnost provozu nemají v současné době tyto výbojky širší uplatnění.

3.11. Indukční výbojky

Do okruhu nízkotlakých výbojových zdrojů patří i světelné zdroje využívající principu indukce. Tyto světelné zdroje lze právem považovat za světelné zdroje 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 vybudované vysokofrekvenčním polem vytvářeným cívkou, emitují ultrafialové záření, které je transformováno luminoforem 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 lm.W^{-1} a 70 lm.W^{-1} při R_a 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.

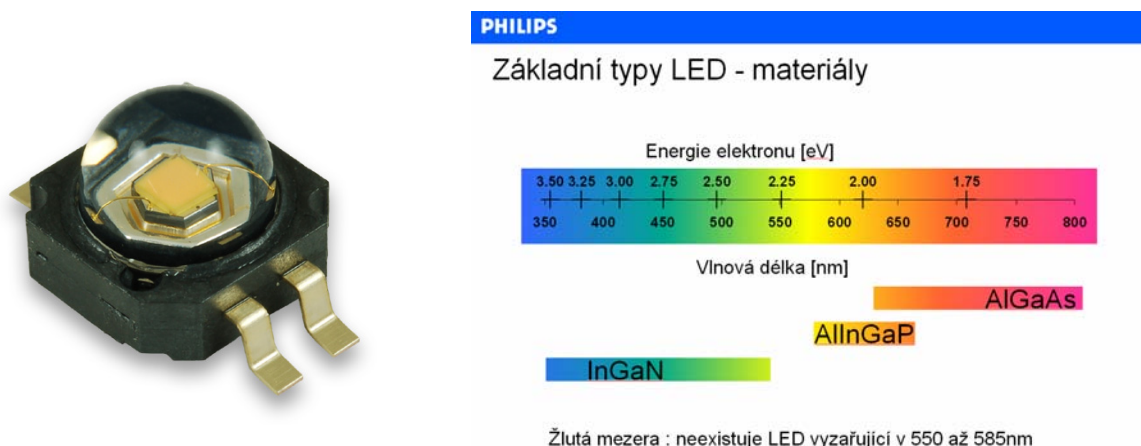


Obr. 3.11: Příklad indukční výbojky

Indukční výbojky se umísťují v těžko přístupných prostorách bez možnosti pravidelné údržby. Z hlediska energetického přínosu nelze v současné době s těmito zdroji počítat.

3.12. Světelné diody

Světelné diody, označované dříve LED, se v posledních letech ve stále větší míře využívají v nejrůznějších oblastech osvětlovací techniky. Za své rozšíření vděčí především rostoucímu 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 bílá barva. LED diody mají potenciál stát se vysoce účinným světelným zdrojem. Nejvíce zajímavé jsou nové aplikace v obecném osvětlování, kde se LED diody začínají prosazovat namísto konvenčních světelných zdrojů.



Obr. 3.12: Příklad výkonové LED diody a ukázka možnosti vyzařování LED diod v oblasti různých vlnových délek v závislosti na použitém materiálu

LED diody lze rozdělit do 3 kategorií:

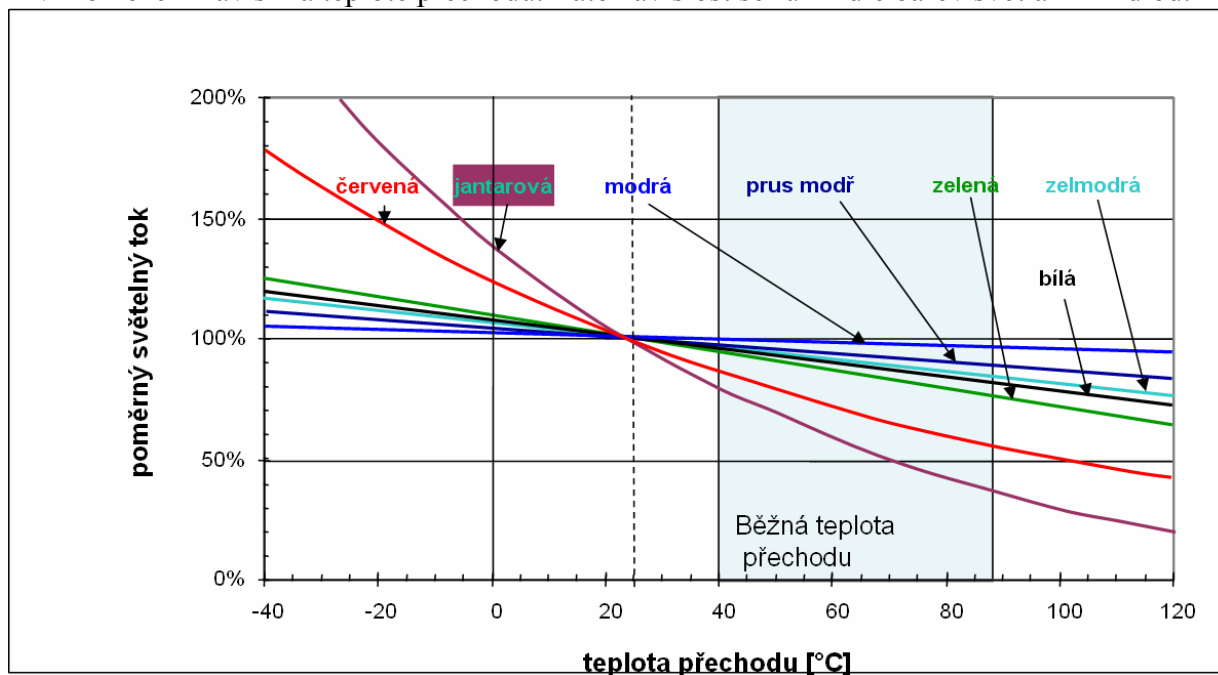
- SMD LED (indikace) – počítače, auta, mobily, orientační osvětlení
- Klasické LED (signalizace) – kontrolky, třetí brzdová světla automobilů, reklama, orientační osvětlení
- Výkonové LED (osvětlování) – dopravní signalizace, iluminace, zábavní průmysl

V oblasti obecného používání (osvětlování) lze využívat pouze LED diod s bílou barvou světla. V důsledku vysoké závislosti PN přechodu na teplotě se výrobci dostávají na maximální příkon 5 W. Tomu odpovídá světelný tok 140 lm, index podání barev může být větší než 80 a doba života až 50 000 hodin. Rozebereme-li bílé LED diody podle jejich současných možností, pak je nutné srovnat jejich výhody a samozřejmě i nevýhody.

Tab. 3.1: Klady a zápory bílých LED diod

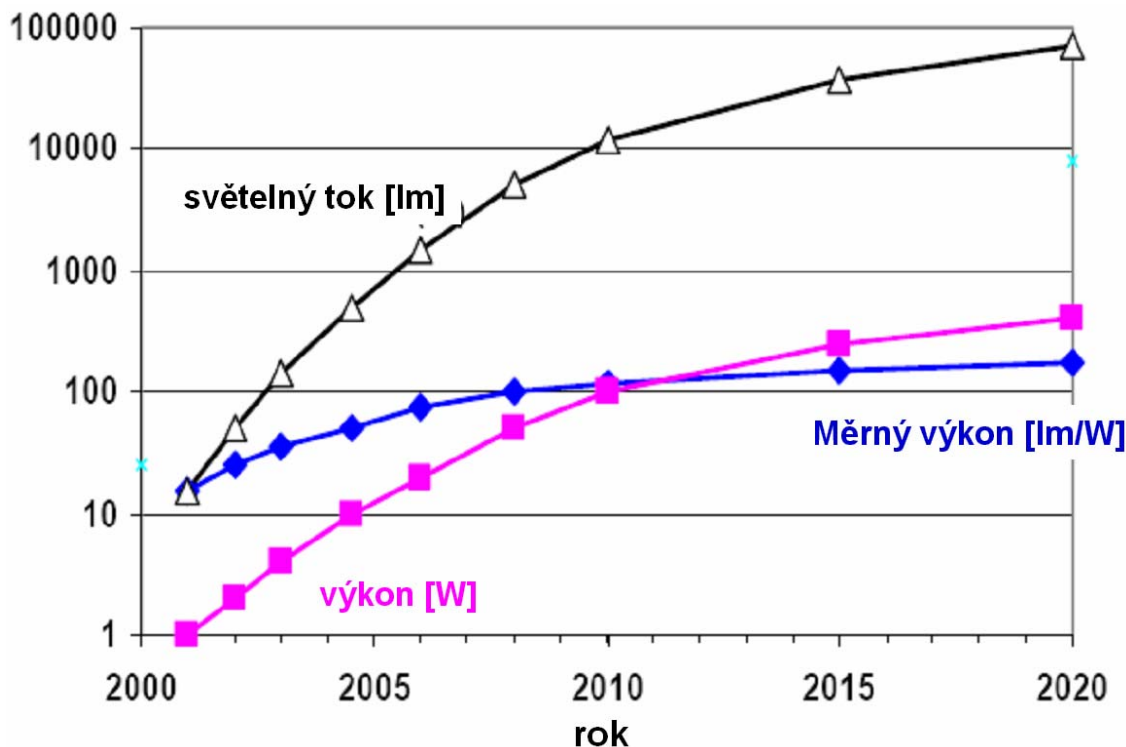
System	Pro	Proti
Studená bílá	Měrný výkon ~ 40 - 50 lm/W průmyslová technologie	$R_a > 70$
Teple bílá	Náhrada hal. žárovek $R_a > 90$	Měrný výkon okolo 17 lm/W
RGB	Možnost nastavení barvy Živé a syté barvy	Barevné stíny Stabilita barvy Složitější předřadník

První omezení závisí na teplotě přechodu. Tato závislost se různí dle barev světla LED diod.



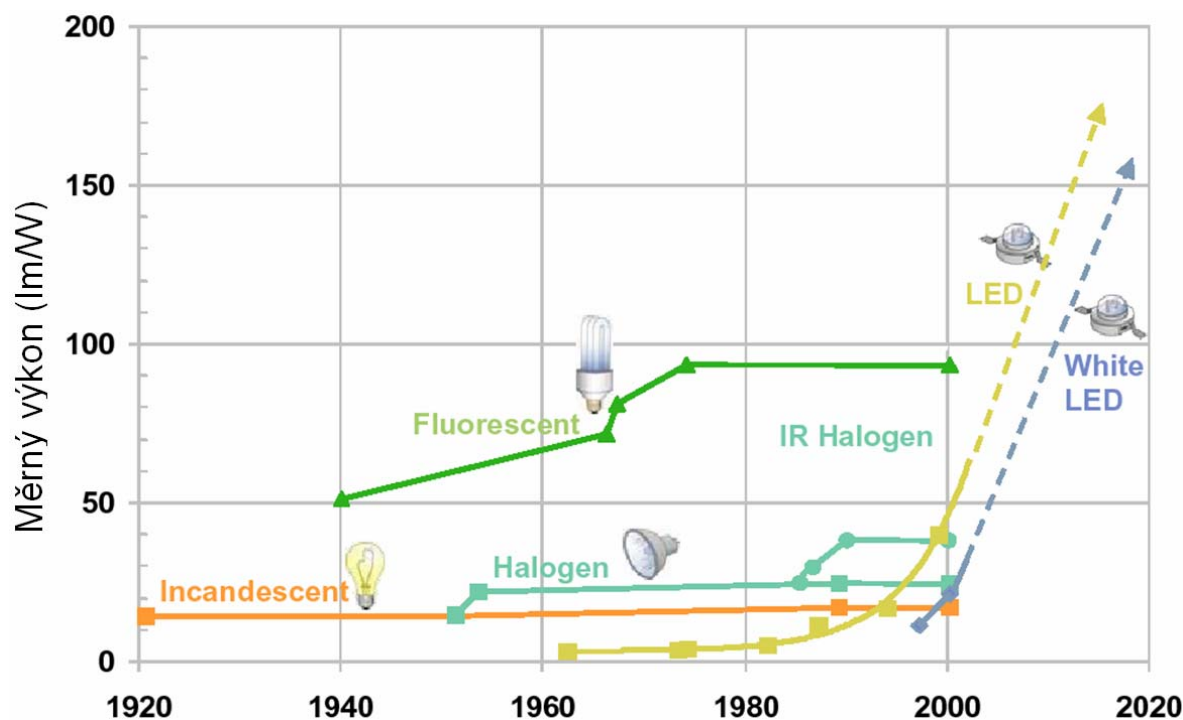
Obr. 3.13: Graf znázorňující závislost poklesu světelného toku u různých typů LED diod v závislosti na teplotě PN přechodu

Druhé omezení použití LED diod je v jejich maximálním příkonu a tedy i v jejich světelném toku. Tato nevýhoda se však dá odstranit použitím většího počtu světelných zdrojů. Prognóza do budoucnosti však dává tušit, že příkony LED diod se v dohledné budoucnosti přiblíží hranici 100 W, která bude již dostatečná jak pro osvětlování vnitřních tak venkovních prostor.



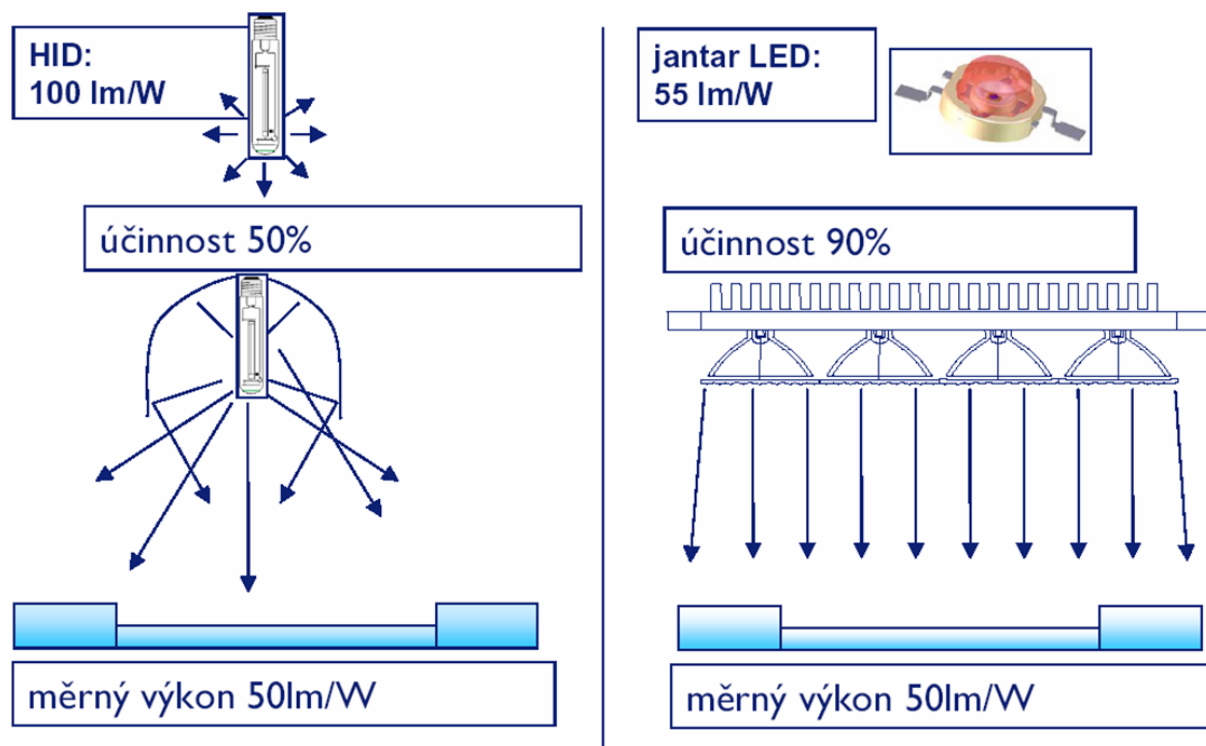
Obr. 3.14: Graf znázorňující předpoklad vývoje parametrů LED diod v horizontu do roku 2020

Z obrázku je také vidět relativně vysoký očekávaný nárůst měrného výkonu, který by se měl u výkonových LED diod přiblížit k měrným výkonům běžně používaných zářivek a halogenidových a vysokotlakých sodíkových výbojek. Pro lepší představu srovnání měrných výkonů ostatních světelných zdrojů s LED diodami v historii, současnosti a v budoucnosti je uveden následující obrázek.



Obr. 3.15: Graf průběhů měrných výkonů světelných zdrojů včetně LED diod s výhledem do roku 2020

Z výše uvedených technických parametrů a odhadů možného vývoje LED diod vyplývají jejich významné možnosti do budoucna v oblasti vnitřního i veřejného osvětlení. Nevýhoda současného bouřlivého vývoje LED diod je absence jejich normalizace. Nicméně ve srovnání s klasickými světelnými zdroji je jejich výhoda jednoznačně v tom, že částečně nahrazují funkci svítidel v distribuci světelného toku. Díky tomuto primárnímu směřování světelného toku se již v současné době stírají rozdíly mezi svítidly osazenými klasickými světelnými zdroji a svítidly osazenými LED diodami.



Obr. 3.16: Grafické znázornění výhod distribuce světelného toku u svítidel osazených LED diodami ve srovnání se svítidly osazenými klasickými světelnými zdroji

Další výraznou výhodou LED diod je jejich snadné stmívání, které nemá vliv na dobu jejich života. Vliv na dobu života nemá ani časté spínání.

4. SMĚROVÁNÍ SVĚTELNÉHO TOKU DO MÍST ZRAKOVÉHO ÚKOLU

4.1. Definice dle ČSN EN 12464-1

Vybraná terminologie vychází z normy ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory a normy ČSN EN 12665 Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení.

Místo zrakového úkolu (task area) je dílčí místo na pracovišti, na němž se nachází zrakový úkol. Pro prostory, u nichž velikost anebo poloha místa zrakového úkolu nejsou známy, je nutno za místo zrakového úkolu považovat prostor, v němž se úkol může objevit. Určení místa zrakového úkolu je třeba věnovat velkou pozornost. Nutno pečlivě posoudit, stanovit a popsat, tj. zvolit jeho umístění, rozměry, orientaci, počty reprezentujících výpočetních bodů jeho srovnávací roviny. Je třeba brát v úvahu zejména druh zrakového úkolu, resp. technologie v řešeném prostoru. Doporučuje se stanovit výpočtové body tak, aby postihovaly minimální i maximální hodnoty osvětlenosti.

Srovnávací rovina je podle čl. 3.2.22 ČSN EN 12 665 – Základní termíny rovina, na níž se měří a určuje osvětlení. Body na srovnávací rovině odpovídají zpravidla místu úkolu.

Výška místa zrakového úkolu (srovnávací roviny) na běžných **kancelářských stolech** je doporučena **0,75 m**. Výšku srovnávacích rovin ve **školních zařízeních** definuje nařízení vlády – 108/2001 v aktuálním znění: „Srovnávací rovina se ve výukových prostorech škol předpokládá pro denní osvětlení ve výšce **0,85 m** nad podlahou, v denních místnostech předškolních zařízení pro denní i umělé osvětlení ve výšce **0,45 m** nad podlahou, ve vnitřních prostorech pro výuku tělesné výchovy pro denní i umělé osvětlení v **úrovni podlahy**.“

Jako prostor je chápána celá místnost (např. kancelář) popř. nějakou **stabilní konstrukcí** oddělená část místnosti (např. haly), kterou je možno **zrakem obhlédnout**. Za stabilní konstrukci tak může být v tomto kontextu považován i paraván oddělující jednotlivá pracoviště ve velkoplošných kancelářích.

Při volbě rozmístění výpočetních bodů je vhodné brát zřetel na ČSN 36 0011-1 – Měření osvětlení, vč. jejích revizí či novelizací, která předepisuje způsob a místa měření osvětlení. Podle této normy se měřicí body v prostoru umísťují 1m od stěn.

Jako vodítko pro volbu výpočetních bodů srovnávací roviny je možno v některých případech využít ustanovení čl. 4 normy ČSN EN 12193 – Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť.

Na chodbách **do šíře 2 m** stačí **jedna řada bodů** v ose místnosti (prostoru).

Bezprostřední okolí úkolu (*immediate surrounding area*) je pás o šířce aspoň 0,5 m okolo místa zrakového úkolu uvnitř zorného pole. Splnění požadavků na bezprostřední okolí úkolu napomáhá rovnoměrnému rozložení jasů v místnosti (prostoru). Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu musí souviset s osvětlením úkolu a musí poskytovat vyvážené rozložení jasů v zorném poli. Velké prostorové změny osvětleností v okolí úkolu mohou způsobit namáhání zraku a zrakovou nepohodu.

Rozložení jasu je velmi důležité z hlediska správného vnímání. Nutno si uvědomit, že oko vnímá jas, nikoliv osvětlenost. Norma předepisuje osvětlenost místo jasů, protože se osvětlenost mnohem lépe měří a ověřuje. Při návrzích osvětlovacích soustav se doporučuje mít na zřeteli, že teoretické ideální rozložení jasů místa úkolu k jasů okolí úkolu a jasů pozadí (prostoru) je přibližně v poměru **10 : 4 : 3** ve smyslu ČSN 36 0450 : 1986.

Zraková pohoda je příjemný psychofyziologický stav, při němž celý zrakový systém optimálně plní své funkce, a při kterém má člověk i po delším pobytu nejen pocit, že dobře vidí, ale cítí se také psychicky dobře a prostředí, v němž se nachází, je mu vzhledově příjemné.

Směrnost je vlastnost osvětlení, která charakterizuje převažující směr světla v daném místě.

Stínivost je schopnost osvětlení vytvářet na trojrozměrných předmětech stíny.

Osvětlovací soustava je funkčně ucelený soubor osvětlovacích prostředků, tj. světelných zdrojů, svítidel a jejich příslušenství, včetně napájení a ovládání.

Druhy normálního hlavního osvětlení, tj. osvětlení pro činnost v bezporuchovém stavu napájecí soustavy a výrobní technologie:

- **Celkové osvětlení** - osvětlení, které zajišťuje rovnoměrné osvětlení celé místnosti,
- **Odstupňované osvětlení** - osvětlení, které zajišťuje rovnoměrné osvětlení v jednotlivých částech místnosti podle vykonávané zrakové činnosti,
- **Místní osvětlení** - osvětlení, které zajišťuje přídatné osvětlení místa úkolu.

Rovnoměrnost osvětlení místa zrakového úkolu a bezprostředního okolí zrakového úkolu musí být co největší, to znamená že osvětlení místa zrakového úkolu musí být co nejrovnoměrnější. Rovnoměrnost se vyhodnocuje v *místě zrakového úkolu*. Např. v učebně je místem úkolu jak lavice tak tabule. Celá místnost je *místem úkolu* pouze v některých případech (např. tělocvična).

Oslnění je počitek způsobený povrchy v zorném poli s velkým jasem a může být pocíťováno buď jako rušivé nebo omezující oslnění. Oslnění způsobené odrazy v zrcadlových površích je běžně chápáno jako závojevé oslnění nebo oslnění odrazem. Oslnění může být způsobeno přímo svítidly nebo ostatními povrchy s velkým jasem (ve vnitřních prostorech to mohou například být i okna s velkým jasem). Omezení oslnění je důležité pro vyvarování se chybám, únavě a úrazům. Stanovení rušivosti oslnění se provádí vyhodnocením tzv. činitelů oslnění. Pro vnitřní pracovní prostory se vyhodnocuje je činitel oslnění UGR a pro venkovní prostory se pracuje s činitelem oslnění GR. Činitelé oslnění pro vnitřní a venkovní prostory jsou stanoveny rozdílně z důvodů rozdílných jasů pozadí (u venkovních osvětlovacích soustav je jas pozadí minimální).

Clonění proti oslnění je nutné řešit pokud se světelné zdroje (svítidla) nacházejí v zorném poli pozorovatele. Zdroje světla s velkým jasem ve směru pohledu mohou oslňovat a zhoršovat viditelnost předmětů. Tomu se musí zabránit například vhodným cloněním světelných zdrojů nebo zvětšením průmětu světelněčinné plochy ve směru pohledu pozorovatele.

Směřované osvětlení může být použito pro zvýraznění předmětů, vyjevení textury a vzhledu osob v prostoru. To je možné popsat termínem „modelace“. Směřované osvětlení zrakového úkolu může také ovlivnit jeho viditelnost.

Modelace je vyváženost mezi difuzním a směrovaným světlem. Je to platné kritérium jakosti osvětlení prakticky ve všech typech vnitřních prostorů. Celkový dojem vnitřního prostoru je možné zlepšit, jsou-li jeho stavební tvary, osoby a předměty v něm osvětleny tak, že jejich tvar a textura se jeví jasně a příjemně. To nastává tehdy, když světlo má převážně jeden směr; stíny, jež jsou základem dobré modelace, se tvoří bez problémů.

Osvětlení nesmí být příliš směrované nebo vytvářet ostré stíny ani nesmí být příliš difúzní, neboli modelace se nesmí zcela ztratit, což by vedlo k velmi monotónnímu světelnému prostředí.

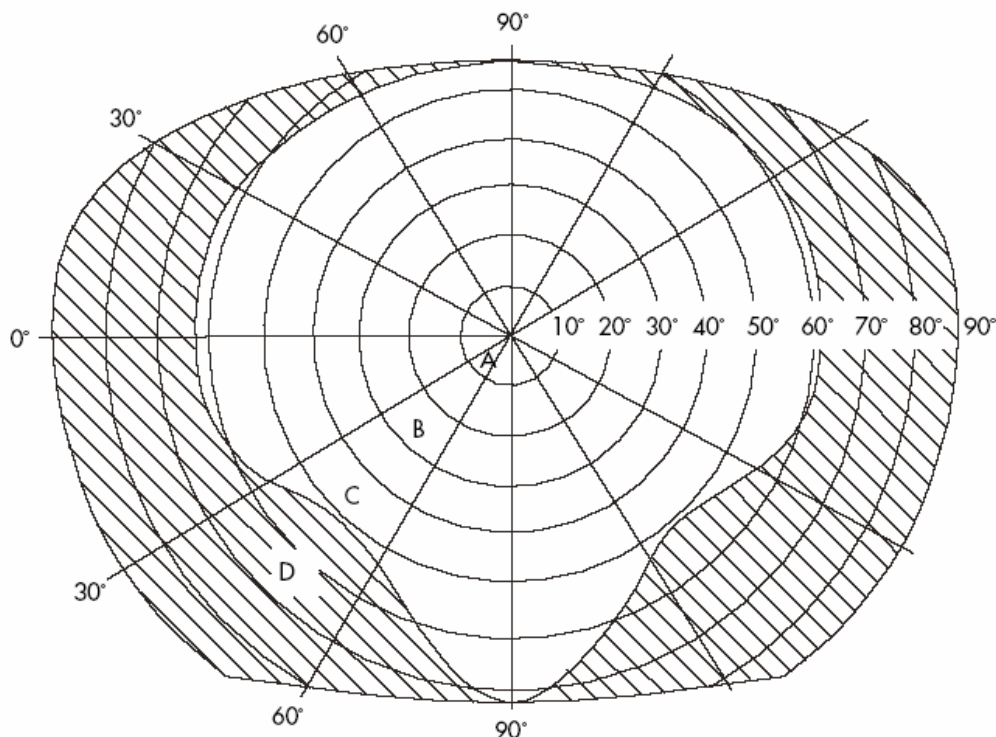
4.2. Zorné pole

Úlohou zraku je „vidět“, tzn. pomocí světelného záření zprostředkovat organismu informaci o předmětu zrakové práce, resp. situaci jako celku. Viditelnost charakterizuje závislost zrakových funkcí na světelných podmínkách prostředí. Pro dobré vidění jsou rozhodující především následující kritéria.

1. úhlový rozměr pozorovaného detailu (detailem je myšlena nejmenší pozorovaná podrobnost, např. nikoli písmeno, ale jeho rozhodující část – kritický detail,
2. úroveň a rozložení jasů v zorném poli,
3. kontrast mezi pozorovaným detailem a bezprostředním pozadím, např. mezi černými písmeny a bílým povrchem papíru,
4. doba trvání zrakového vjemu.

Uvedeným čtyřem kritériím odpovídají čtyři základní fyziologické funkce: rozlišovací schopnost (zraková ostrost), světelná citlivost, kontrastní neboli rozdílová citlivost a rychlost zrakového vjemu. Fyziologické funkce viditelnosti vzájemně spolupůsobí, jsou charakterizovány svými prahy a je možné jejich kvantitativní hodnocení. Viditelnost ovlivňuje ještě řada dalších podmínek, např. konfigurace, tvar, kontury, ostrost ohraničení předmětu zrakové práce, prostorové, stínotvorné a barevné zvláštnosti pozorovaného detailu, oslnění, věk pozorovatele, únava a další. Na fyzikálních charakteristikách pozorovaného objektu a světelných podmínkách daného prostředí závisí přesnost a kapacita zrakové práce.

Zorným polem označujeme část prostoru, který přehlédneme při pohledu přímo před sebe. Fixujeme-li oči do určitého místa v prostoru, promítne se nám na sítnici jeho obraz. Přímkou, která prochází fixačním bodem a středem sítnice, je **osou zorného pole**. Zorné pole je možno definovat jako průmět pozorovaného prostoru do roviny kolmé na danou osu fixace zraku. Tvar zorného pole je nepravidelný, jiný pro pravé i pro levé oko. Při pohledu oběma očima se ve střední části zorná pole překrývají a tvoří tzv. **binokulární zorné pole**. Zorné pole má rozsah daný utvářením obličeje (nos, čelo, tváře). Střední část binokulárního zorného pole má rozsah od osy okolo 60°.



Obr.4.1 Schéma zorného pole a jeho částí (Kittler, Kittlerová, 1975)

- A - foveální zorné pole,
- B - zorný kužel,
- C - binokulární zorné pole,
- D - periferní část zorného pole levého oka.

Ve středu zorného pole ve směru zorné osy se nachází zóna nejostřejšího vidění – **foveální zorné pole** s rozsahem $0,75^\circ$ od optické osy. Dokonalá rozlišovací schopnost je zde dána vysokou hustotou čípků a tedy velkou rozlišovací schopností oka. Propojením optické osy mezi foveou a zvoleným místem pozorování dojde k uskutečnění zrakově náročného vjemu detailní zrakové práce. Po tuto dobu probíhá ve foveálním poli postupná fixace a přemísťování osy pohledu na kritická místa (kritické detaily).

Zbylá část zorného pole je nazývána **periferní**, její střední část s úhlem do 30° od osy zorného pole bývá nazývána **zorným kuželem**. Její význam spočívá v tom, že umožňuje orientaci v prostoru, informuje o pohybu v okolí a celkovém obrazu různých předmětů v zorném poli. Především však poskytuje informace nutné pro převedení fixace foveálního vidění z daného bodu na nový zajímavější bod. Protože zorné pole zobrazuje jen výseč celkového zorného prostoru, člověk si vypomáhá také pohyby hlavy a těla. Z uvedeného vyplývají rozdílné požadavky na světelné poměry při místním a celkovém osvětlení.

Překrývání středních částí zorných polí obou očí se uplatňuje při binokulárním vidění. Binokulární vidění je důležitou podmínkou prostorového, stereoskopického vidění, tj. rozlišování trojrozměrných předmětů a rozdílů ve vzdálenosti pozorovaných předmětů. Prostorové vidění je silně ovlivněno směrovostí osvětlení a tvrdostí stínů. Rozsah binokulárního zorného pole není stálý. Je nejširší za denního světla při průměrném jasu $1500 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$, vyskytují-li se světlejší předměty na okraji zorného pole. Zmenšuje se s klesající osvětleností, nižším průměrným jasem, únavou a nedostatkem kyslíku. Prostorové vidění souvisí i s podmíněnými reflexy vypracovanými během

života. Na základě perspektivního zkreslení jsme schopni vidět prostorově i při monokulárním pohledu. Dojem prostoru vzniká až komplexní analýzou a syntézou dostupných informací v mozkové kůře.

4.3. Doporučení ke směřování světelného toku do míst zrakového úkolu

Při směřování světelného toku je nutné mít na zřeteli všechny výše uvedené požadavky a vlastnosti. Jedná se zejména o zajištění dostatečných jasů pozorovaných předmětů při zamezení oslnění v předpokládaných směrech pohledů a zajištění možnosti prostorového vnímání.

Z energetického hlediska je důležité aby světelný paprsek dopadal na pozorovaný předmět (místo zrakového úkolu) pokud možno ze směru pohledu pozorování tohoto předmětu. Důvod je jasný a vyplývá z kosinova zákona, který je popsán v kapitole 1.2. To znamená, že pakliže budeme zvyšovat úhel, pod kterým budeme pozorovanou plochu osvětlovat, pak její osvětlenost bude klesat s tímto zvyšujícím se úhlem podle goniometrické funkce kosinus.

Další neméně důležitý energetický požadavek vyplývá ze čtvercového zákona, který je také popsán v kapitole 1.2. Vzhledem k tomu, že osvětlenosti ubývá s kvadrátem vzdálenosti, je nutné volit vzdálenost mezi svítidlem a osvětlovaným předmětem, tak aby byla co nejmenší.

Umístění svítidel je však z pohledu mechanického zavěšení (kam a na co) velmi složitá záležitost. Mechanické (nosné) konstrukce mohou osvětlovací soustavy pouze využívat, nikoli však ovlivňovat. Z tohoto důvodu je nutné pracovat při optimalizaci směřování světelného toku s nikoliv jednou osvětlovací soustavou, která osvětluje celou plochu místnosti bez ohledu na konkrétní místa zrakového úkolu, ale s osvětlovacími soustavami odstupňovanými, které zohledňují jednotlivé zrakové úkoly a místními, které zajišťují přisvětlení místa zrakového úkolu.

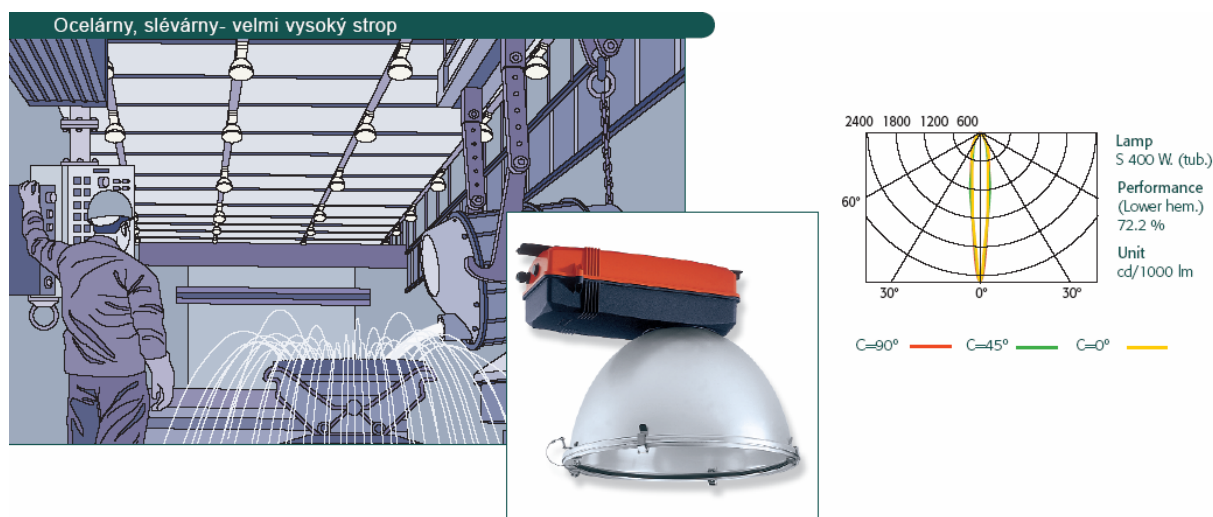
Z pohledu míry přeměny spotřeby elektrické energie na osvětlení v místě zrakového úkolu se jeví jako nejefektivnější použití místních osvětlovacích soustav (lampiček), které zajišťují požadovanou osvětlenost z minimálních vzdáleností a jejich světelný tok dopadá kolmo na místo zrakového úkolu. Místní osvětlení však nelze využívat jako samospasitelné, protože není schopno zajistit dostatečné jasy v okolí místa zrakového úkolu a zamezit přechodovému oslnění.

5. NÁVRHY VHODNÝCH OPTICKÝCH SYSTÉMŮ

5.1. Volba optického systému s prioritou osvětlení míst zrakového úkolu

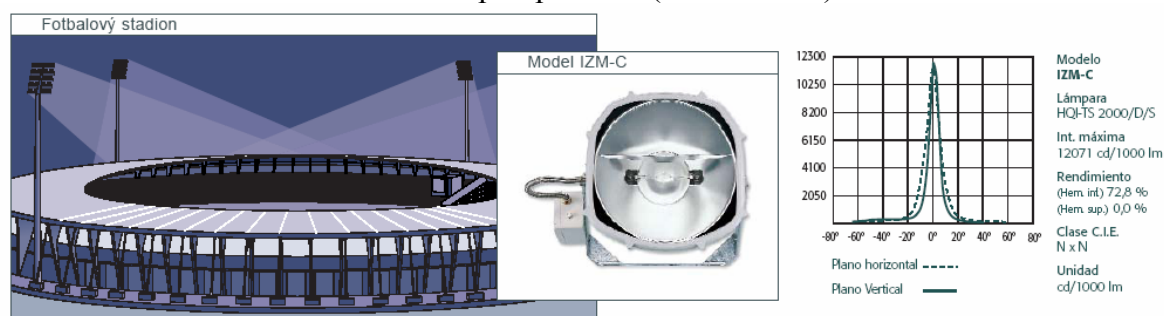
Pokud je místo zrakového úkolu jednoznačně definováno pouze v jedné ohraničené ploše (rovině), je z hlediska snižování energetické náročnosti osvětlovacích soustav vhodné směřovat světelný tok pouze do tohoto místa zrakového úkolu a do jeho bezprostředního okolí.

V případě, že bude možné dodržet kolmý dopad světelného toku do místa zrakového úkolu, je vhodné používat svítidla s koncentrovanou distribucí světelného toku do velmi úzkého svazku, který bude v místě dopadu odpovídat ploše místa zrakového úkolu s jeho bezprostředním okolím. K tomuto účelu se používají optické systémy s tzv. hlubokozářiči. Konstrukce hlubokozářičích svítidel vychází z používání reflektorů osazených bodovými světelnými zdroji, u kterých lze díky jejich malé velikosti a přesně definovanému uchycení vůči reflektorům dobře směřovat a koncentrovat výsledný světelný tok.



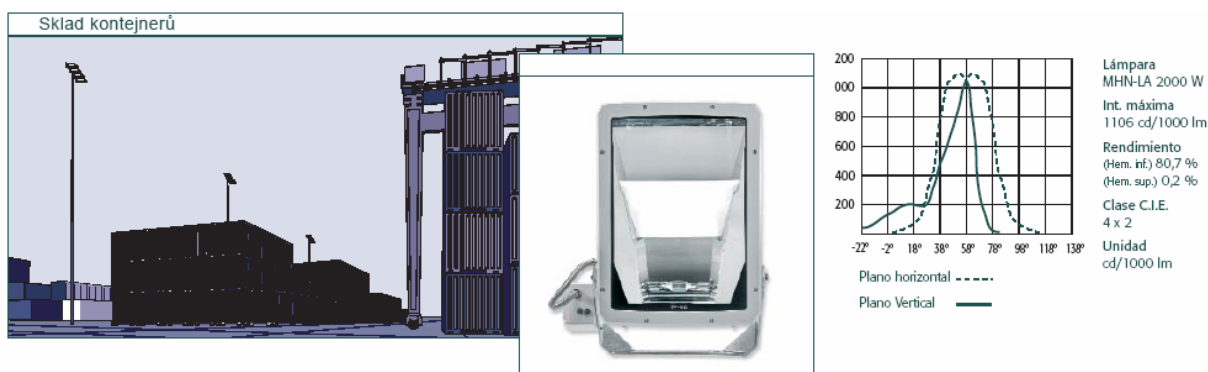
Obr. 5.1: Ukázka aplikace osvětlovací soustavy s použitím hlubokozářičích svítidel, která jsou směřována kolmo na plochu místa zrakového úkolu

Hlubokozářiče se také využívají i v oblastech velkých sportovišť a velkých venkovních skladových ploch, u kterých není možné zavěšení osvětlovacích soustav přímo nad místem zrakového úkolu a tudíž se musí osvětlovat z velkých vzdáleností a pod velkými úhly. V těchto případech je nutné navíc řešit i problémy s minimalizací oslnění a s omezením distribuce světelného toku do horního poloprostoru (rušivé světlo).



Obr. 5.2: Ukázka aplikace osvětlovací soustavy s použitím hlubokozářičích svítidel, která nemohou být směřována kolmo na plochu místa zrakového úkolu

V prostorách, kde není možné použít umístění svítidel tak, aby jejich světelný tok dopadal co nejkolměji do místa zrakového úhlu je nutné volit variantu tzv. bočního osvětlení. Takovéto případy jsou velmi časté. Vezmeme-li například vnitřní osvětlovací soustavu ve škole, tak je nutné pro osvětlení tabule použít asymetrické optické systémy ve svítidlech, která distribuují světelný tok do tohoto místa zrakového úhlu zhora a zboku. Další, všem známý případ jsou sportoviště (ať už vnější, nebo vnitřní), nebo velké haly, či venkovní plochy, u kterých nejde zavěsit osvětlovací soustavu přímo nad plochu. Asymetrická svítidla jsou v těchto případech na rozdíl od hlubokozářičů vhodnější z hlediska oslnění i z pohledu distribuce světelného toku do horního poloprostoru.



Obr. 5.3: Ukázka aplikace osvětlovací soustavy s použitím asymetrických svítidel

5.2. Volba optického systému s prioritou prosvětlení prostoru

Zejména ve vnitřních prostorech je nutné pomocí osvětlovacích soustav docílit zvýšení jasů stěn a stropů (optimalizace jasů). To znamená, že osvětlovací soustava musí, kromě osvětlení místa zrakového úhlu zajistit požadované rozložení jasů tak, aby v rámci zorného pole nedocházelo k oslnění. Takovéhoto efektu lze docílit pomocí osvětlovacích soustav s refraktory, které zajišťují distribuci světelného toku do stran a částečně i do horního poloprostoru (zvýšení jasů stropu) a omezují oslnění při pohledu do svítidla, což je zajištěno velkou světelně-činnou plochou.



Obr. 5.4: Ukázka aplikace osvětlovací soustavy s použitím svítidel s refraktory

Za cenu velkých energetických ztrát, lze docílovat rovnoměrného rozložení jasů na plochách stěn a stropu, také pomocí nepřímého osvětlení. Tato varianta produkuje sice neoslňivé „měkké“ světlo ale za cenu zvýšené vzdálenosti mezi světelným zdrojem a místem zrakového

úhlu a snížení účinnosti celé osvětlovací soustavy vlivem odrazů dominantní části světelných paprsků od stropu či stěn.



Obr. 5.5: Ukázka aplikace osvětlovací soustavy s použitím nepřímého osvětlení

Kompromisem mezi přímým a nepřímým osvětlením je přímo-nepřímé osvětlení, ve kterém v rámci osvětlovací soustavy, či samotného svítidla je zajišťována distribuce světelného toku do horního i dolního poloprostoru.

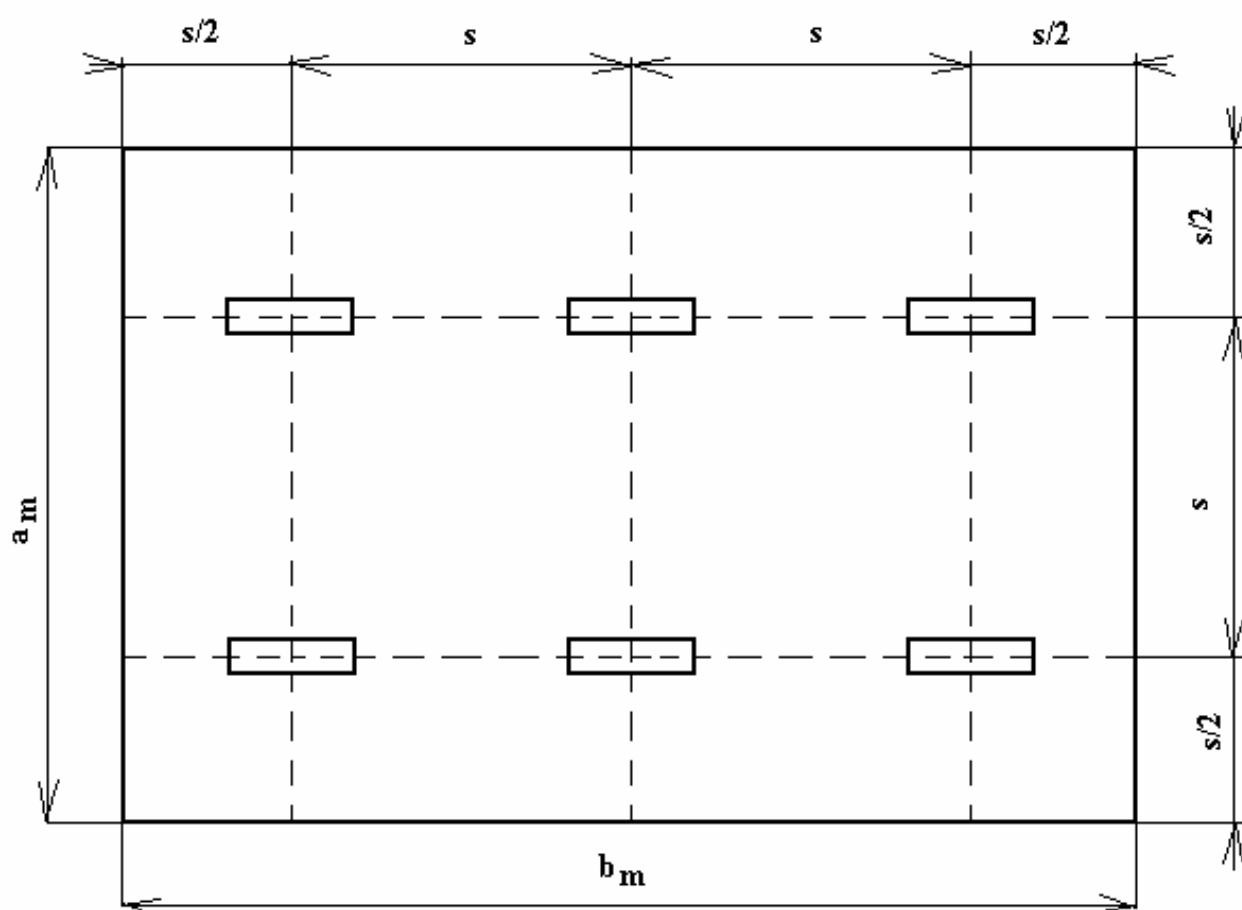
V některých prostorách se vyžaduje, z důvodu dobré viditelnosti, prosvětlení nejen plochy, ale celého prostoru. Takovéto požadavky na prosvětlení prostoru vznikají zejména v tělocvičnách (létačící míč, letící oštěp, gymnastika), či v průmyslových halách (portálové jeřáby, které převážejí břemena v montážních a výrobních halách). Úsporná opatření v těchto prostorách vycházejí z toho, že se má osvětlovat pouze prostor ve kterém zrakový úkol právě probíhá (např. mobilní přisvětlení pod portálovými jeřáby).

6. OPTIMALIZACE ROZMÍSTĚNÍ SVÍTIDEL V RÁMCI OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

Optimalizaci rozmístění osvětlovacích soustav je vždy nutné provádět v kontextu se všemi vstupy, které mohou mít vliv na spotřebu elektrické energie. Pokud budeme vycházet z předpokladu, že jsme již optimalizovali svítidla i světelné zdroje a máme k dispozici určité mantinely pro rozmístění svítidel z pohledu jejich závěsné výšky a eventuálně roztečí, lze problém optimalizace rozmístění svítidel zjednodušit do úlohy, ve které pomocí výpočetních programů hledáme rozmístění svítidel tak, abychom našli optimální poměr mezi příkonem osvětlovací soustavy, průměrnou osvětleností, rovnoměrností a jasovými poměry.

6.1. Horní rozmístění svítidel

Standardně lze vycházet při počátečním návrhu rozmístění svítidel ze stavu, které předpokládá poloviční rozteč mezi stěnou a svítidlem, než mezi svítidly samotnými (viz obr. 6.1). Toto rozmístění lze aplikovat pouze v osvětlovacích soustavách, u kterých lze využít celého stropu nad místem zrakového úkolu k zavěšení osvětlovací soustavy.



Obr. 6.1: Doporučená volba roztečí svítidel v rámci vnitřních prostor

Návrh osvětlovací soustavy se provádí v prostorách, kde nelze rozlišit jednotlivá místa zrakových úkolů. Za místo zrakového úkolu se považuje celá plocha místnosti. Pokud můžeme definovat místo zrakového úkolu a také například komunikační prostor, můžeme osvětlení odstupňovat, což s sebou nese značné energetické úspory. Například komunikační prostory nevyžadují tak vysoké hladiny osvětlenosti jako místo pracovního úkolu.

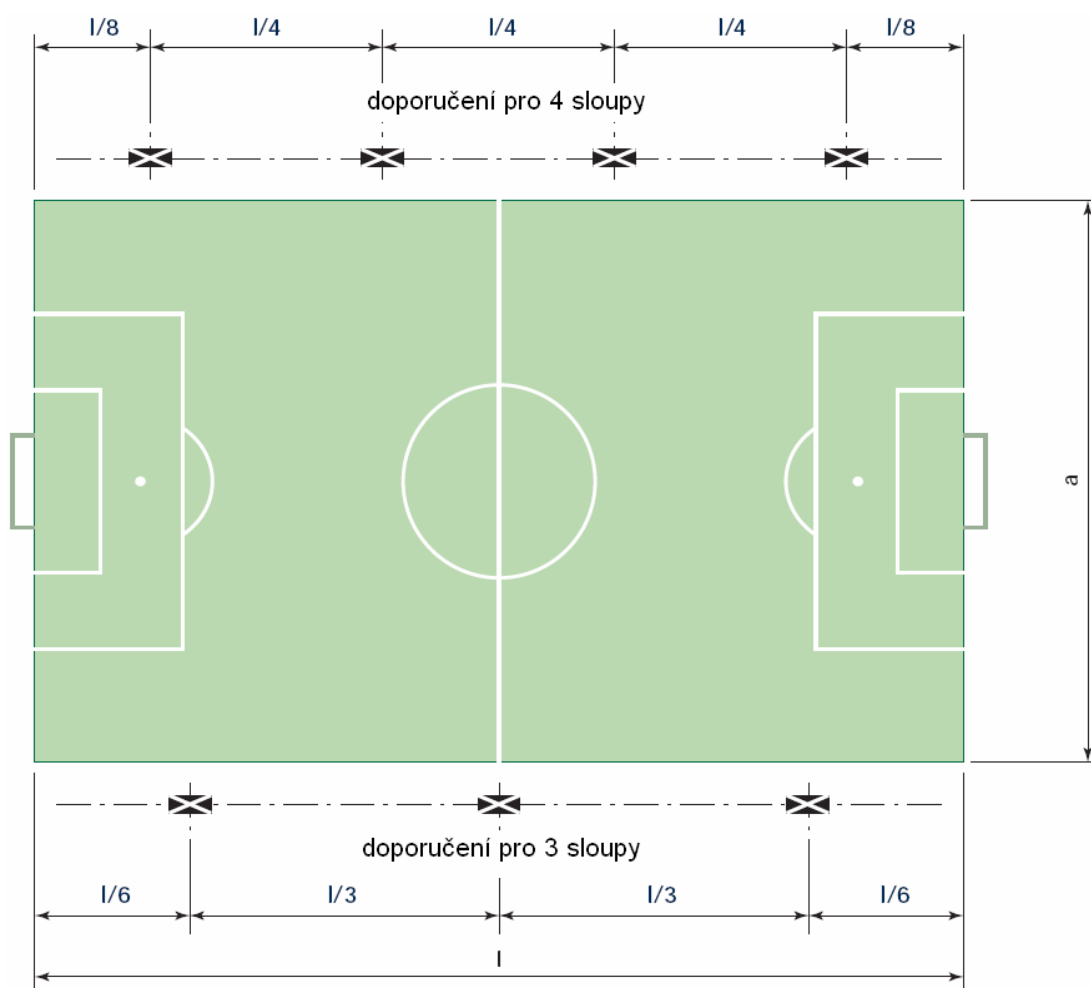
Další možností dosažení energetických úspor v těchto prostorách je jejich rozdělení na jednotlivé sektory již ve fázi návrhu. Každý z těchto sektorů má individuální ovládání a musí splňovat kvalitativní i kvantitativní požadavky na osvětlení. Úspory se dosahují například vypnutím osvětlení v sektorech, kde se v daném okamžiku nenacházejí pracovníci. To například platí pro velké kancelář amerického typu.

Nejvýraznější úspory jsou u osvětlovacích soustav tohoto typu dosahovány tehdy, kdy je do svítidel instalováno zařízení umožňující jejich stmívání. Stmívání pak probíhá v závislosti na denním světle a přítomností osob na pracovišti viz. kap. 8.

6.2. Boční rozmístění svítidel

Boční rozmístění svítidel se používá v případech kdy nelze osvětlovací soustavu umístit přímo nad osvětlovanou plochou. Základní nevýhoda takovéto osvětlovací soustavy spočívá ve vyšším příkonu oproti osvětlovacím soustavám umístěným nad osvětlovanou plochou. Důvod je jednoduchý - čtvercový zákon - osvětlenosti ubývá z kvadrátem vzdálenosti a zároveň platí kosinův zákon, který říká že osvětlenosti ubývá s úhlem dopadu světelného paprsku. U bočních osvětlovacích soustav jsou obecně vzdálenosti svítidel od osvětlovaných ploch větší a úhly, pod kterými paprsky dopadají na osvětlovanou plochu jsou menší.

Tyto typy osvětlovacích soustav se používají zejména ve velkých průmyslových halách, u kterých nelze k zavěšení osvětlovací soustavy použít střešní konstrukce a u venkovních sportovišť viz. obr. 6.2.



Obr. 6.2: Příklad rozmístění boční osvětlovací soustavy na fotbalovém hřišti

Energetických úspor u takovýchto osvětlovacích soustav lze dosahovat optimalizací závěsné výšky svítidel, jejich roztečí a vhodným nasměrováním světelného toku tak, aby se omezil světelný tok jdoucí mimo osvětlovanou oblast (zejména světelný tok do horního poloprostoru).

Vzhledem k tomu, že většina podobných osvětlovacích soustav je realizována pomocí svítidel osazených halogenidovými výbojkami, které nejduo stmívat, je možno provádět regulaci pomocí přepínání elektrických okruhů. Tato regulace má význam v průmyslových halách v součinnosti s denním světlem. U osvětlovacích soustav na sportovištích má význam přepínání z pohledu jednotlivých úrovní provozovaných sportů (trénink, krajské soutěže a ligové soutěže).

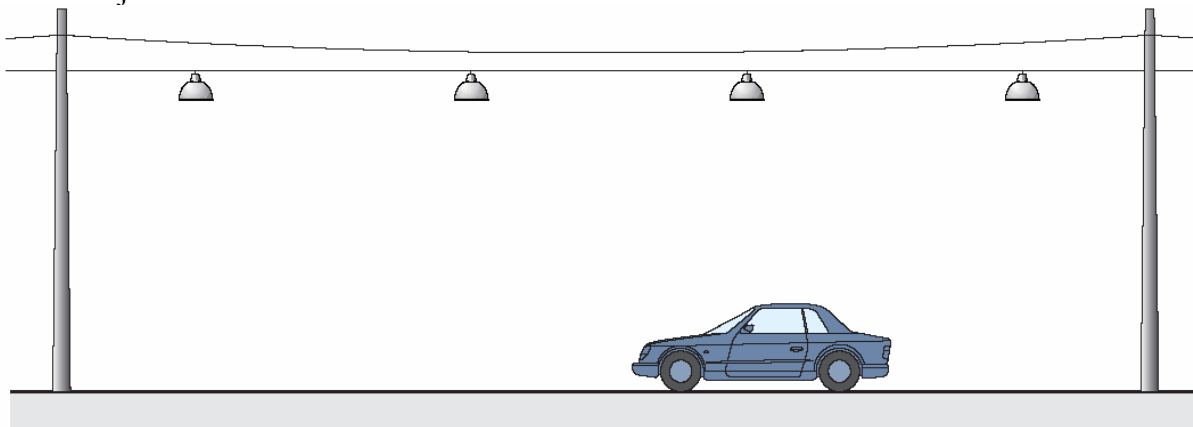
6.3. Rozmístění svítidel veřejného osvětlení

Ve veřejném osvětlení je vždy nutné brát v potaz při rozmístování svítidel třídu jednotlivých komunikací a zejména možnosti rozmístění jednotlivých světelných míst. Aby byly dodrženy normativní požadavky na osvětlení komunikace je třeba uvažovat, na rozdíl od jiných osvětlovacích soustav, s tím, že pozorovatel místa zrakového úkolu sedí v jedoucím automobilu

a pozoruje z výšky cca 1,5 m vzdálenost od cca 50 m do 100 m. Takto nastaveným pozorovacím podmínkám je nutné přizpůsobit celou osvětlovací soustavu. To se zejména týká

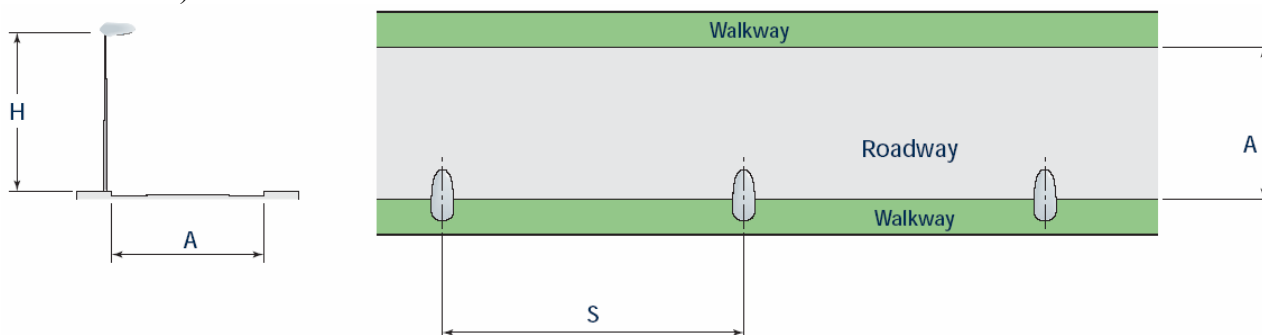
jasů svítidel (oslnění řidiče) v úhlech pod kterými má svítidla osvětlovací soustavy v zorném poli.

Nejefektivnější rozmístění osvětlovací soustavy z hlediska distribuce světelného toku a tudíž i z důvodu minimálního příkonu je osvětlovací soustava osová viz. obr.6.3. Tato osvětlovací soustava je však většinou těžko realizovatelná.



Obr. 6.3: Příklad osové osvětlovací soustavy veřejného osvětlení

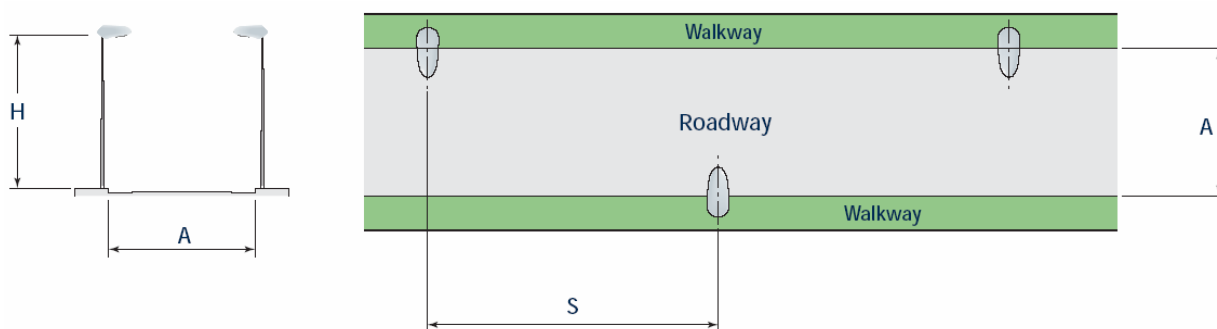
Pro úzké komunikace se používají tzv. jednostranné osvětlovací soustavy, které jsou díky svým minimálním nákladům na instalaci velmi oblíbené (pouze jedno napájecí vedení – jedna liniová stavba) viz. obr. 6.4.



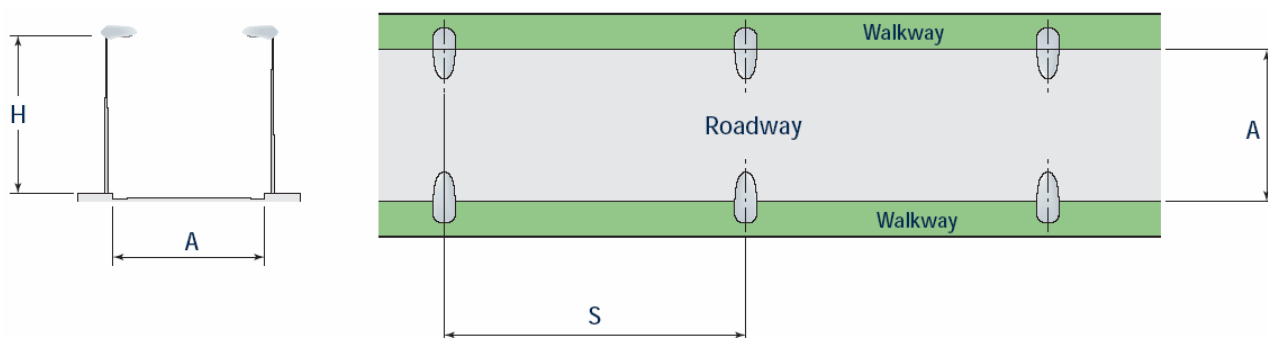
Obr. 6.4: Příklad jednostranné osvětlovací soustavy veřejného osvětlení

Pro širší komunikace se používají dva typy oboustranných osvětlovacích soustav.

- Oboustranná vystřídaná viz. obr. 6.5.
- Oboustranná párová viz. obr. 6.6.



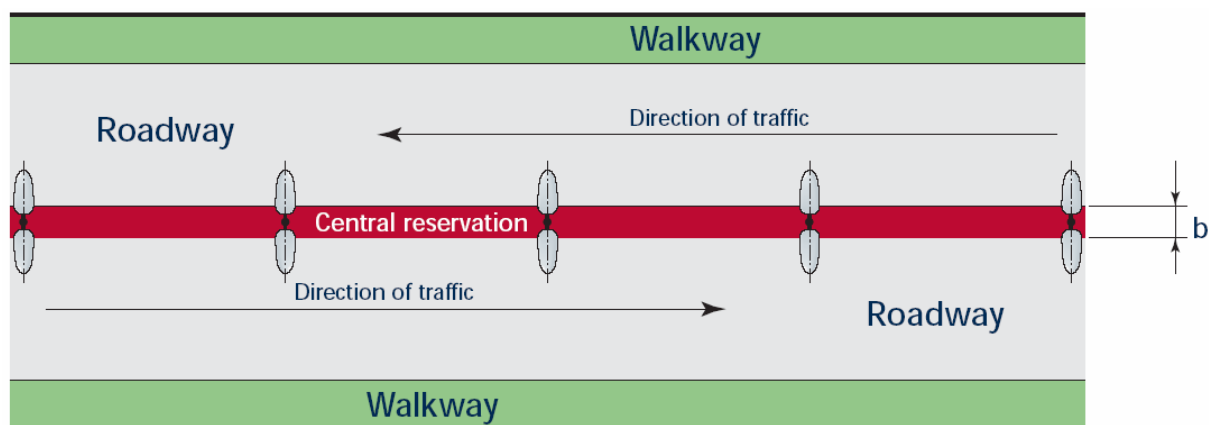
Obr. 6.5: Příklad oboustranné vystřídané osvětlovací soustavy veřejného osvětlení



Obr. 6.6: Příklad oboustranné párové osvětlovací soustavy veřejného osvětlení

Obě dvě osvětlovací soustavy mají problém z hlediska vysokých nároků na pořizovací náklady z hlediska nutnosti položení napájecího vedení na obou stranách komunikace. Důvodem tohoto řešení bývá požadavek na kvalitativní parametr osvětlovací soustavy – rovnoměrnost.

Pro směrově rozdělené komunikace lze využít osvětlovací soustavu viz. obr. 6.7, která v sobě skrývá výhody výše uvedených osvětlovacích soustav.



Obr. 6.7: Příklad osvětlovací soustavy veřejného osvětlení na směrově rozdělené komunikaci

Osvětlovací soustavy veřejného osvětlení lze z energetického hlediska optimalizovat na základě možností umístění svítidel a kombinace výšek zavěšení a roztečí s konkrétními typy svítidel. Svítit by se mělo pouze do oblasti komunikace, resp. chodníku a nikoliv do okolního prostoru. Úspory ve veřejném osvětlení lze rovněž dosahovat optimálním spínáním osvětlovacích soustav dle astronomického času, čímž se zkrátí doba jejich provozu. Další možnosti energetických úspor lze hledat v možnostech regulace světelného toku, které jsou popsány v následujících kapitolách.

7. SNIŽOVÁNÍ PODÍLU RUŠIVÉHO SVĚTLA U VEŘEJNÉHO A ARCHITEKTONICKÉHO OSVĚTLENÍ

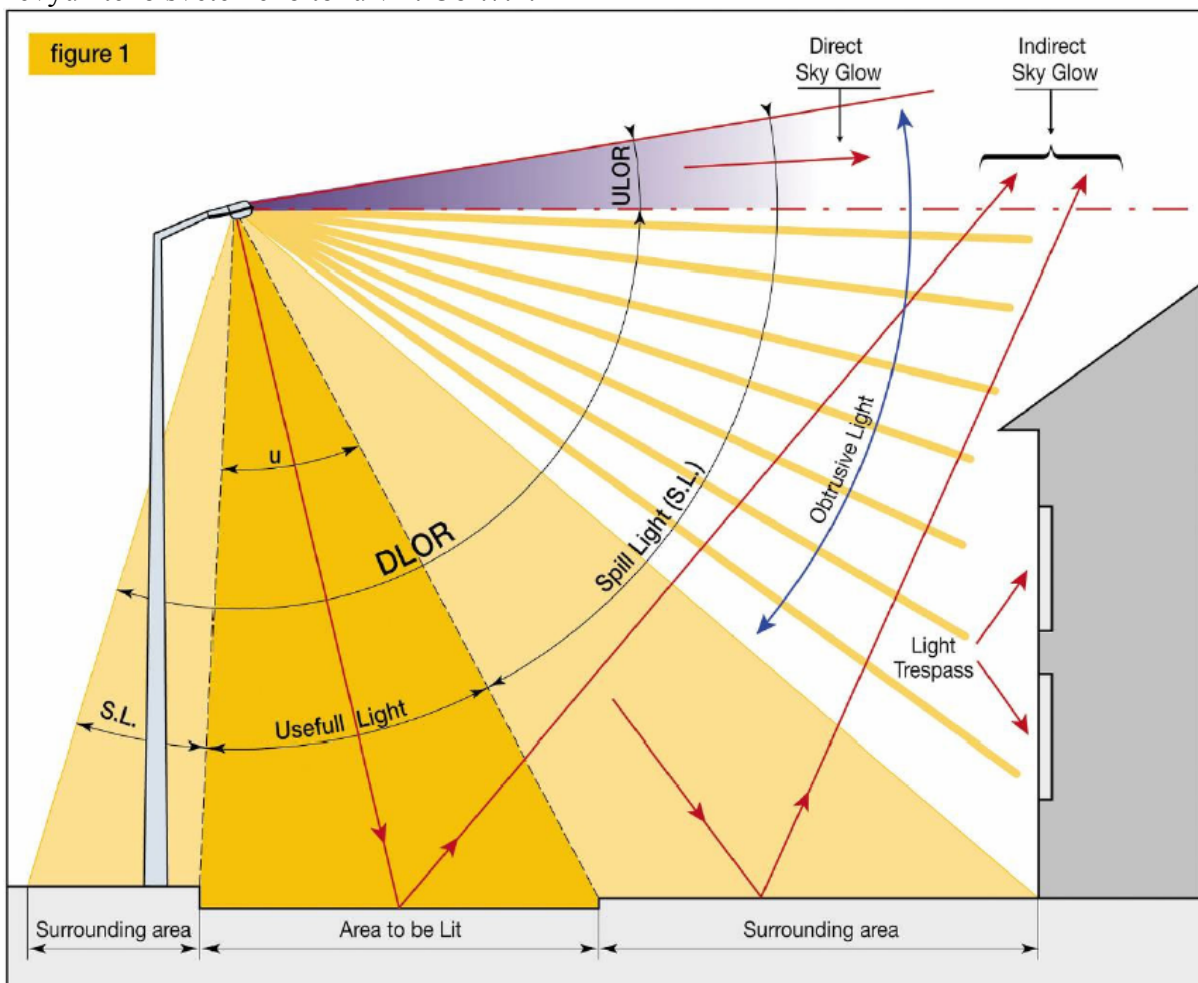
7.1. Definice rušivého světla

Rušivé světlo je rozptýlené (nadměrné, parazitní) elektromagnetické záření ve viditelné oblasti, produkované umělými světelnými zdroji, šířící se ve venkovním prostoru. V důsledku jeho množství, směru, nebo spektrálního složení a v daném kontextu způsobuje rušení, nepohodu, nebo omezení viditelnosti a rozpoznání základních zrakových informací.

Rozptýlené (nadměrné, parazitní) světlo je takové, které dopadá mimo hranice osvětlované oblasti, a které způsobuje převážně nežádoucí jevy jako jsou:

- zvýšený jas oblohy zhoršující viditelnost kosmických těles a jevů ve vesmíru,
- různé formy oslnivého světla,
- světelný přesah - přesahující světlo osvětlující plochy mimo relevantní oblast narušující přirozený stav nočního prostředí.

Rozptýlené světlo není účelně směřováno a vyznačuje se negativními sekundárními jevy v podobě ztrát, tzn. zvýšenou spotřebou elektrické energie, nerostných surovin atd. Světelný tok, který je neúčelně distribuován ve venkovním prostoru nám pak kvantifikuje míru nevyužitého světelného toku viz. Obr.7.1.



Obr.7.1 Distribuce světelného toku – převzato z publikace CELMA [1]

7.2. Předpisy a doporučení v oblasti rušivého světla

Problematikou rušivého světla se zabývají dokumenty Mezinárodní komise pro osvětlování, např. publikace CIE 126:1997 „Guidelines for minimizing sky glow“ (Směrnice pro minimalizaci záře oblohy) a CIE 150:2003 „Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations“ (Příručka k omezování účinků rušivého světla ze soustav venkovního osvětlení). Obdobná hodnocení rušivého světla se vyskytují i v posledním návrhu evropské normy z 15. září 2005 pro osvětlování venkovních prostor (ISO/FDIS 8995-2 „Lighting of work places – Part 2: Outdoor“)

V prostředí České republiky se termín světelné znečištění objevuje v zákoně č. 395/2005 Sb., „O ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů“. V ČSN EN 13201 „Osvětlení pozemních komunikací“ je věnována pozornost hlediskům, která ovlivňují vzhled a vliv na životní prostředí.

7.3. Směrnice CIE

Výše uvedené dokumenty CIE obsahují mimo jiné základní požadavky na omezení rušivých účinků světla (viz Tab. 7.1), např. požadavky na vnikání světla do oken obytných budov, na omezení svítivosti svítidel a na omezení jasů fasád budov a reklamních zařízení, a to podle tzv. zón životního prostředí.

Zóny životního prostředí:

(předpokládá se, že definici následujících zón provede příslušné pracoviště místní samosprávy, např. odbor výstavby)

E1: oblasti obzvláště tmavé (národní parky nebo chráněná území)

E2: oblasti s nízkým jasem (průmyslové nebo obytné venkovské oblasti)

E3: oblasti se středním jasem (průmyslové nebo obytné oblasti na okrajích měst)

E4: oblasti s vysokým jasem (centra měst a obchodní zóny)

Tab. 7.1: Limity rušivého světla

LIMITY RUŠIVÉHO SVĚTLA (SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ)							
Zóna	Podíl světelného toku svítidel do horního poloprostoru ULR [%]	Maximální svislá osvětlenost okolních nemovitostí (především v rovině oken obytných budov, součet od všech osvětlovacích soustav) E_v [lx]		Maximální svítivost svítidel v navrhovaných směrech I [cd]		Jas fasád budov \bar{L} [cd.m ⁻²]	Jas reklamních zařízení \bar{L} [cd.m ⁻²]
		před policejní hodinou	po policejní hodině	před policejní hodinou	po policejní hodině	před policejní hodinou i po ní (průměrná hodnota)	
E1	≤ 0	≤ 2	0*	≤ 2 500	0**	0	≤ 50
E2	≤ 5	≤ 5	≤ 1	≤ 7 500	≤ 500	≤ 5	≤ 400
E3	≤ 15	≤ 10	≤ 5	≤ 10 000	≤ 1 000	≤ 10	≤ 800
E4	≤ 25	≤ 25	≤ 10	≤ 25 000	≤ 2 500	≤ 25	≤ 1 000

ULR = poměr světelného toku dopadajícího na vodorovnou rovinu těsně nad svítidlem v provozní poloze, k celkovému světelnému toku svítidla
 * v případě svítidel osvětlení veřejných komunikací platí hodnota ≤ 1 lx
 ** v případě svítidel osvětlení veřejných (pozemních) komunikací platí hodnota ≤ 500 cd

Pozn.: Pojem „policejní hodina“ není v ČR zaveden. Můžeme jej chápat jako začátek období nočního klidu (např. od 22:00 do 6:00).

V případě posouzení vlivu osvětlených reklamních zařízení na životní prostředí je možno použít především limitů uvedených v pravém sloupci Tab. 7.1. Dále je možno zvážit vliv reklamních zařízení na svislou osvětlenost okolních nemovitostí, především v rovině oken obytných budov.

Pro hodnocení oslnění od jiných osvětlovacích soustav než jsou osvětlovací soustavy pozemních komunikací se uvádějí maximální hodnoty prahového přírůstku TI (Tab.7.2).

Tab. 7.2: Maximální hodnoty prahového přírůstku TI

Světelnotechnické parametry	Třída komunikace ^{a)}			
	jiné než osvětlení pozemní komunikace	M5	M4/M3	M2/M1
Prahový přírůstek TI ^{b) c)}	15% při adaptačním jasu 0,1 cd/m	15% při adaptačním jasu 1 cd/m	15% při adaptačním jasu 2 cd/m	15% při adaptačním jasu 5 cd/m

a) Klasifikace osvětlovacích soustav silničních komunikací podle CIE 115-1995
 b) Omezení se používají tam, kde se u uživatelů dopravního systému projevuje snížení schopnosti vidět základní informace. Hodnoty platí pro relevantní polohu a pohled ve směru komunikace.

Maximální hodnoty závojevého jasu (L_v) vztahované k limitním hodnotám TI jsou uvedeny v tab 7.3.

Tab. 7.3: Maximální hodnoty závojevého jasů vztažené k limitním hodnotám TI

Třída komunikace			
jiné než osvětlení pozemní komunikace	M5	M4/M3	M2/M1
0,04	0,23	0,4	0,84

7.4. Zákon č. 395/2005 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů /zákon o ochraně ovzduší/

Zákon č. 395/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů /zákon o ochraně ovzduší/, ve znění pozdějších předpisů v § 2 odst. 1 písmeno r) definuje tzv. světelné znečištění („světelným znečištěním se pro účely tohoto zákona v oblasti ochrany ovzduší 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 účelově směřováno“) a v § 50 odst. 3 uvádí, že „obec může závaznou vyhláškou v oblasti opatření proti světelnému znečištění regulovat promítání světelných reklam a efektů na oblohu“.

7.5. ČSN EN 13201 Osvětlení pozemních komunikací.

Pro osvětlování pozemních komunikací v ČR platí soubor norem ČSN EN 13201 „Osvětlení pozemních komunikací“.

Osvětlovací soustava osvětluje relevantní oblast pozemní komunikace, způsobuje míru zhoršení viditelnosti omezujícím oslněním svítidly osvětlovací soustavy. V relevantní oblasti hodnotíme oslnění tzv. prahovým přírůstkem (*TI*). Prahový přírůstek je definován pro třídy osvětlení ME a MEW, které se vztahují na řidiče motorových vozidel pohybujících se po pozemních komunikacích střední a vysokou povolenou rychlostí (Světelné situace A1, A2, A3 a B1, B2). V tomto smyslu nehodnotíme rušivé světlo ve smyslu světelného znečištění.

Naopak světlo distribuované osvětlovací soustavou dopadající mimo místo zrakového úkolu považujeme za rozptýlené vykazující rušivé vlivy. Oslnění rušivým světlem mimo relevantní oblast lze hodnotit pomocí prahového přírůstku (viz. ČSN EN 13201 kapitola 2.1.) nebo třídou clonění a třídou oslnění.

Hodnocením rušivého světla osvětlovacích soustav pozemních komunikací se zabývá druhá část (ČSN EN 13201-2) v kapitole 7 „Vzhled a vliv na životní prostředí“, kde se uvádí, že vzhled a rozmístění jednotlivých prvků osvětlovací soustavy může značně ovlivnit vzhled komunikace a životního prostředí během dne a noci. To platí nejen pro uživatele komunikace, ale i pro pozorovatele, který vnímá osvětlovací soustavu s určitým odstupem. Z hlediska rozptýleného světla působící rušivé je nutné pozornost věnovat hlediskům, které ovlivňují:

1. vzhled a příjemné působení v noci
 - barevný tón světla,
 - podání barev,
 - montážní výška svítidel,
 - vzhled svítící osvětlovací soustavy,
 - optické vedení zajišťované přímým světlem svítidel,
 - regulace hladiny osvětlení.

2. omezení světla vyzařovaného do směrů, kde není potřeba nebo kde je nežádoucí:

- venkovské a příměstské oblasti, kde osvětlovací soustava působí rušivě při dálkových pohledech přes otevřenou krajinu,
- minimalizace rušivého světla vnikajícího do objektů,
- vyzařování nad vodorovnou rovinu, které rozptylem v atmosféře narušuje přirozený pohled na hvězdy a zhoršuje podmínky pro astronomická pozorování.

V příloze A se uvádí, že jako měřítko pro hodnocení obtěžujícího (rušivého) světla je možno použít tříd svítivosti G (G1 až G6), které udávají limitní hodnoty svítivosti v cd/klm pro úhly 70°, 80° a 90° od svislice směrem vzhůru Tab. 7.4

Tab. 7.4: Maximální svítivost svítidel

Třída	Maximální svítivost [cd/klm]			Jiné požadavky
	při 70° ^{a)}	při 80° ^{a)}	při 90° ^{a)}	
G1		≤ 200	≤ 50	žádné
G2		≤ 150	≤ 30	žádné
G3		≤ 100	≤ 20	žádné
G4	≤ 500	≤ 100	≤ 10	svítivost nad 95° ¹⁾ je nula
G5	≤ 350	≤ 100	≤ 10	svítivost nad 95° ¹⁾ je nula
G6	≤ 350	≤ 100	0	svítivost nad 90° ¹⁾ je nula

¹⁾ Svítivost v uvedeném úhlu měřeném zdola od svislice, v libovolném směru, pro svítidlo v provozní poloze.

Norma v současné době neřeší, kterou třídu svítivosti kdy použít. Proto se v návrhu změny Z1 (listopad 2006) této normy definuje třída clonění v závislosti na zóně životního prostředí. Předpokládá se, že vymezení zón životního prostředí provede příslušné pracoviště místní samosprávy, např. odbor výstavby. Navrhovaná doporučená třída clonění v závislosti na zóně životního prostředí je uvedena v Tab. 7.5.

Tab. 7.5: Třída clonění svítidla v závislosti na zóně životního prostředí

Zóna prostředí	životního	Přípustná clonění	třída
E1		G6	
E2		G6 až G4	
E3		G6 až G2	
E4		G6 až G1	

Pro hodnocení oslnění obtěžujícím (rušivým) světlem je možné využít tříd oslnění. Norma v současné době neřeší, kterou třídu svítivosti kdy použít. Proto se v návrhu změny Z1 (listopad 2006) této normy definuje třída oslnění v závislosti na montážní výšce a jasu okolí. Použití tříd oslnění podle Tab. 7.6 se doporučuje v obytných oblastech a pěších zónách, kde je rušivé oslnění chodců a řidičů většinou způsobeno jasnem jednotlivých svítidel nacházejících se v blízkosti obvyklého směru pohledu pozorovatele. Doporučení pro použití tříd oslnění je uvedeno v Tab. 7.7.

Tab. 7.6: Třída oslnění

Třída	DO	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Hodnota součinitele oslnění	-	≤ 7000	≤ 5500	≤ 4000	≤ 2000	≤ 1000	≤ 500

Tab. 7.7: Doporučení pro použití tříd oslnění

Montážní výška svítidel H [m]	Třída oslnění	Poznámky
$H > 6$	D1	
$6 \geq H > 4,5$	D2	
$4,5 \geq H > 3$	D3	
$3 \geq H$	D4	velký jas okolí
	D5	střední jas okolí
	D6	malý jas okolí

7.6. Řešení problematiky rušivého světla

V současné době existují silné snahy o regulaci osvětlení. V následujícím textu je stručný návod jak lze postupovat při návrhu osvětlovací soustavy se snahou o co nejmenší narušení přírodního stavu nočního prostředí při splnění požadavků na bezpečnost, atd..

Snížit světelné emise k obloze lze v případě venkovního osvětlení komunikací a veřejných prostranství dle výše uvedených postupů následovně:

1. použitím vodorovně nainstalovaných svítidel uzavřených plochým sklem na místech, kde jsou svítidla použita jednotlivě nebo v několika kusech a je pevně dána jejich poloha, tedy například:
 - vjezdy do objektů,
 - přechody pro chodce,
 - zastávky autobusů, tramvajů apod.,
 - malá nádvoří a malé osvětlované plochy, osvětlené nejvýš čtyřmi svítidly.
2. použitím regulace osvětlení. Tím je míněna regulace stupňovitá nebo plynulá. V žádném případě nelze regulovat příkon osvětlovací soustavy tak, že se bude zapínat „ob stožár“ – takové osvětlení podstatně zhorší podmínky pro vidění a to může být paradoxně příčinou dopravní nehody. Pokud bude soustava provozována po polovinu noci s polovičním světelným výkonem, tak se sníží zatížení nočního prostředí o čtvrtinu. To je významně víc než třeba záměnou „klasických“ svítidel pro veřejné osvětlení svítidly s plochým sklem (tato záměna může mít dokonce opačný efekt).
3. náhradou svítidel, která vyzařují světlo v enormních hodnotách do horního poloprostoru. Do této skupiny nepatří běžná svítidla pro osvětlování komunikací, která jsou uzavřena vydutou mísou. Typickým představitelem však jsou tzv. koule. Pokud se však taková svítidla nenachází v citlivé lokalitě (přírodní rezervace nebo astronomická observatoř), tak je žádoucí posoudit i estetické působení takovýchto svítidel. Dokonce i v materiálech odpůrců veřejného osvětlení se lze dočíst, že je ještě přípustné svítidlo, které vyzáří do horního poloprostoru až 2250 lm, pokud jsou taková svítidla umístěna tak, že v prostoru o poloměru dvou metrů se vyskytuje pouze jedno svítidlo (tomuto

požadavku vyhoví svítidlo osazené např. vysokotlakou halogenidovou výbojkou 35 W nebo kompaktní zářivkou až 55 W).

4. rekonstrukcí osvětlení - typ svítidel musí určit kvalifikovaný světelný technik. Je třeba porovnat míru rušivých účinků jednotlivých typů svítidel, protože mohou nastat případy, kdy množství světla vyzářeného k obloze je vyšší u cloněných svítidel než u svítidel s obvyklými vydutými mírami.

Snížit emise při osvětlování památek, architektury, reklam nebo informativních tabulí lze:

5. ve všech uvedených příkladech preferováním svícení směrem k zemi. To samozřejmě v některých případech nelze (např. kostelní věž). Pakliže tato situace nastane, je nutné zajistit, aby jen minimum světelného toku bylo vyzářeno mimo osvětlovaný objekt. Toho lze docílit případným doplněním svítidel vhodnými clonami. Návrh způsobu osvětlení by měl provést kvalifikovaný odborník.

Pro snižování emisí při osvětlování je nepřijatelné:

6. provádět prostou záměnu svítidel s vydutým sklem za svítidla s plochým sklem některým z těchto způsobů:
 - postupnou záměnou – to znamená vyměnit jedno svítidlo v řadě. To je jeden z laických (a častých) návodů jak s minimálními náklady vyměnit svítidla – vyměnit svítidlo v okamžiku kdy je nepoužitelné.
 - vyměnit celou řadu (soustavu) bez odborného posouzení. Pokud totiž byla původní soustava dobře navržena, pak záměna svítidel a jejich ponechání na původních místech nemusí zajistit splnění kvalitativních a kvantitativních požadavků na osvětlení. Soustava nezajistí dobré vidění a nekvalitní osvětlení může být v důsledku příčinou ztráty na zdraví, životě nebo majetku. Přípustný je pouze způsob popsaný v bodě 4.
7. odstranění vydutých skel ze svítidel bez náhrady, nebo jejich náhrada plochými skly vyrobenými svépomocí. Obojí je zásah do konstrukce svítidla, čímž se poruší jeho vlastnosti. Tím ztrácí svítidlo homologaci a **nesmí** být provozováno. A i kdyby - změnil se jeho optické vlastnosti, takže může dojít k tomu, že nebude komunikace dostatečně osvětlena a následkem toho dojde k úrazu nebo dopravní nehodě. Navíc ztratí svítidlo své krytí a vlivem okolního prostředí pak dojde rychleji k jeho znehodnocení.
8. doplnit svítidlo svépomocně vyrobenými clonami nebo nátěry omezujícími vyzařování světla například pro zamezení dopadu světla do přilehlých oken. Takové úpravy lze provádět pouze pomocí prvků pro dané svítidlo homologovaných. Důvody jsou uvedeny v předešlém bodě.
9. vypínání poloviny svítidel – tzv. „svícení ob stožár“. Dojde k střídání osvětlených a tmavých míst a oko se pak musí neustále adaptovat na změny jasu v zorném poli. Důsledkem je značné zhoršení vnímání s významně zvýšeným rizikem vzniku nehody. Než takové svícení, tak je bezpečnější osvětlení zcela vypnout.
10. svícení pouze na kritických místech, to znamená například tak, že se osvětlení v celé obci vypne a svítí pouze svítidla na křižovatkách nebo přechodech. Řidič se ze tmy musí rychle adaptovat na vysoký jas a následně na naprostou tmu. Zejména při přechodu ze světla do tmy se nestačí oko adaptovat, takže není sto zaregistrovat tmavší překážky. Možné důsledky jsou zřejmé.

7.7. Vlastnosti svítidel

7.7.1. Účinnost a úhel vyzařování svítidel

Obecně lze účinnost svítidla popsat jako podíl světelného toku ze svítidla vycházejícího ku světelnému toku v něm nainstalovaném (světelný tok zdroje nebo zdrojů). Světlo ze svítidla vystupuje otvorem (difuzorem) jednak přímo, jednak po odrazu od reflektoru (každým odrazem se samozřejmě sníží množství světla, protože se z části pohltí). Provedou-li se určitá zjednodušení, pak lze prohlásit, že účinnost svítidla je tím větší, čím větší je otvor, kterým světlo opouští svítidlo.

Zvětšit clonění lze změnou polohy světelného zdroje – jeho hlubším zapaštěním do svítidla, nebo zmenšením výstupního otvoru. První příklad není obvyklý. Pokud některý výrobce nabízí svítidla s klasickým difuzorem i plochým sklem, pak se v drtivé většině případů jedná o shodná svítidla. Změny se dosáhne pouze záměnou krytu. Světelný zdroj se pak více zacloní vlivem nosné konstrukce plochého skla (rámeček) a jeho účinnost klesne.

Ke snížení účinnosti svítidla při použití plochého skla dojde také z toho důvodu, že nastanou vyšší ztráty při průchodu a zpětném odrazu světla sklem. Tak, jak se zvyšuje velikost úhlu vystupujícího paprsku od svislice, tak se také zvyšuje úhel mezi paprskem a sklem a stává se ostřejším. Čím je ostřejší úhel mezi dopadajícím paprskem a rovinou skla, tím více se paprsek odráží zpět do svítidla, a tím je delší jeho dráha skleněnou vrstvou. Každý odraz znamená zmenšení světelného toku a každý milimetr trasy sklem znamená ztráty pohlcením. Následkem je opět snížení účinnosti svítidla.

Důsledkem snížení účinnosti svítidla je to, že se musí zvýšit světelný tok světelného zdroje ve svítidle tak aby se dosáhlo stejného osvětlení komunikace (nebo jiného venkovního prostranství) jako při použití „klasických“ svítidel s vypouklým difuzorem.

Případný rámeček odcloní také světelné paprsky, které u klasického difuzoru vystupují ze svítidla pod úhly blízcími se vodorovnému směru. Zdánlivě to je dobře, protože se sníží svítivost směrem k oku pozorovatele a tedy se sníží i oslnění. Reálný svět je opět trochu složitější. O tom, tedy o oslnění, později.

Praktický důsledek je takový, pokud chceme zachovat určitou rovnoměrnost osvětlení, více cloněná svítidla musíme umisťovat s menšími roztečemi než svítidla méně cloněná. Více cloněná svítidla mají menší úhel vyzařování, dosvítí tedy do menší vzdálenosti.

Je-li soustava svítidel s určitým cloněním (například běžná svítidla s vypouklým difuzorem) optimálně navržena (ideální rozteče svítidel a jejich výšky), pak je jisté, že zajistit rovnoměrné osvětlení svítidly více cloněnými (např. svítidla s plochým sklem) znamená:

Buď osadit svítidla s menšími roztečemi (a v menších výškách), nebo více cloněná svítidla umístit na vyšší stožáry a osadit je výkonnějšími světelnými zdroji.

Nelze provést přechod od soustavy se svítidly s klasickými vypouklými difuzory na soustavu s plochými skly prostou výměnou jednoho typu svítidla za druhý. Alespoň ne v případě, kdy byla původní soustava správně navržena.

7.7.2. Optické vedení řidiče

Další nepříznivou vlastností svítidel s plochým sklem je to, že jsou méně zřetelná při dálkových pohledech. Opět na prvý pohled dobrá vlastnost. Opak je pravdou, protože svítidla jsou méně vhodná pro tzv. optické vedení řidiče. V místech se zástavbou, vyšším porostem či okolními nerovnostmi není vidět vozovka. Přesto svítidla „ukazují“ jaký tvar má komunikace. Řidič je s předstihem informován o směru další cesty. Pokud svítidlo nemá vypouklý difuzor, pak je daleko méně patrné než pokud ho má.

Jak již bylo řečeno, soustava s rostoucím cloněním se musí realizovat světelnými body s menšími roztečemi stožárů. Pokud se rozteče nezmenší, pak se musí naopak zvýšit stožáry a samozřejmě zvýšit i příkon světelných zdrojů. Pro svítidla s plochým sklem je nárůst instalovaného světelného toku (nebo počtu svítidel) vyšší o 5÷35 % proti „klasické“ soustavě. To se mění podle typu komunikace a geometrických poměrů na ní.

7.7.3. Oslnění

Tvrzení, že svítidla s plochým sklem neoslňují (nebo jen velmi málo) je jedním z nejoblíbenějších neodborných argumentů. Soustavy s takovými svítidly neoslňují o nic méně než soustavy „klasické“. Dokonce mohou nastat případy, kdy oslňují více. A to není myšlen případ, kdy se pozorovatel zahledí do svítidla přímo a je oslněn přímo světelným zdrojem.

Pokud se budou posuzovat jednotlivá svítidla izolovaně, pak obvykle s rostoucím cloněním bude klesat oslnění. Jiná situace nastane v případě, že je v zorném poli více svítidel, což je charakteristické pro komunikace. S rostoucím cloněním se zmenšují rozestupy a v zorném poli pozorovatele je více oslňujících zdrojů a jsou v méně příznivé poloze (obvykle totiž jsou u více cloněných svítidel nutné nižší stožáry). Z toho plyne vyšší pravděpodobnost, že bude pozorovatel oslňován. V případě, že bude rozteč svítidel i jejich výška nad pozorovatelem shodná bez ohledu na clonění, pak s rostoucím cloněním bude nutné použít výkonnější světelné zdroje. Svítidla jsou jasnější a opět je reálné nebezpečí vyššího oslnění.

To, zda bude soustava oslňovat nebo ne, záleží na mnoha parametrech, které nelze jednoznačně generalizovat. Proto rozhodnutí o tom, zda soustava bude oslňovat nebo ne je možné podat až po podrobné odborné analýze. Nelze prohlásit, že cloněná svítidla méně oslňují. Není to obecně platná pravda.

7.7.4. Světlo vyzářené na oblohu

Dostáváme se k poslední, nejzávažnější otázce – zda více cloněná svítidla jsou šetrnější k nočnímu světu.

Světlo je ze svítidla vyzářené na oblohu jednak přímo, jednak se k obloze odráží světlo dopadající na terén a jiné plochy obklopující svítidlo. Množství odraženého světla je závislé na množství světla dopadajícího na tyto plochy a na jejich odrazných vlastnostech.

Není vzácný případ, kdy množství světla odraženého k obloze je pro soustavu s více cloněnými svítidly vyšší, než množství světla, které na oblohu vyzáří „klasická“ osvětlovací soustava. „Klasická“ soustava sice vyzáří určité procento světelného toku na oblohu přímo, ale vzhledem k tomu, že má lepší činitel využití, tak světla odraženého od terénu vyprodukuje méně. Součet přímé a nepřímé složky může být pro „klasickou“ soustavu menší než pouze odražená složka soustavy s plně cloněnými svítidly s plochými skly.

7.7.5. Vlastnosti „plně“ cloněných svítidel

Svítidla s clonou tvořenou plochým sklem mají ve srovnání s „klasickými“ svítidly téže kvalitativní kategorie.

Pozitivní vlastnosti:

- méně oslňují. Pouze zdánlivě, někdy ano, jindy ne.

Negativní vlastnosti:

- nižší účinnost,
- menší vyzařovací úhel,
- horší schopnost optického vedení řidiče.

Neutrální vlastnosti:

- Produkují méně rušivého světla vyzářeného na oblohu. Opět zdánlivě, někdy ano, jindy ne.

7.8. Volba osvětlovacích soustav

Z předešlého lze učinit jediný závěr. Nelze automaticky prohlašovat, že svítidla s plochým sklem jsou šetrná k noční přírodě. Rozhodnout lze zásadně pouze po provedení porovnání kvalifikovaným výpočtem. Návrh osvětlení by měl obsahovat výpočty dvou (alespoň dvou) osvětlovacích soustav. Soustavy s vypouklým difuzorem, tedy „klasické“, a soustavy plně cloněné s plochým sklem. Porovnávání soustav musí samozřejmě zajišťovat splnění všech kvalitativních i kvantitativních ukazatelů pro daný účel (osvětlení komunikace, pěší zóny, pracovní plochy...). Obě soustavy musí být tvořeny svítidly stejné kvalitativní (cenové) třídy; nejlépe od téhož výrobce, téže typové řady.

Porovnání soustav ukáže jaké řešení je nejšetrnější. Nejšetrnější ekologicky. Ekologicky šetrná soustava však nemusí být šetrná ke kapse investora ani provozovatele. V případě, že se ukáže, že je ekologická soustava s více cloněnými svítidly, pak to ve velké většině případů znamená, že svítidel bude větší počet než u soustavy klasické. To znamená, že bude investičně i provozně náročnější. Pak je na místě rozhodnout, zda ekologický přínos vyváží tyto vyšší náklady. Jsou místa kde však nelze nadřazovat ekonomická hlediska hlediskům ekologickým. Patrně tak tomu bude v blízkosti přírodních rezervací nebo významných astronomických observatoří.

Existují případy, kdy není zapotřebí provádět výše uvedený rozbor. To je tam, kde se používají jednotlivá svítidla. Mohou to být například vjezdy do továrních nebo skladových dvorů, které osvětluje jedno svítidlo. Pak by mělo být samozřejmě plně cloněné, protože osamělé svítidlo skutečně vyprodukuje méně rušivého světla.

Jiným příkladem mohou být přechody pro chodce. Zde jsou vždy dvě svítidla (případně u širokých komunikací s dělícím pruhem čtyři). Neprojevuje se zde „efekt“ nárůstu počtu svítidel s rostoucím cloněním. Dokonce lze téměř s jistotou prohlásit, že svítidla s plochým sklem budou i méně oslňovat. Zde je ovšem třeba překonat mylný „mýt“, že tzv. zebra je nutná pro rozlišení přechodu (optické vedení řidiče). Není tomu tak. V nočních hodinách je přechod odlišen použitím jiné barvy světla. Řidič, který by se podíval přímo do svítidla by

v řadě případů ani nezjistil, že se jedná o „zebru“, protože by byl omezen ve vidění, pravděpodobně i oslněn. Mnohem vhodnější a zřetelnější je doplnit značení přechodu dostatečně zřetelnou dopravní značkou, případně blikajícím návěstím. To dostatečně zvýrazní přechod nejen v nočních hodinách, ale i za dne.

7.9. Záměna svítidel

Jak bylo ukázáno, není svítidlo s plochým sklem zárukou minimalizace rušivého světla. Přesto se lze s tímto požadavkem velice často setkat. A dokonce s tvrzením, že lze záměnu provádět postupně. Tedy v okamžiku, kdy doslouží svítidlo s vypouklou mísou, tak je nahradit svítidlem s plochým sklem. Jsou případy, kdy se to obejde bez následků. Ovšem v případech, kdy byla původní soustava navržena správně, tak tato záměna přinese zhoršení podmínek pro vidění. **Snaha o zlepšení nočního prostředí tedy může vést k jeho zhoršení, a to dokonce při zvýšení nákladů na energii!** Samozřejmě to platí pouze pro konkrétní případy. Jindy nemusí k takovému navýšení dojít a soustava může zajistit podmínky pro normou požadované vidění. Opět nezbyvá než zopakovat: **Jakékoliv úpravy je možné provést pouze za spolupráce s kvalifikovaným světelným technikem.**

8. OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

8.1. Vnitřní osvětlovací soustavy

Mezi hlavní důvody řízení osvětlení patří dosažení požadovaného osvětlení s ohledem na vykonávanou činnost, přizpůsobení osvětlení požadavkům uživatele, dosažení požadovaného osvětlení v závislosti na úrovni denního světla a snížení provozních nákladů na osvětlení. Výsledkem řízení osvětlení je zlepšení kvality osvětlení, zpříjemnění pobytu a práce, snížení příkonu svítidel a ztrát na napájecím vedení. Dříve byly světelné zdroje řízeny (regulovány) z důvodu přizpůsobení jasu určité situaci. V posledních desetiletích však osvětlovací zařízení regulují intenzitu osvětlení převážně z ekonomického hlediska. S vývojem elektronických technologií se postupně ustupuje od klasického způsobu ovládání osvětlovacích soustav pouze změnou napájecího napětí a přistupuje se k řízení osvětlení pomocí různých řídicích systémů. Tyto systémy poskytují možnost řídit a ovládat osvětlovací soustavu z hlediska maximálního využití denního světla a přítomnosti osob. V dnešní době existují systémy, které se zabývají nejen řízením osvětlení, ale také ovládáním všech technologií v budovách, jako jsou vytápění, klimatizace, bezpečnostní systémy a požární signalizace. Přestože ekonomické a energetické úspory jsou hlavním kritériem pro volbu těchto systémů, dosahuje se pomocí nich také zvýšení komfortu osvětlování a provozní bezpečnosti.

8.1.1. Stanovení kritérií

Nejdůležitější kritéria pro řízení umělého osvětlení:

- **Komfort řízení** – spočívá v poskytnutí **pohodlného ovládání** dané osvětlovací soustavy. Komfort spojený s kvalitou řízení osvětlovací soustavy se dosahuje použitím různých senzorů a dálkových ovládaní.
- **Úspora elektrické energie** – řídicí systémy dosahují vysoké úspory při optimálním návrhu osvětlovací soustavy ve spojení s využitím dostupného denního světla, s časovými spínači a s použitím světelných a pohybových senzorů.
- **Flexibilita** – přizpůsobivost řídicího systému je důležitou vlastností řídicích prvků zabezpečující variabilitu použití.
- **Přesnost a funkčnost systému** – je dána kvalitou použitých řídicích prvků.
- **Ekonomické náklady** – jsou jedním z rozhodujících kritérií při výběru řídicího systému a souvisí s předcházejícími kritérii.

8.1.2. Regulace osvětlení jednotlivých typů světelných zdrojů

Regulovat osvětlovací soustavu můžeme:

- **Klasickými spínači** – řízení rovnoměrně rozmístěné osvětlovací soustavy dosáhneme tzv. okruhováním svítidel. Jednotlivé okruhy spínáme vypínači nebo napojením na řízení v závislosti na přítomnosti denního osvětlení či přítomnosti osob. Je to jeden s nejjednodušších principů řízení osvětlovacích soustav. Nutná je ovšem podmínka zachování vyhovující rovnoměrnosti. Rozsah stmívání je obvykle 100 % a 50 %. Počet regulačních stupňů závisí pouze na počtu okruhů. Je nutné s těmito stupni počítat (již při návrhu osvětlovací soustavy) tak, aby byla při všech úrovních splněna podmínka požadované rovnoměrnosti osvětlení. Hlavní výhodou tohoto řízení jsou nesporně velmi nízké investiční náklady.

- **Stmívači** – dosahujeme plynulé regulace osvětlovací soustavy. Existují různé druhy stmívačů od analogových až po elektronické, v závislosti na použitém zdroji osvětlení a předřadného přístroje. Tyto stmívače můžeme řídit ručně pomocí tlačítek, řídicím systémem nebo dálkovým ovládáním. Povel ke stmívání může být také spuštěn z čidla přítomnosti osob, čidlem na denní osvětlení, nebo časovým spínačem. Při stmívání se obecně snižuje měrný výkon světelných zdrojů. Tento fakt je nutno zdůraznit, protože například při provozu osvětlovací soustavy na 50% světelného toku není elektrický příkon 50%, ale je vyšší. V *Tab.8.1* je znázorněn orientační rozsah možností regulace světelného toku u vybraných světelných zdrojů.

Tab. 8.1: Rozsah regulace vybraných světelných zdrojů

Světelné zdroje	Rozsah regulace [%]	Poznámka
Žárovky	0 ÷ 100	Snižování T_c (K)
Halogenové žárovky	0 ÷ 100	teploty chromatičnosti
Zářivky s konvenčním předřadníkem (tlumivka)	40 ÷ 100	
Zářivky s elektronickým předřadníkem	1 ÷ 100	
Kompaktní zářivky s elektronickým předřadníkem	3 ÷ 100	
Světelné diody (LED)	0 ÷ 100	
Halogenidové výbojky	50 ÷ 100	Nedefinované změny barvy světla – nedoporučuje se stmívat
Vysokotlaké sodíkové výbojky	40 ÷ 100	

Možnosti regulace klasických žárovek

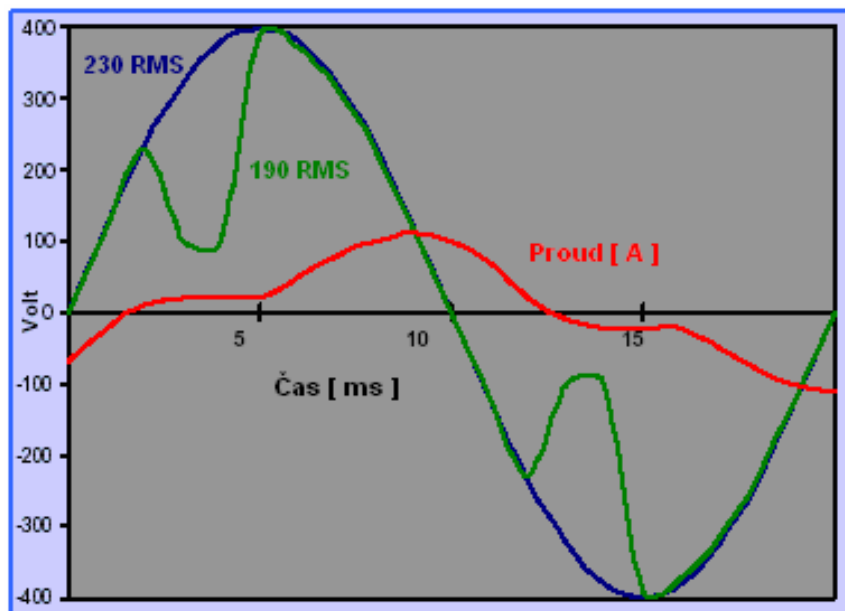
- **Základní regulace** - osvětlovací soustavy probíhá přepínáním okruhů, nejčastěji v rozsahu 0 %, 50 %, 100 % (v případě 2 elektrických okruhů).
- **Fázová regulace** - jedná se o regulaci napětím, kde systém reguluje světelný tok světelného zdroje snižováním efektivní hodnoty napájecího napětí při zachování amplitudy napětí. Rozsah regulace od 0 % do 100 % světelného toku.
- **Amplitudová regulace** - jedná se rovněž o regulaci napětím. Systém reguluje světelný tok světelného zdroje změnou efektivní hodnoty napětí, ke které dochází změnou amplitudy napětí (přepínání odboček transformátorů nebo regulace amplitudy napětí pomocí autotransformátorů). Rozsah regulace od 0 % do 100 % světelného toku.

Možnosti regulace halogenových žárovek na nízké napětí

Principy regulace jsou stejné jako v předcházející kapitole. Výkon se reguluje na primární straně transformátoru. Používají se regulátory určené pro stmívání zdrojů napájených indukčními nebo elektronickými transformátory. U halogenových žárovek je nutné uvažovat s tím, že při jejich regulaci se zastaví kruhový proces usazování wolframu. Z tohoto důvodu je nutné zajistit občasné provozování na 100% napájecím napětí tak, aby došlo ke sloučení wolframu s halogenovými prvky uvnitř baňky žárovky. Nedojde tím k snižování doby života žárovky.

Možnosti regulace zářivek s konvenčními předřadníky

- **Základní regulace** - světelného toku soustavy probíhá přepínáním okruhů, nejčastěji v rozsahu 0 %, 50 %, 100 %.
- **Fázová regulace** - rozsah regulace od 40 % do 100 % světelného toku. Regulace probíhá na základě popsaném na *Obr. 8.1*.



Obr. 8.1: Změna efektivní hodnoty napětí při zachování amplitudy napětí.

Možnosti regulace zářivek se stmívatelnými elektronickými předřadníky

Stmívání zářivek s elektronickým předřadníkem dosáhneme změnou parametrů (frekvence, napětí) na výboji. U elektronických předřadníků rozlišujeme v podstatě dva druhy ovládání stmívání a to analogové a digitální. Pomocí stmívatelných elektronických předřadníků dosahujeme plynulou regulaci světelného toku světelných zdrojů v rozsahu 1% - 100 % u lineárních zářivek a 3% - 100% u kompaktních zářivek.

Možnosti regulace zářivek s nestmívatelnými elektronickými předřadníky

Je možná pouze základní regulace světelného toku soustavy, a to přepínáním okruhů, nejčastěji v rozsahu 0 %, 50 %, 100 %.

Možnosti regulace světelných diod (LED)

Intenzita osvětlení se reguluje elektronicky v předřadníku pomocí pulsně šířkové modulace. Například v automobilovém průmyslu se pro změnu intenzity světelného toku světelných diod používá střída 200 Hz. Ovládání regulace je možné pomocí tlačítek, potenciometrů a pomocí digitálních standardů (normalizace ovládání řízení osvětlovacích soustav).

Možnosti regulace halogenidových výbojek

- **Základní regulace** – regulace světelného toku osvětlovací soustavy probíhá přepínáním okruhů nejčastěji v rozsahu 0 %, 50 % a 100 %. Velkou nevýhodou halogenidových výbojek je jejich prodleva mezi zhasnutím a možností opětovného zapnutí. Než můžeme výbojku po vypnutí znovu zapnout musíme počkat na její zchladnutí. Doba chladnutí je cca 10 ÷ 20 minut.

- **Fázová regulace** - rozsah regulace od 40 % do 100 % světelného toku. Regulace probíhá na základě popisu fázového stmívání viz *Obr. 8.1*. Nevýhodou fázové regulace těchto zdrojů je nedefinovatelná změna barvy světla. Výrobci fázovou **regulaci** světelného toku u těchto zdrojů, díky změnám světla, **zásadně nedoporučují**.
- **Amplitudová regulace** - jedná se rovněž o regulaci napětím. Systém reguluje světelný tok světelného zdroje změnou efektivní hodnoty napětí, ke které dochází změnou amplitudy napětí (přepínání odboček transformátorů nebo regulace amplitudy napětí pomocí autotransformátorů). Rozsah regulace od 50 % do 100 % světelného toku. Výrobci amplitudovou **regulaci** světelného toku u těchto zdrojů, díky změnám světla, **zásadně nedoporučují**.

Možnosti regulace vysokotlakých sodíkových výbojek

- **Základní regulace** – u veřejného osvětlení (dominantní nasazení vysokotlakých sodíkových výbojek) se tento typ regulace nedoporučuje z důvodu porušení rovnoměrností osvětlenosti a jasů na komunikacích.
- **Fázová regulace** – regulace 100 % až 50% v rozváděčích veřejného osvětlení. Fázová regulace je nasazována i v případech přepětí v síti na optimalizaci provozu VO na 100 % světelného toku.
- **Amplitudová regulace** – regulace 100 a 50%, buď přímo ve svítidle pomocí dvouvinuťové tlumivky, nebo pomocí přepínání odboček transformátorů v rozváděčích veřejného osvětlení. Amplitudová regulace v rozváděčích VO je nasazována i v případech přepětí v síti na optimalizaci provozu VO na 100 % světelného toku.

8.1.3. Řízení elektronických předřadníků

Řízení elektronických předřadníků lze uskutečnit následujícími způsoby:

- **Analogové řízení** - analogově řízené elektronické předřadníky jsou ovládány úrovní řídicího napětí na vstupu předřadníku. Pro toto ovládání je použito dvou vodičové signální vedení. U analogového systému dochází k úbytkům napětí na vedení a nemusí být tedy splněna podmínka nastavení všech elektronických předřadníků osvětlovací soustavy na stejnou úroveň. Řídicí napětí se pohybuje v rozsahu 1-10V.
- **Digitální řízení** - novinkou několika posledních let je digitální řízení elektronických předřadníků. Používá se zde starší rozhraní DSI nebo novější DALI. Výhodou obou (DSI i DALI) ve srovnání s analogovým stmíváním je větší odolnost proti rušení a proti přepólování řídicího napětí. DALI rozhraní má ještě navíc možnost zpětného hlášení nefunkčního světelného zdroje a možnost uložení světelné scény do paměti přístroje. Nejsou tedy zapotřebí další paměťové moduly. Digitálním ovládním je zajištěno nastavení všech stmívatelných předřadníků na stejnou úroveň.
- **Digitální řízení pomocí rozhraní DSI** - v DSI (digital serial interface = Digitální sériové rozhraní) se převádějí signály obslužných elementů (tlačítka, senzory, domovní řídicí systémy atd.) na digitální data (digitální sériové slovo)

a přenášejí se k jednotlivým elektronickým předřadným přístrojům. Protože jednotlivé předřadníky jsou řízeny digitálně, je úroveň světelného toku od prvního do posledního předřadníku stejná. V digitálním stmívacím systému jsou jednotlivé hodnoty řídicího signálu přiřazeny předdefinované hodnotě světelného toku. Odstupňování je v souladu s logaritmickou křivkou citlivosti oka. To znamená, že systém DSI respektuje vnímání lidského oka.

- **Digitální řízení pomocí rozhraní DALI** - vlastní protokol DALI byl vyvinut v polovině devadesátých let mezinárodní elektrotechnickou komisí (International Electrotechnical Commission - IEC). Ovládání pomocí analogových rozhraní jako je systém 1-10V neumožňuje ani flexibilitu ani možnost řízení jednotlivých svítidel v osvětlovacím systému. Proto byl vyvinut sběrníkový systém, který umožňuje digitální komunikaci mezi všemi zúčastněnými komponenty v osvětlovacím systému nebo v celých systémech správy budov. Systém DALI je možné integrovat jako subsystém do nadřazeného systému správy budovy. DALI (Digital Addressable Lighting Interface = digitální adresovatelné světelné rozhraní) je mezinárodní norma, která zaručuje vzájemnou komunikovatelnost řízených stmívatelných předřadníků od různých výrobců. Rozhraní DALI je uvedeno v normě zářivkového předřadníku IEC 60929 v příloze E. DALI protokol zaručuje vzájemnou digitální komunikaci mezi jednotlivými prvky osvětlovací soustavy. Jsou zde vyspecifikovány parametry přenosu a definovány příkazy pro řízené prvky a jejich odpovědi včetně definice datové struktury. Každý prvek lze individuálně řídit, protože má svou předepsanou adresu.

8.1.4. Senzory v osvětlovací technice

Inteligentní řídicí systémy využívají senzory k automatické regulaci umělého osvětlení. Senzory mohou snímat intenzitu denního osvětlení, intenzitu osvětlení v místnosti a přítomnost osob. Získané informace zpracuje řídicí systém a nastaví míru regulace.

- **Světelné senzory** - používají pro snímání intenzity osvětlení především fotodiody anebo fototranzistory. Některé typy senzorů mohou přímo ovládat stmívatelné elektronické předřadníky, přičemž nastavení referenční hodnoty osvětlenosti se provádí přímo na senzoru. Napájení senzoru se provádí přímo z předřadníků nebo z řídicích jednotek. Pomocí řídicí jednotky může čidlo ovládat i více skupin svítidel tak, aby intenzita osvětlení v místnosti byla na konstantní hodnotě v průběhu celého dne.
- **Kombinované senzory** - jsou to například senzory, pomocí kterých se reguluje úroveň osvětlení podle denního světla a zároveň podle přítomnosti osob. Součástí těchto kombinovaných senzorů mohou být také IR přijímače pro dálkové ovládání osvětlovací soustavy, které ovšem slouží pouze ke zvýšení komfortu ovládání.

8.1.5. Inteligentní řídicí systémy osvětlovacích soustav

Inteligentní řídicí systémy pro řízení osvětlovacích soustav se v principu neliší od jiných automatizovaných systémů řízení. Princip řízení spočívá ve vyhodnocování okamžitých stavů snímaných veličin, které se porovnávají s předem nastavenými hodnotami a na základě

vyhodnocení se provede zpravidla samočinně regulační zásah, nebo o stavu dané veličiny systém informuje obsluhu. Komunikace mezi jednotlivými komponenty v systému probíhá většinou pomocí sběrnice (BUS), kterou se rozumí přenosové médium tvořené obvykle párem vodičů. Ke sběrnici jsou paralelně připojeni různí účastníci, kteří si po sběrnici vyměňují informace. Všechny přístroje této inteligentní instalace lze rozdělit do tří skupin a to na senzory, akční členy a systémové přístroje:

- **senzory** - do této skupiny přístrojů patří tlačítkové spínače, senzory osvětlení, binární vstupy, infračervené (IR) přijímače, senzory pohybu, Jsou to přístroje, které sledují události v systému, jako je například pohyb osob, či změna sledované veličiny (intenzita osvětlení). Jestliže dojde ke změně v systému, senzor dává povel na sběrnici nebo do řídicí jednotky.
 - **akční členy** - tvoří skupinu přístrojů obsahující především spínače, binární výstupy a stmívače. Aktory mají za úkol zajistit provedení požadované operace, ke které dostaly povel ze společné sběrnice. Například při poklesu intenzity denního světla v místnosti dojde pomocí stmívače k zesílení umělého osvětlení.
 - **systémové přístroje a komponenty** - mezi systémové přístroje patří především napáječe sběrnice (zdroje napětí pro elektronické obvody v přístrojích), vazební členy mezi jednotlivými úseky sběrnice, sběrnice zesilovače, logické automaty, řadiče a rozhraní pro připojení počítačů. Zajišťují základní funkce systému a vytvářejí jeho infrastrukturu.
- **inteligentní řídicí systém z hlediska osvětlení umožňuje:**
- centrální řízení osvětlovací soustavy celého objektu a jejích částí,
 - zajištění hospodárného provozu a úsporu elektrické energie,
 - regulaci intenzity osvětlení v závislosti na kvalitě denního osvětlení,
 - volbu charakteru a intenzity osvětlení pro jednotlivá pracoviště,
 - automatické ovládání osvětlení v závislosti na přítomnosti osob v prostoru,
 - centrální kontrolu přítomnosti osob v objektu,
 - snadnou změnu naprogramovaných variant pomocí ovládacích prvků,
 - ovládání dalších spotřebičů, souvisejících s osvětlením (žaluzie),
 - kontrolu a ovládání všech prvků napojením na PC,
 - programové zablokování zvoleného režimu proti nežádoucí manipulaci,
 - pomocí BUS-systému snadnou změnou konfigurace a rozsahu soustavy,
 - zapojení do nadřazeného řídicího systému (BUILDING MANAGEMENT).

8.2. Ovládání a řízení osvětlovacích soustav VO

8.2.1. Posouzení možností ovládání a řízení VO

Optimalizace systému řízení a monitorování provozu osvětlovacích soustav lze docílit aplikací tzv. telemanagementu. Přínosem je zefektivnění správy, provozu, údržby a obnovy VO. Jedná se o systém dálkového spínání, řízení, ovládání regulace, zpětnou kontrolu stavu a dálkový přenos důležitých informací.

Je na rozhodnutí vlastníka VO jaký systém ovládání a řízení souboru VO zvolí. V dalších odstavcích jsou navrženy a popsány čtyři základní možnosti. Odstupňování návrhů je od nejjednoduššího po nejdokonalejší. Rozhodujícím kritériem při rozhodování vlastníka bude pořizovací cena, provozní náklady a ekonomické vyhodnocení očekávaných přínosů.

V této fázi je vlastník VO ve svém rozhodování omezen faktem, že nezná výsledek připravovaného podání „Pilotního projektu“ tj. zda bude mít město Havířov možnost financovat obnovu VO spojenou se zavedením jednoho z navržených způsobů ovládání a řízení VO z dotačních finančních prostředků EU.

Proto je objednateli PO v této kapitole předložen popis základních možností, o jejichž výběru bude rozhodnuto teprve následně podle finančních možností. Základní možnosti ovládání a řízení jsou:

- 1) Ponechání zavedené praxe - současný stav (Fotobuňka nebo spínací hodiny v RVO)
- 2) Vybavení rozváděčů řídicí jednotkou (Tj. ovládání funkce zapínacího rozváděče VO)
- 3) Vybavení rozváděčů řídicí jednotkou a regulací (stmívání) světelného toku (Tj. ovládání funkce zapínacího rozváděče VO, stmíváním světelných zdrojů v době poklesu intenzity dopravního provozu)
- 4) Komplexní vybavení soustav VO prvky kompletního dohledového systému (umožnění autonomního spínání různých skupin, diagnostika, regulace a řízení VO až po jednotlivé svítidlo).

Ponechání zavedené praxe - současný stav

Jedná se o nejméně nákladnou variantu, která zachovává stávající stav ovládání VO. V rámci projektů podle navrženého PO budou u rekonstruovaných zapínacích míst buď přeloženy a použity stávající vyhovující spínací prvky, nebo se osadí prvky nové. Nevýhodou je, že provozovatel v případě jakéhokoli poruchového stavu nedostane jako první o tom informaci a na zprostředkované hlášení nemůže reagovat jinak, než šetřením přímo v terénu na místě samém. Je tedy zřejmé, že z provozního hlediska se jedná o nejméně výhodné řešení a v závislosti na spolehlivosti sítě může být také velice nákladné.

Vybavení rozváděčů řídicí jednotkou

V tomto druhém stupni se již jedná o nové vybavení rozváděčů VO prvkem, který umožní základní komunikaci mezi správcem VO (dispečinkem) a zapínacími body. Podle zvolené technologie umožní dálkové řízení, zpětnou informaci o stavu navolených parametrů. Měl by splňovat alespoň následující základní funkce:

- ZAP a VYP soustavy VO
- Identifikace přítomnosti napájecího napětí
- Identifikace násilného (neoprávněného) vstupu do RVO
- Identifikace stavu spínacích prvků vývodů VO (stykače)
- Identifikace velikosti odběru (celkový nebo na jednotlivých vývodech)

Pro tento stupeň je možné zvolit levnější komunikační prvek, jehož možnosti jsou vyčerpány pouze splněním uvedených funkcí. Nebo lze volit řídicí a komunikační prvek ze systému 100% telemanagementu celé soustavy VO až po poslední světelné místo, který v první fázi využití splní všechny požadované funkce a přitom nezavírá možnosti dalšího rozvoje.

Nevýhodou prvního řešení je fakt, že se tím uzavírá možnost dalšího rozvoje systému ovládání a řízení VO. V případě přechodu na vyšší stupeň řízení bude nutné dosavadní zařízení demontovat a vyřadit z majetku bez dalšího využití.

Vhodnou volbou systému dohledu s důrazem na podmínku stavebnicového řešení a garanci kontinuálního vývoje se zajištěním trvalé kompatibility všech prvků je možné podle aktuálních finančních možností města řešit v první fázi diagnostiku zapínacích rozváděčů a přitom si neuzavřít cestu ke konečnému (ideálnímu) stavu diagnostiky všech prvků zařízení VO – tj. po poslední svítidlo v soustavě.

Je nutno zdůraznit, že už nasazení základního prvku do RVO pro řízení a diagnostiku zapínacích rozváděčů VO přináší významný efekt zvýšené provozní spolehlivosti soustav VO, navíc spojené s prokazatelnými úsporami lidského a technického potenciálu v okamžitém zjištění a identifikaci důvodu plošného výpadku. Je nutné si uvědomit, že je v tomto případě nezbytné vybavit dispečink nezbytným HW a SW vybavením. Jeho rozsah je dán minimálními potřebami podle zvoleného komunikačního prvku a dalšími požadavky objednatele (např. zajištění určitého stupně vizualizace apod.).

Vybavení rozváděčů řídicí jednotkou a regulací (stmívání)

V tomto případě se jedná o vybavení shodné s výše uvedenou částí s dovybavením zapínacích rozváděčů o zařízení regulace (zpravidla napěťová regulace sítě VO), které umožňuje v době výrazného poklesu dopravního provozu a pohybu chodců snížit světelný tok a tím také příkon soustavy a náklady za elektrickou energii.

Regulátory jsou autonomním prvkem zpravidla v samostatném rozváděči, který se přisazuje k stávající skříni RVO a propojuje podle provozního schéma. Jejich využití lze doporučit jen v soustavách s vyšším poměrným příkonem na 1 km komunikace – tj. na komunikace vyššího světelného zatřídění, kde jsou provozována svítidla příkonu od 100W/svítidlo výše. U vnitroblokových komunikací, parků, samostatných chodníků nebo cyklostezek osvětlovaných svítidly do 70 W je takové nasazení v současné době již neekonomické a může být i předmětem stížností občanů, kteří snížení světelného toku u svítidel se 70W zdroji vnímají jako nedostatečné.

Komplexní vybavení soustav VO prvky dohledového systému - telemanagement

Pod tímto pojmem v oblasti veřejného osvětlení rozumíme systémy dálkového spínání, řízení a monitorování provozních a poruchových stavů jednotlivých částí systému. Nejčastěji je 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.

Decentralizovaný systém

Tento systém je oproti předcházejícímu systému vytvořen tak, že více „inteligence“ je dislokováno přímo do rozváděčů veřejného osvětlení a tyto komunikují s centrem jen pokud je to nezbytně nutné.

8.2.2. Vyhodnocení úspor dosažených optimalizací VO

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 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

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.

Komplexní dohledové 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. Přínosy komplexních dohledových systémů jsou rovněž popsány v kapitole 9.8.

9. SNIŽOVÁNÍ NÁKLADŮ NA PROVOZ A ÚDRŽBU VO

9.1. Obecně

9.1.1. Vývoj veřejného osvětlení

Světelná technika je jedním z technických oborů, který prochází rychlým vývojem. Tento vývoj se projevuje nejen v oblasti techniky a výrobních technologií ale i v oblasti výzkumu vlivu světla na člověka a životní prostředí. Jednou z oblastí využití umělého osvětlení je veřejné osvětlení (VO) ve městech. Veřejné osvětlení patří k základní infrastruktuře obcí a je významnou veřejně prospěšnou neplacenou službou obyvatelstvu. Podíváme-li se do historie, zjistíme, že noční osvětlení měst má za sebou dlouhý historický vývoj.

1. st.n.l., první zmínky o nočním osvětlení: Řím, Pompeje, Efes, Alexandrie
1558, Paříž, první trvalé osvětlení pomocí železných košů na dřevo
1723, Praha, první osvětlení olejovými lucernami v Čechách
1847, Praha, první plynové osvětlení v Čechách
1882, Brno, první osvětlení v Čechách

V Československu došlo k vybudování veřejného elektrického osvětlení v průběhu 60. a začátku 70. let 20. století.

Pohled na veřejné osvětlení v novodobé historii byl ovlivněn technickým vývojem a finančními možnostmi společnosti. Při zavádění veřejného osvětlení byla snaha osvětlit největší část měst nebo obcí. S rozvojem techniky i průmyslové výroby a v důsledku hospodářských krizí se začal klást důraz na účinné využívání energií. Začala se zavádět svítidla s dokonalejšími optickými systémy a světelné zdroje s vysokým měrným výkonem. V dnešní době se na veřejné osvětlení pohlíží nejen z hlediska světelně technických parametrů, ale i estetického působení osvětlovací soustavy v noční i denní době a jeho vlivu na okolí a životní prostředí.

9.1.2. Význam veřejného osvětlení

Prostřednictvím zraku získává člověk více než 80 % všech smyslových vjemů, které se dostávají do lidského mozku. Při špatné nebo zhoršené viditelnosti se množství získávaných informací výrazně snižuje. Veřejné osvětlení pomáhá zlepšit podmínky vidění v noční době a svým způsobem zaplňuje mezery v přijímaných informacích. Z dnešního pohledu lze funkce veřejného osvětlení rozdělit do tří skupin:

- bezpečnostní – ovlivňuje nehodovost, kriminalitu a úrazy na komunikacích
- orientační – ovlivňuje orientaci chodců i řidičů
- estetická – ovlivňuje vzhled obce v noční i denní době

9.1.3. Veřejné osvětlení a bezpečnost

Navzdory menšímu provozu jsou nehody v nočních hodinách stejně četné jako ve dne, ale jsou podstatně závažnější. V roce 2001 došlo v ČR celkem k 185 664 dopravním nehodám. Počet úmrtí při těchto nehodách byl 1219, z nich se 60 % stalo ve dne a 40 % v noci. Ve dne připadá na 1000 dopravních nehod 5 úmrtí, v noci 11.

Vztahem mezi nehodovostí a úrovní veřejného osvětlení se zabývala řada studií. Jednou z nich je studie efektivnosti vypracovaná německým ministerstvem dopravy (1994). Ze studie, provedené na deseti úsecích komunikací v šesti městech, vyplývá, že při dvojnásobném průměrném jasu vozovky klesl celkový počet dopravních nehod v nočních hodinách o 28 %. Počet nehod, jejichž účastníky byli chodci a cyklisté, klesl o 68 %. Jako příklad přímé vazby mezi nehodovostí a úrovní veřejného osvětlení se často uvádějí osvětlené dálnice v Belgii. V době energetické krize v osmdesátých letech, kdy se z úsporných důvodů dálniční osvětlení v Belgii vypínalo, vzrostl počet nehod. Pozdější výzkum tuto souvislost potvrdil.

9.1.4. Veřejné osvětlení a kriminalita

Vztah mezi kriminalitou a veřejným osvětlením je velmi diskutovaným tématem. Je zřejmé, že veřejné osvětlení nemůže přímo ovlivnit kriminalitu, ale může nepřímo vyvolat její pokles. V 60. letech byla ve Spojených státech amerických v rámci boje s kriminalitou provedena řada studií vlivu veřejného osvětlení na kriminalitu. Charakteristickým rysem těchto studií byly nedostatky ve zdrojích informací pro celkové statistické porovnání. Z výsledků těchto studií nevyplýval vliv mezi kriminalitou a veřejným osvětlením. V nedávné době byly vypracovány studie, které vyhodnocovaly výsledky starších studií i výsledky z nových experimentů. Z výsledků je zřejmé, že díky lepšímu osvětlení se zlepšuje:

- rozpoznávání osob
- počet chodců
- atraktivita místa
- pocit bezpečí občanů

Z výsledků dále vyplývá, že zlepšením veřejného osvětlení lze vyvolat pokles kriminality až 30 %. Zajímavým poznatkem je vliv změny osvětlení prostoru v nočních hodinách na pokles kriminality nejen v noční, ale i denní dobu. V současné době se od diskuze o tom, kde existuje vazba mezi kriminalitou a úrovní veřejného osvětlení, přechází k diskuzi o tom, jak zapojit veřejné osvětlení mezi preventivní prostředky pro vyvolání poklesu kriminality. Je třeba si uvědomit, že takový přístup musí být koncepční, preventivní opatření používat tam, kde to může být účinné, ne je aplikovat plošně.

9.1.5. Veřejné osvětlení a orientace ve městě

Skutečnost, že člověk přijímá přes 80 % informací o svém okolí prostřednictvím zraku, říká, že veřejné osvětlení přispívá k lepší orientaci ve městě či obci. K lepší orientaci v nočních hodinách přispívá vlastní osvětlení, ale lze ji zlepšit dalšími kroky:

- odlišením jednotlivých městských celků
- odlišením důležitých komunikačních tras
- zvýrazněním důležitých objektů

Pro zlepšení orientace lze použít následující prostředky:

- typ svítidel - způsob vyzařování a tvar křivky svítivosti
- rozmístění svítidel - sloupy, nástěnná svítidla
- výšku světelných bodů
- typ světelných zdrojů - barevný tón světla

Zavedení opatření, která zlepšují orientaci ve městě, má vliv na rychlejší a snazší orientaci návštěvníků, turistů, místních obyvatel i řidičů projíždějících městem.

9.1.6. Veřejné osvětlení a vzhled města

Atraktivnost a tvář města lze umocnit různými způsoby, jako např. reklamní kampaní, mimořádnými akcemi, trhy, nedělním prodejem atd. Jednou z nových a stále oblíbenějších možností pro zvýšení atraktivnosti města je nové koncepčně řešené veřejné osvětlení, které umožňuje navodit zajímavou noční atmosféru a zvýraznit významné památky. Veřejné osvětlení je jedinou částí infrastruktury obce, která výrazným způsobem ovlivňuje vzhled města nebo obce v noční i denní dobu.

9.1.7. Vliv veřejného osvětlení na okolí a životní prostředí

Provoz veřejného osvětlení je vedle plnění svých základních funkcí spojen s některými negativními vlivy na okolí, které lze rozdělit na přímé a nepřímé. Mezi přímé vlivy patří oslnění chodců a řidičů, rušivé osvětlení vnikající do vnitřních prostorů budov, vliv na faunu a flóru a zhoršení podmínek pro astronomická pozorování.

Vlivy, které nepřímo ovlivňují životní prostředí, jsou spojeny s výrobou elektrické energie pro veřejné osvětlení. Tato spotřeba představuje relativně malou část z celkové spotřeby elektrické energie v ČR, podle údajů z roku 2000 činí 1,2 %.

Údaje o el. energii pro veřejné osvětlení přepočtené na jednoho obyvatele ČR (2000):

příkon	14,7 W
spotřeba el. energie za rok	59 kWh

Pro představu, průměrná denní spotřeba elektrické energie na jednoho obyvatele odpovídá provozu 75 W žárovky po dobu cca 2 hodin nebo rychlovarné konvice 2 kW po dobu 5 minut.

Odstraňování negativních vlivů je vzhledem k dlouhodobému charakteru obnovy veřejného osvětlení dlouhodobou záležitostí. Je třeba, aby o těchto vlivech věděli investoři, projektanti i provozovatelé a snažili se je eliminovat při provozu, obnově i rozšiřování veřejného osvětlení.

9.1.8. Zákony, normy a předpisy

Veřejné osvětlení se nachází na veřejných prostranstvích, v místech motoristické dopravy a pohybu chodců. Z tohoto důvodu je pro jeho navrhování, výstavbu a provozování nezbytná znalost širokého okruhu legislativních a technických norem.

Obecně, právní postavení veřejného osvětlení není dobré. Pokud budeme hledat povinnost obce provozovat veřejné osvětlení, lze vyjít ze zákona č.128/2000 Sb. o obcích (obecní zřízení), Hlava II – Samostatná působnost obce, díl 1, § 35 odst. 2 kde je uvedeno:..

*Obec v samostatné působnosti ve svém územním obvodu dále pečuje v souladu s místními předpoklady a s místními zvyklostmi o vytváření podmínek pro rozvoj sociální péče a pro uspokojování potřeb svých občanů. Jde především o uspokojování potřeby bydlení, **ochrany** a rozvoje **zdraví**, dopravy a spojů, potřeby informací, výchovy a vzdělání, celkového kulturního rozvoje a **ochrany veřejného pořádku**.*

Vzhledem k tomu, že je zřejmý vztah mezi bezpečností a veřejným osvětlením, vyplývá povinnost obce zajišťovat správný provoz veřejného osvětlení, jenž přispívá k vyšší bezpečnosti obyvatel.

Z hlediska toho, že zařízení veřejného osvětlení je součástí majetku obce, je důležitý také Díl 2 – Hospodaření obce, § 38 odst. 1:

Majetek obce musí být využíván účelně a hospodárně a v souladu s jejími zájmy a úkoly vyplývajícími ze zákonem vymezené působnosti. Obec je povinna pečovat o zachování a rozvoj svého majetku. Obec vede evidenci svého majetku.

Z této části zákona vyplývá, že obec má pečovat o údržbu (zachování majetku) a provádět rekonstrukce a rozšiřování (rozvoj majetku) veřejného osvětlení. Dále má obec povinnost na základě tohoto zákona vést pasport veřejného osvětlení (evidence majetku).

Návrh, provoz i údržba veřejného osvětlení podléhají technické normalizaci a proto s jeho návrhem, správou i údržbou souvisí řada zákonů, norem a nařízení vlády. Není účelem této publikace postihnout všechny normy, ale upozornit na jejich existenci a značný počet.

Základní normy pro navrhování VO jsou obsaženy v souboru norem ČSN EN 13 201-2, 3, 4 a v ČSN CEN/TR 13201-1.

9.2. Struktura veřejného osvětlení

Dělí se:

napájecí systém

- napájecí body
- napájecí rozvody

prvky osvětlovací soustavy

- nosné prvky
- svítidla
- světelné zdroje

9.2.1. Napájecí systém VO

Napájecími body jsou rozvaděče, které slouží ke spínání a jištění obvodů veřejného osvětlení, případně i jako měřicí místo. Rozvaděče mohou být ocelové nebo plastové. Rozvaděč pro veřejné osvětlení, který slouží zároveň jako měřicí místo, bývá vybaven: hlavním jističem, elektroměrem, ochrannou přípojnici, stykači pro zapínání veřejného osvětlení a jisticími prvky pro jednotlivé větve. Podle způsobu ovládání je rozvaděč vybaven příslušným ovládacím zařízením.

Rozvod pro napájení veřejného osvětlení může být proveden venkovním nebo zemním vedením. První způsob se v nových soustavách již nepoužívá z důvodu ceny i spolehlivosti. Přesto se ještě ve své původní podobě vyskytuje v poměrně velkém množství hlavně v menších obcích, kde se sloupy venkovního vedení NN využívaly pro upevnění a připojení veřejného osvětlení. Nově budované rozvody a rozvody ve středních a velkých obcích a městech již pro napájení osvětlovací soustavy používají zemní vedení.

9.2.2. Základní stavební prvky soustav VO

Nosné prvky

Nosné prvky osvětlovací soustavy zajišťují umístění svítidel v požadované poloze, ve které mohou správně plnit svoji funkci. Mezi nosné prvky osvětlovací soustavy patří sloupy, nástěnná ramena a převěsová lana.

Sloupy

Nejběžnějšími nosnými prvky ve veřejném osvětlení jsou sloupy. Podle materiálů se dělí na ocelové, hliníkové, litinové, plastové, betonové nebo dřevěné. Nejpoužívanějšími sloupy jsou sloupy ocelové. Životnost i provozní náklady u těchto sloupů ovlivňuje kvalita povrchové ochrany (zinkování) a úpravy (nátěr). Hlavní výhodou je cenová dostupnost a široká nabídka délek a tvarů. U hliníkových sloupů je hlavní výhodou snadná manipulace díky nízké hmotnosti a vysoká odolnost. Hliníkové sloupy lze, díky výrobní technologii, zajímavě tvarovat. Jejich nevýhodou je vysoká cena a omezená výšková výrobní řada. Litinové sloupy se používají převážně v historických částech měst. Jejich hlavní výhodou je možnost tvarování sloupů a jejich možná dekorace. Hlavní nevýhodou je obtížná manipulace díky vysoké hmotnosti a relativně vysoká cena. Plastové sloupy se používají poměrně výjimečně. Mají omezenou mechanickou odolnost i výškovou výrobní řadu. Betonové a dřevěné sloupy se již pro nově budované osvětlovací soustavy nepoužívají. Přesto se vyskytují v řadě starších osvětlovacích soustav v malých a středních obcích, kde slouží současně jako nosný prvek pro vedení NN.

Nástěnná ramena a převěsová lana

Nástěnná ramena a převěsová lana se používají tam, kde nelze z důvodů technických nebo estetických použít osvětlovací stožáry. Ramena podobně jako sloupy mohou být ocelová, litinová, hliníková nebo plastová. Pokud není budova, na kterou je nosný prvek osvětlovací soustavy připevněn, v majetku obce, je třeba dle Stavebního zákona sepsat s majitelem smlouvu o věcném břemenu.

Svítidla

Svítidla v případě veřejného osvětlení slouží k nesení a ochraně světelného zdroje před venkovním prostředím a k usměrnění světelného toku do požadovaných směrů.

Technické parametry

Z hlediska technických parametrů svítidel je důležitá jejich bezpečnost, odolnost a způsob upevnění a připojení. Krytí svítidla udává odolnost svítidla proti vnikání pevných těles a vody. Značí se IPxy, kde „x“ udává stupeň ochrany před dotykem a vniknutím pevných těles a „y“ stupeň ochrany proti vniknutí vody. Krytí svítidla má vliv na znečišťování optického systému svítidel, které ovlivňuje dimenzování osvětlovací soustavy. Třída ochrany udává způsob ochrany proti úrazu elektrickým proudem a značí se třídami I, II, nebo III. Z hlediska ochrany před vandalismem je důležitou vlastností mechanická odolnost svítidla. Značí se IKz, kde „z“ udává mechanickou odolnost svítidla (0 až 10). U zemních svítidel je důležitým kritériem bezpečnosti povrchová teplota čelního skla a mechanická odolnost pro chůzi a pojezd.

Světelné parametry

Nejdůležitějším světelně technickým parametrem je prostorové rozložení světelného toku, tedy to, jakým způsobem je světlo ze svítidla vyzařováno. Tento parametr je ovlivněn konstrukcí svítidla a světelně činnými částmi optického systému (reflektory, refraktory, difuzory). Dalším důležitým parametrem je účinnost svítidla, která udává, jaká část světelného toku světelného zdroje vychází ven ze svítidla. Dalším důležitým parametrem je clonění, které má vliv na světelný tok vyzařovaný do nežádoucích směrů. U dekorativních svítidel a světlometů je důležité, aby k nim výrobce standardně dodával příslušenství pro dodatečné clonění svítidel.

Vzhled

Vzhled svítidel ovlivňuje řada parametrů. Základním parametrem je tvar svítidla. Při výběru svítidla je třeba pečlivě zvážit použití daného tvaru nejen ve vztahu k danému městského prostoru, ale i s ohledem na požadovaný způsob osvětlení. Ne pro všechny potřebné situace se vyrábějí svítidla požadovaného tvaru s potřebným způsobem vyzařování. Dalším důležitým parametrem je typ použitého materiálu. Vlastní těla venkovních svítidel mohou být plastová, hliníková, ocelová nebo litinová. V současné době jsou nejpoužívanějšími materiály hliník, plast a jejich kombinace. Pro světelně propustné části se používá tvrzené sklo nebo plast. U materiálů je třeba posuzovat jejich časovou stálost z hlediska mechanických a barevných vlastností. Při výběru lze též zohlednit i otázku recyklace po skončení doby života svítidel. Dalším parametrem je mechanická odolnost, hlavně ve vztahu k otázce vandalismu. Kvalita povrchové úpravy svítidel má vliv nejen na stálý vzhled svítidla, ale i na náklady na údržbu. V neposlední řadě vzhled i funkci svítidla ovlivňuje kvalita provedení.

Světelné zdroje

Světelné zdroje lze hodnotit podle řady kritérií a parametrů. Z hlediska veřejného osvětlení jsou hlavními parametry, které určují jejich použitelnost ve veřejném osvětlení, následující:

Měrný výkon (lm/W):

udává účinnost přeměny elektrické energie na světlo. Pohybuje se v rozsahu od 13 lm/W u žárovek po 200 lm/W u nízkotlakých sodíkových výbojek.

Střední doba života (hod.):

udává dobu, za kterou zhasne polovina sledovaných světelných zdrojů. Pohybuje se od 1000 hodin u žárovek po 100 000 hodin u LED diod a indukčních výbojek.

Index barevného podání (-):

udává, jak jsme schopni ve světle daného světelného zdroje rozlišovat barvy. Pohybuje se v hodnotách od 0 u sodíkových nízkotlakých výbojek do 100 u žárovek.

Cena světelného zdroje (Kč):

ovlivňuje velikost provozních nákladů osvětlovací soustavy. Pohybuje se v rozsahu od 10 Kč u žárovek do cca 10 000 u indukčních výbojek.

Výkon (W):

Každý typ světelného zdroje se vyrábí pouze v omezené výkonové řadě. Její šíře určuje možnost použití daného zdroje pro konkrétní situace.

Typy světelných zdrojů

Sodíkové vysokotlaké výbojky jsou nejrozšířenější světelné zdroje ve veřejném osvětlení. Mají vysoký měrný výkon 130 lm/W, dlouhou dobu života 16 000 hod., široký rozsah výkonů (50 W – 400 W) a příznivé ceny. Jejich tvar umožňuje vyrábět svítidla s různými typy optik pro konkrétní situace. Nevýhodou je nízký index barevného podání (20).

Halogenidové výbojky se používají pro osvětlení komunikací a městských částí, které chceme barevně odlišit od žlutého sodíkového osvětlení. V porovnání se sodíkovými výbojkami mají kratší dobu života (cca 9000 hod.) a nižší účinnost (80 lm/W). Vyrábějí se v nejširší výkonové řadě (20 W – 3500 W). Velmi rozšířené jsou v soustavách slavnostního osvětlení. Díky vysokému indexu barevného podání (80-95) se používají pro osvětlení se zvýšenými požadavky na vjem barev (střední město, pěší zóny, náměstí). Jejich hlavní význam v současné době je v bezpečnostním nasvětlování přechodů pro chodce. Jejich nevýhodou je vyšší cena oproti sodíkovým výbojkám.

Sodíko-xenonové výbojky se používají téměř výhradně pro osvětlení pěších zón, náměstí a míst s převážně pěším provozem, kde je požadavek na vysoký index barevného podání, které běžné sodíkové výbojky nemají. Jejich použití je omezeno vyráběnou výkonovou řadou a nižším měrným výkonem v porovnání s vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Nevýhodou je též relativně vysoká cena.

Rtuťové výbojky byly a ve starých osvětlovacích soustavách ještě jsou velmi rozšířené světelnými zdroji. V současné době jsou však postupně nahrazovány sodíkovými a halogenidovými výbojkami, které vykazují lepší technické parametry.

Zářivky i kompaktní zářivky se ve veřejném osvětlení využívají jen v omezené míře, většinou pro osvětlení pěších zón, náměstí a míst s požadavkem na dobré barevné podání. Důvodem jejich omezeného použití ve veřejném osvětlení je závislost vyzařovaného světelného toku na teplotě okolí, rozměry, které neumožňují výrobu přesných optických systémů svítidel, a omezená šíře výkonové řady.

Nízkotlaké sodíkové výbojky patří v současné době mezi nejúčinnější světelné zdroje s dlouhou životností. Jejich použití ve veřejném osvětlení je však omezené a poměrně ojedinělé. Důvodem jsou jednak rozměry, které neumožňují výrobu přesných optických systémů svítidla a skutečnost, že ve světle těchto zdrojů nelze rozlišovat barvy. Tím je jejich použití ve veřejném osvětlení ve městech téměř vyloučeno. V zahraničí se používají pro osvětlení dálnic nebo tunelů.

Žárovky a halogenové žárovky se ve veřejném osvětlení nepoužívají díky malému měrnému výkonu a krátké době života (1000 – 2000 hodin). Výjimečně se používají halogenové žárovky pro slavnostní osvětlení.

Indukční výbojky patří v současné době mezi zdroje s nejdelší dobou života 100 000 hodin. Jejich nevýhodou je však relativně velký rozměr vyzařovací části, vysoká cena a omezená výkonová řada.

Diody LED se považují za světelné zdroje budoucnosti. Zlepšení jejich technických parametrů však bude vyžadovat ještě řadu let výzkumu a vývoje. Jejich výhodou je vysoká doba života 100 000 hodin a usměrněný vyzařovaný světelný tok. Jejich nevýhodou je zatím nízký měrný výkon. Předpokládá se, že v horizontu 10 až 20 let by se měl zvýšit až na 200 lm/W. Současná cena je extrémně vysoká.

9.3. Správa a provoz VO

Koncepční přístup k provozu veřejného osvětlení vede nejen k jeho účinnému provozování, ale také k plnému využití všech jeho funkcí: bezpečnostní, orientační i estetické. Jak již bylo řečeno, jakékoliv zásadní zásahy a změny ve veřejném osvětlení mají dlouhodobý charakter a chybné kroky se jen obtížně napravují. Pro koncepční řešení problematiky veřejného osvětlení je třeba mít informace o jeho současném stavu, vytvořit si představu o budoucí podobě a rozvoji a zvolit způsob jeho správy a údržby. Je tedy třeba provést následující tři kroky:

- vypracovat pasport veřejného osvětlení
- vypracovat generel veřejného osvětlení
- zvolit model správy veřejného osvětlení

Modely správy veřejného osvětlení

Před volbou způsobu správy veřejného osvětlení je třeba si uvědomit, že se jedná o neplacenou službu obyvatelstvu a město či obec bude za tuto službu vydávat finanční prostředky z rozpočtu při jakémkoliv způsobu správy. Je jen otázkou, která z možných variant je pro město nejvýhodnější jak z pohledu finančního, tak z pohledu možnosti ovlivňovat jeho vývoj. V současné době existují u nás tři používané modely správy veřejného osvětlení:

Model 1

Město nebo obec má zřízenou společnost (s.r.o. nebo jinou právní formu), která zabezpečuje správu a údržbu veřejného osvětlení. U tohoto modelu má obec danou společnost plně nebo zprostředkovaně pod kontrolou v závislosti na statutu této společnosti.

Model 2

Město či obec uzavírá smlouvy se soukromými společnostmi na jednotlivé práce na veřejném osvětlení. U tohoto modelu zpravidla obec zajišťuje správu a soukromé společnosti údržbu veřejného osvětlení. Pro svoji organizační náročnost je tento model vhodný pouze pro malé obce.

Model 3

Město či obec uzavře dlouhodobou smlouvu o správě a údržbě osvětlovací soustavy. Tento model správy veřejného osvětlení se nazývá systémem přenesené správy. Za předem dohodnutou pevnou částku, která zpravidla závisí na počtu světelných bodů a jejich technickém stavu, uzavře obec smlouvu s firmou o provozu a postupné rekonstrukci veřejného osvětlení na dlouhé období, nejčastěji na 10 – 15 let. Finanční prostředky na rekonstrukci soustavy veřejného osvětlení jsou získávány z úspor provozních nákladů. Při správném smluvním vztahu firma garantuje dosažení stanovených parametrů (energetická úspora, poruchovost atd.) Nevýhodou je komplikovaný smluvní vztah, který vyžaduje

důkladnou přípravu. V rámci smlouvy je třeba vypracovat kontrolní systém, který vytvoří předpoklady k optimálnímu nakládání s finančními prostředky a sledování výkonů a norem. Všechny uvedené modely předpokládají, že veřejné osvětlení je majetkem obce či města. Existuje také řešení, při kterém se soustava veřejného osvětlení odprodá. Toto řešení se u nás vyskytuje jen ojediněle v případě malých obcí. Je to spíše krajní možnost než typická ukázka, jak řešit problematiku správy veřejného osvětlení. U tohoto řešení vyvstává základní otázka, zda je vhodné se zbavit zařízení, kterým má obec ze zákona zajišťovat veřejné osvětlení. Tím, že je soustava veřejného osvětlení majetkem cizího subjektu, ztrácí obec kontrolu nad provozem, skutečnými náklady i rozvojem veřejného osvětlení. Přitom za tuto službu musí obec stále vydávat finanční prostředky.

Při úvahách o správě veřejného osvětlení je třeba vycházet z velikosti obce či města. Jen těžko lze zobecnit postupy pro velká města na obce s několika sty obyvateli.

Malé obce

Veřejné osvětlení je často upevněno na betonových sloupech venkovního vedení NN. Nově budované části veřejného osvětlení jsou již napájeny zemním vedením. Vypracování pasportu, jeho vedení a aktualizace jsou vzhledem k velikosti obce relativně snadné. Pokud se týká zpracování výhledu do budoucna, nemá samozřejmě význam zpracovávat generel osvětlení jako u rozsáhlých osvětlovacích soustav. Stačí vypracovat světelně technický návrh pro celou obec, který bude sloužit jako výchozí podklad pro návrh projektu elektroinstalace při rekonstrukcích nebo rozšiřování veřejného osvětlení. Na údržbu veřejného osvětlení se zpravidla najímá místní soukromník nebo firma, která spravuje veřejné osvětlení v některém bližším větším městě či obci a má příslušné vybavení. Rekonstrukce veřejného osvětlení v těchto obcích zpravidla představuje řešení základní otázky, zda provést kompletní rekonstrukci veřejného osvětlení včetně výměny venkovního vedení za zemní, nebo zda provést pouze výměnu svítidel na stávajících místech. Druhá varianta je investičně méně nákladná, ale neumožňuje komplexní a účinnou rekonstrukci osvětlovací soustavy, jelikož umístění svítidel je již dáno.

Větší obce

U těchto obcí se pro napájení veřejného osvětlení používá venkovního i zemního osvětlení, přičemž zemní zpravidla převažuje. Vedle vypracování pasportu je třeba zvážit v závislosti na velikosti obce, zda vypracovat generel veřejného osvětlení, nebo, zda postačuje vypracovat světelně technický návrh pro celou obec. U skupiny těchto obcí se mohou vyskytovat všechny tři modely správy veřejného osvětlení.

Města nad 10 000 obyvatel

Zde je veřejné osvětlení napájeno převážně kabelovým vedením. Venkovní vedení je ojedinělé, v okrajových částech města nebo přísloužených obcích. U měst této velikosti je pro koncepční přístup vypracování generelu veřejného osvětlení nezbytností. Správu veřejného osvětlení si město zpravidla zajišťuje samo, například přes služby města nebo formou přenesené správy.

Provozování VO

Provoz veřejného osvětlení se díky svému vizuálnímu projevu snadno spojuje se spotřebou elektrické energie a možnými úsporami. To často vede k mylné domněnce, že vypínáním veřejného osvětlení v pozdních nočních hodinách se ušetří výrazná část výdajů z rozpočtu obce. Řada menších obcí v minulosti takovéto opatření zavedla. Dnes je jeho uplatňování na ústupu, i když se v některých menších obcích stále využívá. Základní věc, kterou si obce

neuvědomují, nehledě ke snížení bezpečnosti, je skutečnost, že účinek uvedeného opatření je z hlediska úspor elektrické energie a nákladů minimální. Je to dáno tím, že náklady na veřejné osvětlení nejsou zásadní položkou ve výdajích obce, a tím i úspory nejsou významné. Rozhodnutí vypínat veřejné osvětlení v pozdních nočních hodinách může naopak vyvolat řadu protestů a stížností z řad občanů.

Provozní náklady

Provozní náklady se skládají z nákladů pravidelných a nákladů nahodilých.

Pravidelné náklady jsou náklady, které lze dopředu stanovit, popřípadě alespoň odhadnout. Tyto náklady tvoří:

- platby za elektrickou energii
- stálé měsíční platby
- náklady na údržbu

Pro veřejné osvětlení platí sazba za elektrickou energii s označením C62. Tato sazba se skládá z ceny za odebranou elektrickou energii a ze stálých měsíčních platů stanovených podle velikosti jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe.

Mezi položky nákladů na údržbu patří například náklady na výměnu světelných zdrojů, čištění svítidel, údržbu konstrukčních prvků, kontrolu elektrické instalace a další.

Nahodilé náklady nelze předem stanovit a jejich příčinou mohou být:

- vandalismus
- dopravní nehody
- povětrnostní vlivy

Kapitálové náklady

Kapitálové, též investiční náklady, zahrnují pořizovací náklady na obnovu a rozšiřování veřejného osvětlení v obci. Tyto náklady závisí na řadě faktorů, jako je typ svítidla, typ a výška sloupu, druh povrchu a terénu a další.

Jen pro představu, orientační průměrné náklady na jeden světelný bod ve standardním provedení, zahrnující kompletní zařízení včetně zemních prací a příslušného kabelového úseku jsou následující:

sadové svítidlo na sadovém stožáru do 6 m	cca 20 000 – 30 000 Kč
uliční svítidlo na silničním stožáru 8-12 m	cca 35 000 – 55 000 Kč

Úspory ve veřejném osvětlení

K zavádění úsporných opatření ve veřejném osvětlení je třeba přistupovat koncepčně a s ohledem na širší souvislosti. Není vhodné zvolit jeden z prvků osvětlovací soustavy a snažit se najít jeho nejúčinnější variantu bez ohledu na ostatní prvky soustavy a bez ohledu na prostor, v němž se osvětlovací soustava nachází.

Například: *Hledání úsporného opatření bude vycházet z použití neúčinnějších světelných zdrojů. Volba padne na nízkotlaké sodíkové výbojky, protože mají nejvyšší měrný výkon. Pokud v úvahách nebude zohledněno prostředí, kde budou světelné zdroje použity, může se stát, že způsob vyzařování svítidel, která lze vybranými zdroji osadit, není vhodný pro dané prostředí; svítidla působí v daném prostoru nevzhledně, nulové podání barev je pro daný prostor nevyhovující a cena světelných zdrojů je vysoká.*

Tak se, na první pohled velmi účinné opatření, změní v řešení neúčinné, které může nepříjemně změnit vzhled prostředí i zvýšit provozní náklady. Je třeba si uvědomit, že každé nové opatření zavedené ve veřejném osvětlení má vzhledem k životnosti osvětlovací soustavy (25 - 30 let) dlouhodobý charakter. Chybné kroky se špatně opravují a důsledky špatných řešení se projevují dlouhodobě.

Ideální osvětlovací soustava je soustava, která plní všechny své funkce s minimální spotřebou elektrické energie a minimálním negativním vlivem na okolí. Taková soustava svítí:

- kde je třeba
- na předepsané hodnoty
- po dobu nezbytně nutnou
- s využitím účinných technických prostředků

Svítit, kde je třeba,

znamená používat svítidla s vhodným způsobem vyzařování. Ne pro každý prostor nebo noční atmosféru lze použít libovolný typ svítidla. Způsob, jakým svítidla vyzařují světlo do svého okolí, se popisuje křivkami svítivosti. Cílem tohoto opatření tedy je používat svítidla, která jsou vhodná pro daný prostor a neovlivňují nepříznivě noční atmosféru. Pak maximální podíl světelného toku svítidla dopadá na plochy a místa, které chceme osvětlit a neuniká do nežádoucích směrů. Snižuje se tím potřebný příkon osvětlovací soustavy i provozní náklady.

Svítit na předepsané hodnoty

K tomuto opatření je třeba, aby všechny komunikace a veřejné prostory v obci či městě byly podle využití zaříděny podle norem do příslušných kategorií. Na základě tohoto zařídění jsou příslušným komunikacím a prostorům přiřazeny požadované hodnoty světelně technických veličin. Chybné zařídění komunikace může vést ke zbytečnému přesvětlení nebo naopak nedostatečnému osvětlení komunikace či prostoru. Přesvětlení znamená vyšší příkon osvětlovací soustavy, a tím i vyšší provozní náklady na elektrickou energii.

K tomuto bodu se také váže možnost využití regulace ve veřejném osvětlení. Jelikož jedním z parametrů, které určují zařídění komunikace, je hustota provozu, může se stát, že s jejím poklesem v pozdních nočních hodinách se změní zařídění, a tím i poklesnou požadavky na velikost světelně technických parametrů. Pak lze po dobu nižší hustoty provozu využít regulaci výkonu osvětlovací soustavy.

Svítit po dobu nezbytně nutnou

znamená, aby délka nočního provozu osvětlovací soustavy byla co nejkratší, ale zároveň odpovídala požadavkům norem. V normách je uvedeno, za jakých podmínek se zapíná a vypíná veřejné osvětlení. Doba provozu přímo souvisí s množstvím spotřebované elektrické energie, a tím i s provozními náklady. Je proto vhodné ověřit, jakým způsobem a kdy se veřejné osvětlení zapíná a vypíná.

Svítit s využitím účinných technických prostředků

znamená používat moderní svítidla (ve smyslu kvality) s účinným optickým systémem, vysokým krytím, kvalitní povrchovou ochranou, vysokou mechanickou odolností apod. Z pohledu světelných zdrojů to znamená používat zdroje s vysokým měrným výkonem a dlouhou dobou života. Použití technických prostředků nižší kvality ovlivňuje provozní náklady na údržbu i na elektrickou energii. Svítidla s nízkou účinností vyžadují světelný zdroj s vyšším výkonem než svítidla s vysokou účinností. Krytí svítidla ovlivňuje stárnutí optického systému svítidla (dochází k jeho zašpinění). Tento parametr se zohledňuje při návrhu osvětlovací soustavy. U svítidel s nižším krytím (IP44) může mít osvětlovací soustava vyšší příkon než osvětlovací soustava se svítidly s vysokým krytím (IP65). Tento parametr ovlivňuje též délku intervalů údržby, a tím i výši nákladů na údržbu. Při nekvalitní povrchové úpravě je třeba provádět obnovu těchto povrchů častěji, tím se náklady na údržbu opět zvyšují. Mechanická odolnost může souviset s úsporami nahodilých nákladů, způsobených například vandalstvím. Měrný výkon světelného zdroje ovlivňuje celkový příkon osvětlovací soustavy, a tím i náklady na elektrickou energii. Délka života světelných zdrojů ovlivňuje interval pro výměnu světelných zdrojů, a tím provozní náklady.

Další úspory jsou organizačního charakteru a týkají se preventivních prohlídek prvků osvětlovací soustavy, kterými lze předcházet závažným poruchám. Plošná výměna světelných zdrojů může být dalším zdrojem úspor. Účinnost tohoto opatření závisí na velikosti osvětlovací soustavy.

9.4. Údržba osvětlovacích soustav VO

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 a 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“.

Údržba zařízení VO a s tím spojené práce se člení:

- Běžná údržba (dále jen BÚ)
- Preventivní údržba (dále jen PÚ)
- Odstraňování následků škod a vandalismu
- Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby
- Zajištění pravidelných elektrovevíd

Běžná údržba

Zahrnuje všechny nezbytné úkony k zajištění plynulého provozu zařízení VO, prováděné podle platných předpisů.

S výkonem běžné údržby je také spojena kontrolní činnost pracovníků údržby, kteří při pohybu v terénu zjišťují a zaznamenávají veškeré informace o poškozeních, o zvláštních stavech na zařízení, případně nepovoleném využívání stožárů apod. Do kontrolní činnosti také patří také pravidelné noční kontroly spravovaného území za účelem ověření funkčnosti celé soustavy, zjištění problematických míst, kde je nutné přijmout určitá dlouhodobá koncepční

opatření, zjištění dílčích, ojedinělých výpadků SM, aniž by bylo nutné čekat na nahlášení ze strany obyvatel nebo jiných účastníků silničního provozu (MHD, Policie, záchranný sbor).

V rámci běžné údržby musí dodavatel zajistit zejména:

- udržení soustavy VO v pravidelném provozu se zajištěním svítivosti na úrovni smluvně dohodnuté mezi městem a servisní firmou
- odstraňování poruch na kabelovém rozvodu, operativní provizorní opravy vedoucí k co nejrychlejšímu opětovnému zprovoznění soustavy VO
- výměny vyhořelých zdrojů zjištěných při noční kontrolní činnosti, nahlášených správcem nebo občany města, výměny nebo opravy předřadníků, jištění svítidel, krytů. Výměny světelných zdrojů se doporučuje provádět v nočních hodinách při normálním provozu VO. Noční práce však nelze provádět např. na holém venkovním vedení, v blízkosti holého vedení NN.
- seřizování časových spínačů v souladu s ročním provozním kalendářem, ošetřování fotometrických spínacích prvků apod.
- identifikace poruch, operativní zásahy nezbytné k bezprostřednímu zajištění provozu VO, vypracování podkladů pro kvalifikované rozhodnutí vlastníka o způsobu definitivního odstranění příčin poruch a uvedení zařízení do stavu podle platné provozní dokumentace vyhrazeného elektrického zařízení (pasportu VO).

Preventivní údržba

Je neekonomičtější formou údržby zařízení a také rozhodující činností, která v případě řádného plánování a provádění pozitivně 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 vede i k předčasně potřebě celkové rekonstrukce zařízení pro jeho havarijní stav.

Obsahem PÚ jsou práce, které se z neznalosti celé šíře problematiky mohou zdát zbytečné, ale v následujícím čase se již jejich zanedbání a neprovedení nedá operativní běžnou údržbou ekonomicky nahradit.

Novelizací norem o revizích el. zařízení ČSN EN 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 předřadníků ve svém důsledku znamená, že do takové oblasti se nemusí opakovaně najíždět. Zvýšení efektivity prací, provozní spolehlivosti zařízení VO a s tím spojené ekonomické přínosy vyplývají z následujících důvodů:

- snížené časové a tím ztráty zvýšenými náklady zbytečným přejížděním
- možnost dlouhodobého plánování práce a potřebného materiálu
- konkrétní přebírání dokončené práce od pracovníků, jednodušší kontrola kvality
- možnost dohodnutí záručních dob na provedené práce (nátěry, zdroje aj.) jako pojistky proti nekvalitnímu odvedení prací u subdodávek
- každé světelné místo a rozvaděče jsou v pravidelném termínu komplexně ošetřeny
- zákonité snížení počtu nahodilých poruch
- možnost úspory nákladů za periodické elektrovizy (dle ČSN každé 4 roky) při oprávněném vynechání jednoho cyklu (prodloužení na 8 let) při zpracovaném plánu preventivní údržby
- v pravidelném cyklu je navštíven každý prvek zařízení VO a tím je zvýšená kontrola a prevence před neoprávněným využíváním zařízení VO.

Zpracování plánu PÚ

Z rozhodnutí majitele VO může být zpracováním plánu pověřen správce a provozovatel VO. Zpracovávat plán PÚ má však smysl pouze tehdy, je-li vlastník VO přesvědčen o smyslu tohoto kroku a je připraven finančně zajistit jeho každoroční financování v plné výši. Jakékoliv omezení rozpočtu PÚ v některém z následujících období zcela systém rozbije. Je pravdou, že nastartování úvodního čtyřletého cyklu vyžaduje vyšší finanční prostředky, než bylo v letech předchozích zvykem vynakládat, protože vedle preventivně ošetřovaného zařízení je ještě nutné nákladně udržovat provozované zařízení, které ještě cyklem PÚ neprošlo. V prvním roce nastartování PÚ se jedná o celé 3/4 zařízení VO, které bude stále vyžadovat nahodilou neplánovanou běžnou údržbu. Každým dalším rokem provádění PÚ ubývá 1/4 zařízení tohoto charakteru, takže po ukončení prvního čtyřletého cyklu se zásadně změní poměr mezi náklady PÚ a BÚ. Příprava plánu PÚ vyžaduje zejména:

- vypracování přehledné mapy města s rozlišeným vyznačením území se zařízením VO podle jednotlivých nejbližších roků obnovy elektrovizy
- 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 elektrovizy, 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.

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.

Samozřejmě, že do každého uzemí budou zasahovat např. nové stavby VO, rekonstruované části VO, přeložená VO s velmi krátkou dobou od předání. V takovém případě se provede pouze mechanické očištění a prohlídka.

Finanční náročnost PÚ a přínos

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.

9.5. Výměna světelných zdrojů a čištění svítidel

Jak vyplývá z předcházejícího textu je potřeba postupně přecházet od nahodilých, operativních výměn světelných zdrojů na základě zjištěných nebo nahlášených výpadků k plánovaným plošným výměnám v rámci preventivní údržby VO. Jednotlivá oprava na různých a od sebe vzdálených světelných místech je tou nejdražší formou údržby. Je nutné si uvědomit stoupající cenu hodinové práce pracovníků a stejně tak stoupající náklady ne nezbytný montážní mechanismus.

Totéž platí o individuálním čištění svítidel. Je proto nutné v rámci preventivní údržby a obnovy používat svítidla s vysokým krytím světelně činné části a takovým provedením světelných krytů, které mají jistou míru samočisticí schopnosti.

Čištění svítidla musí být součástí každého úkonu údržby na svítidle (při výměně zdroje, opravě předřadníku), tedy vždy kdy musí být k výkonu použita montážní plošina.

Pravidelnému nákladnému čištění svítidel se nevyhneme u speciálních historizujících svítidel (zejména lucerny, opletené koule apod.). Rozsah nasazení je však v každém městě či obci omezen, nejčastěji na centrum nebo vymezené památkové zóny.

9.6. Obnova, rozvoj a financování VO

Veřejné osvětlení bylo ve většině měst a obcí v České republice vybudováno v průběhu 60. a začátkem 70. let 20. století. Vzhledem k tomu, že se životnost soustavy veřejného osvětlení zpravidla udává 25 až 30 let, nacházíme se v období, kdy jsou soustavy veřejného osvětlení na konci své životnosti. Zastaralé osvětlovací soustavy se mohou projevat tím, že:

- nesplňují požadavky norem na osvětlení
- vykazují vysoké náklady na elektrickou energii
- vykazují vysoké náklady na údržbu
- v důsledku narušení mechanické stability hrozí zřícení sloupů
- jsou nevzhledné aj.

Dříve než obec přistoupí k rekonstrukci veřejného osvětlení, je třeba odstranit havarijní stavy a závady na soustavě veřejného osvětlení, které mohou mít vliv na bezpečnost provozu soustavy. Pro účinné a koncepční řešení veřejného osvětlení je zapotřebí, aby obec měla zpracovaný pasport a generel veřejného osvětlení. Bez těchto dvou základních podkladů se lze jen těžko vyhnout systémovým chybám. Teprve pak lze přistoupit k rekonstrukci a budování nového veřejného osvětlení z různých důvodů:

- stavby s cílem snižování nákladů na veřejné osvětlení (např. při obnově povrchů komunikací)
- rekonstrukce vyvolané technickým stavem veřejného osvětlení
- změna venkovního vedení na zemní
- výstavba nové soustavy veřejného osvětlení
- výstavba nové soustavy slavnostního osvětlení

Pro rekonstrukci a výstavbu veřejného osvětlení si obec či město zpravidla najímá cizí firmu. Firma, která v obci či městě zajišťuje údržby, případně správu veřejného osvětlení často nemá zázemí pro realizaci takové stavby. Takové zázemí představuje větší počet lidí a rozsáhlejší technické vybavení, než je nutné na správu a údržbu veřejného osvětlení. To neplatí v případě přenesené správy, kdy údržbu, správu i výstavbu veřejného osvětlení kompletně zajišťuje firma, s níž má město podepsanou smlouvu.

Standardy veřejného osvětlení

Veřejné osvětlení je oblastí s velmi rychlým vývojem, kde se mění jak technické, tak kvalitativní parametry svítidel, světelných zdrojů i dalšího příslušenství a jejich možností. Pro lepší orientaci o současném stavu je vhodné si nechat vypracovat dokument, který se nazývá Standardy veřejného osvětlení.

Tento dokument zpravidla obsahuje:

- platné normy a předpisy pro veřejné osvětlení
- požadavky na instalaci napájecího vedení
- požadavky na sloupy a jejich základy
- požadavky na elektrickou výzbroj
- požadavky na svítidla
- požadavky na ovládání
- požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem
- požadavky na projektovou dokumentaci
- požadavky na dokumentaci pro kolaudační a přejímací řízení
- a další

Tento dokument není předepsán žádným zákonem ani normou, ale pro obec či město je vhodným podkladem pro stanovení podmínek ve smlouvě o provedení díla s firmou najatou na rekonstrukci nebo novou výstavbu veřejného osvětlení.

Příprava realizace projektu

Projekt, který zpravidla obsahuje technické řešení a rozpočet investičních nákladů, neumožňuje dostatečně vyhodnotit finanční stránku projektu a jeho rizika. Z tohoto důvodu je vhodné před započítáním realizace vypracovat analýzu ekonomické a finanční efektivity projektu, citlivostní analýzu, analýzu rizik projektu a schopnosti města splácet dluh. Tyto materiály významným způsobem usnadňují získání prostředků pro financování připravovaného projektu.

U větších projektů lze provést předběžnou technicko-ekonomickou studii, ze které vycházejí hrubé finanční odhady i základní podmínky pro daný projekt. Podrobnějším podkladem k projektu je studie proveditelnosti, ve které se již pracuje s přesnějšími údaji. Studie proveditelnosti slouží k ověření proveditelnosti navrhovaných variant projektu z hlediska technického, ekonomického, z pohledu možností financování, spolehlivosti použitých vstupních předpokladů, přijatelnosti rizik projektu aj. Používá se jako základní podklad pro rozhodování o výběru jedné z variant projektu. V případě rozhodnutí o realizaci projektu se studie proveditelnosti využije při přípravě podnikatelského záměru. Podnikatelský záměr pak obsahuje popis vybraného řešení a všechny souvislosti, které mají význam při získávání financí pro projekt.

Je důležité mít na paměti, že kvalitní projekt netvoří jeho kvalitní analýza, ale především dobrý a promyšlený podnikatelský záměr. Analýza může odhalit jeho případné nedostatky a napomoci k jeho vylepšení, nebo v krajním případě k jeho pozastavení. Zároveň umožní porovnat jednotlivé varianty projektu a vybrat tu nejvhodnější.

Projekt veřejného osvětlení

Projekt rekonstrukce nebo nové výstavby veřejného osvětlení má dvě základní podoby:

- je součástí rozsáhlejšího projektu rekonstrukce městské části
- je samostatným projektem

V případě, že je výstavba veřejného osvětlení součástí rozsáhlejšího projektu, je veřejnému osvětlení věnována taková pozornost, jakou zaujímá jeho význam v celém projektu. Zde se

nejvíce projeví to, zda má město zpracovanou koncepci veřejného osvětlení (generel), která umožní stanovit jasná pravidla pro řešení osvětlovací soustavy v dané městské části. Jistým úskalím je, že projekty úprav jednotlivých městských částí řeší různí architekti; ti mají rozdílné názory na způsob a vlastní osvětlení prostoru. Pak může dojít k tomu, že:

- veřejné osvětlení ztrácí koncepční charakter
- město má velký počet typů svítidel, někdy rozdílné kvality

Postup jednotlivých projektových prací v oblasti veřejného osvětlení by měl být následující:

- soulad s generelem veřejného osvětlení (u větších obcí)
- světelně technický návrh řešených osvětlovacích soustav
- projekt elektroinstalace, provedení a uložení rozvodů

Formy financování

Městský rozpočet nemá zpravidla dostatečnou kapacitu na poskytnutí investic na všechny potřebné projekty. Veřejné osvětlení většinou nepatří k nejvyšším prioritám při rozhodování o rozpočtu města či obce. Z tohoto důvodu se často hledají potřebné finanční zdroje nejen v rámci rozpočtu obce či města, ale i mimo něj. Možnosti finančních zdrojů mimo rozpočet města:

- bankovní úvěr
- provozní úvěr
- investiční úvěr
- kontokorentní úvěr
- hypoteční úvěr
- dodavatelský úvěr
- dotace
- veřejný sektor
- EU (strukturální fondy)
- ministerstva
- kraje (programy rozvoje kraje)
- neziskový sektor (nadace)
- soukromý sektor
- EPC - Energy Performance Contracting

EPC - Energy Performance Contracting

Energy Performance Contracting představuje metodu, na základě, které firma energetických služeb (ESCO – Energy Service Company) nabízí komplexní služby s cílem snížit náklady na spotřebu elektrické energie, které zahrnují: energetickou analýzu, návrh projektu, instalaci zařízení, pravidelnou údržbu, zaškolení obsluhy a financování projektu z úspor nákladů na energii. Firma ESCO dostane za své služby zapláceno jen tehdy, přinese-li její řešení úspory nákladů. Smlouva se uzavírá zpravidla na 4 – 8 let a během tohoto období se firma a obec dělí o úspory podle ustanovení ve smlouvě. Ze snížených plateb nákladů hradí ESCO hradí investiční náklady, provozní náklady a čerpá vlastní zisk.

Poradenská činnost

Problematika veřejného osvětlení je poměrně rozsáhlá, vývoj technických zařízení je rychlý, a proto i orientace v této problematice je relativně obtížná. Města i obce jsou vystaveny tlaku dodavatelů svítidel, kteří se jim snaží prodat své výrobky za každou cenu, bez ohledu na potřeby města. Zaměstnanci městských i obecních úřadů se mohou obrátit na profesní organizace zabývající se problematikou veřejného osvětlení:

SRVO – Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení

SEVEN - Středisko pro efektivní využívání energie

ČEA – Česká energetická agentura

ČESKÝ KOMITÉT CIE - Mezinárodní komise pro osvětlení; technické skupiny TC4 a TC5

9.7. Pasportizace ve VO, uplatnění nových technologií (GPS, bluetooth, PDA)

Pro vedení majetku a zejména plánování činností na zařízení je velmi důležitý kvalitní a aktuální pasport. Ten potom garantuje, že nedochází k zbytečnému vynakládání prostředků v údržbě, neztrácí se opakované opravy na jednom světelném místě bez řešení příčiny, umožňuje zavedení dlouhodobého plánu preventivní údržby jako nejekonomičtější formy údržby.

Do roku 1991 byla v celé ČR vedena jednotná pasportizace podle metodického pokynu MV ČSR č.j. MH-5/8820/1429/83 a ministerstva financí ČSR č.j. 351/15.047/83 ze dne 20. 12. 1983, která se průběžně doplňovala a aktualizovala podle požadavků a potřeb jednotlivých správců VO.

V průběhu let 1991 - 1998 nebylo vydáno žádné rozhodnutí o tom, že by technická dokumentace a pasportizace nemusela být u spravovaného majetku vedena. Navíc veřejné osvětlení patří mezi vyhrazená elektrická zařízení.

Způsob provedení pasportizace za uplynulé období prošel vývojem, který byl dán technickými možnostmi v dané době nebo konkrétními požadavky objednatele. Od prosté kresby na tisk katastrální mapy, přes kresbu tuší na překreslené katastrální mapy na pauzovací papír, následně na fólie z katastrálních map, dospěl vývoj k digitální formě kresby, která v podstatě vyřešila všechna negativa předchozích způsobů (archivace, aktualizace, vnášení změn, rozmnožování, dílčí tisky apod.). Digitální zpracování umožňuje převod do systémů GIS měst a obcí.

Digitální pasportizace rovněž prochází postupným vývojem. Od zpracování pasportizace po jednotlivých mapových listech a vedení pasportizace v systémech CAD, přes elektronické tisky a využití webového prohlížeče po komplexní formu vedenou v systému GIS.

Přesun kresby vlastního pasportu VO do systémů GIS umožňuje plnění datové vrstvy (technické údaje o zařízení VO v návaznosti na mapovou část). Nový informační systém umožňuje vést nejen pasportizaci VO, ale i pasportizaci komunikací, dopravního značení, reklamních bodů, liniové sítě, kanalizace, světelné signalizace atd. Každá jednotlivá profese potom využívá vlastní programový modul.

Povinnost vedení pasportizace zařízení VO upravují (kromě logické povinnosti správce mít přesnou evidenci o svěřeném majetku obecně) pro elektrická zařízení 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“.

Zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů (prováděcí vyhláška č. 132/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhláška č. 135/2001 Sb., o územně plánovacích podkladech a územně plánovací dokumentaci, ve znění pozdějších předpisů), v odstavci (2) § 3 je uvedeno:

„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 evidence umožňuje správě VO plánovat provádění běžné a preventivní údržby, spotřeby energie a zároveň i připravovat podklady majiteli zařízení pro plánování rekonstrukcí.

Mapová část:

Základem mapové evidence je jednotná mapa, která musí být pravidelně aktualizována nezávislou geodetickou firmou. Zpravidla je tvořena sítí mapových čtverců katastrální mapy v měřítku 1:1000 a technické mapy v měřítku 1:500 spojených do jednoho datového souboru. Geodetické zaměření je v bývalé třídě přesnosti 3, v souřadném systému S-JTSK a ve výškovém systému BpV. Mapový podklad jako takový již nelze měnit, pouze jej lze podle příslušných vrstev zobrazit event. tisknout.

Vlastní pasportizace VO v GIS systému bývá zpravidla vedena ve dvou nezávislých nadstavbových modulech, přičemž každý modul zpracovává vlastní datový soubor.

Modul 1 slouží k evidenci technického schématu zapojení VO a má jisté omezené schopnosti správy databázových údajů o zařízení VO. Obsahuje jen databázi zapínacích bodů RVO. Ostatní prvky rozvodu VO (kabely, stožáry, skříně RVOO apod.) jsou vedeny jako instance sdílených skupin bez vlastní databáze. Tato kresba je důležitá pro techniky VO a pro údržbu VO, kdy musí mít k dispozici detailní zapojení rozvodu. Její nevýhodou jsou do jisté míry zkreslující údaje o poloze jednotlivých kabelů v mapovém podkladu. Pro lepší přehlednost jsou jednotlivé kabely kresleny v určité vzdálenosti od sebe i když jsou fyzicky uloženy v jedné kabelové rýze. Z tohoto modulu lze provést export jednotlivých dat do jiných systémů (*.dgn, *.shp), ale pouze vlastní kresbu zařízení VO. Mapový podklad exportovat nelze.

Modul 2 přebírá umístění jednotlivých světelných míst z modulu 1 a zjednodušuje schéma na průběh kabelové rýhy. Schéma zapojení je zachováno, pouze jednotlivé kabely jsou překresleny na sebe tak, jak je provedeno geodetické zaměření kabelové rýhy. Tento průběh je důležitý pro vlastní vytyčení uložení zařízení v terénu pro případné vyjádření o uložení inženýrských sítí. Jednotlivé kabely a veškeré ostatní prvky rozvodu VO jsou doplněny podrobnou databází vztahující se k jednotlivým prvkům (typ svítidla, typ světelného zdroje, typ kabelu atd.) a tím je umožněno vést a získat podrobné informace pro účely statistiky, nebo pro požadavky jednotlivých techniků či zákazníků. Ulehčí kvalifikované rozhodování o případných změnách v rámci investičních nebo údržbových akcí, při odstraňování havárií, nebo následků živelných pohrom.

9.8. Dohledové systémy ve VO

9.8.1. Posouzení a volba dohledového systému

Jedná se o nejvyšší a nejmodernější stupeň řízení VO a takové rozhodnutí města, kterým bude zahájena instalace všech prvků (v rámci finančních prostředků tento proces může probíhat postupně nebo globálně), který povede k podrobné diagnostice jak zapínacích rozváděčů RVO tak i všech světelných míst a světelných bodů.

Předpokládané náklady na pořízení a instalaci plného dohledu nad soustavou VO (bez ročních provozních nákladů) jsou závislé na velikosti města nebo obce a potažmo na počtu SM. Pohybují se v řádech statisíců až desítek či stovek milionů u největších měst. Taková výše očekávaného plnění vylučuje jiný postup v rozhodování města o volbě systému než otevřeným zadáním ve veřejné obchodní soutěži.

V této oblasti se již rozšiřuje okruh potenciálních dodavatelů, kteří splňují celou škálu požadavků. Jedná se například o systémy MINOS, DATMO, LUXICOM.

Systém MINOS

Velice propracovaný systém s vynikajícími zahraničními referencemi. Stavebnicové řešení umožňující investorovi postupovat kontinuálně ve vazbě na aktuální finanční možnosti.

Systém DATMO

Komunikační pojítka, která umožňují přenos informací z RVO do dispečerského pracoviště mohou být radiomodemy, moduly GSM/GPRS nebo také propojení pomocí samostatných optických vláken.

Pro rozsáhlé aplikace s požadavkem na stálý přístup do technologie je nejlepší přenos po optickém vlákne, které je ovšem pro všechny správce VO jen snem. Nejlepší náhradou je vybudování radiodatové sítě. Pro malé provozovatele s malým počtem RVO lze využít moduly GSM/GPRS.

Je-li RVO vybaven regulací, je systém schopen zajistit i dálkové řízení regulace. Systém využívá k regulaci jednotek INTELUX NG.

Vizualizační SW je určen pro zobrazení technologických dat ze sítě RVO na dispečerském pracovišti a jejich dálkové řízení.

Všechny prvky stavebnice DATMO jsou vybaveny servisními porty pro snadný upgrade a konfiguraci nastavení. Vybavením světelných míst prvky MSB-C je možno po silové síti monitorovat i jednotlivá SM.

Systém LUXICOM

Také tento systém komunikuje s jednotlivými svítdly přes silové vedení. Každé svítdlo musí být vybaveno jednotkou UDC, RVO jednotkou UCL. Řízení probíhá přes silové vedení (mezi jednotkami UDC – 132kHz) a spojkami (kabel DCM) a radiomodem 433Mhz (2UTR moduly; max. vzdálenost 100m). Spojky umožňují komunikovat mezi různými částmi sítě VO.

Vizualizační SW je určen jen pro zobrazení technologických dat ze sítě VO. Neumožňuje monitorování a ovládání zapínacích míst. SW prostředí LGS obsahuje prvky GIS, modul pasportu a modul pro údržbu VO.

Posouzení a volba systému

Pro správce VO bude nejvýhodnější podrobně posoudit konkrétní nabídky těchto a dalších firem, které se do soutěže přihlásí. Předpokladem jsou pro zavedení do systému VO v jednotlivých etapách PO jsou aktuální finanční možnosti města, požadavky na očekávané přínosy a specifikace technických parametrů navrhovaných soustav VO. Všechny tyto údaje musí být v zájmu objednatele přesně specifikovány v zadávací dokumentaci veřejné obchodní soutěže. Objednatel jednoznačným, ale nediskriminačním způsobem stanoví veškeré požadavky na technické parametry, postup zavádění a hlavně finální stav dohledového systému VO města. Na tomto základě bude možno vybrat nejlepší nabídku.

9.8.2. Přínosy komplexního dohledového systému

Kromě důležité okamžité informace o stavu provozovaného zařízení umožňuje nainstalovaný systém řízení stanovených skupin ve specifickém režimu, který odpovídá potřebě osvětlení v místech a době, kterou skutečně daná situace a lokalita vyžaduje.

Další využití je zejména:

- slavnostní a architekturní osvětlení památek
- příležitostné osvětlení (vánoční, významné svítky)
- bezpečnostní nasvětlení přechodů pro chodce v lokalitách s významnými výkyvy intenzity dopravy a pohybu pěších
- přepínání svítdel na nižší světelný tok v době významného poklesu intenzity dopravy

Přínosem je ekonomické využívání elektrické energie, omezení nadbytečného světla v době celkového zklidnění provozu, biologického klidu přírody.

Řízení a diagnostika stavu zařízení VO

Už nasazení základního prvku systému – řízení a diagnostika zapínacích rozváděčů VO přináší významné efekty a s tím spojené úspory lidského a technického potenciálu:

- ovládání spínání VO v optimálním čase
- okamžitá informace o stavu napájecího napětí, kdy není nutno reagovat výjezdem na poruchu mimo rozvod VO (výpadek sítě distributora elektrické energie)
- okamžitá informace o neoprávněném vstupu do rozváděče
- informace o výkyvu v zatížení jednotlivých vývodových větví RVO, které rámcově signalizuje výpadek většího množství světelných míst

Ve všech uvedených případech je provozovatel vybaven prvotní objektivní informací, na kterou může reagovat s náležitou přípravou a účelně. Odpadají zbytečné výjezdy na ne vždy seriózní hlášení, výjezdy do lokalit, kde došlo k plošnému výpadku elektrické energie a odstranění stavu je závislé na distributorovi elektrické energie – nikoli na provozovateli VO.

Lze zamezit zbytečnému provozu VO v denní době po násilném vniknutí do RVO a jeho ručním zapnutí.

Operativní nasazení montážní čety na systémem lokalizované úseky s výraznou změnou odběru (výpadek SM nebo připojení jiného odběru).

10. ENERGETICKÝ AUDIT BUDOV

10.1. Přípravovaná ČSN EN 15193-1 (73 0323) Energetické hodnocení budov - Energetické požadavky na osvětlení - Část 1: Stanovení potřeby energie pro osvětlení

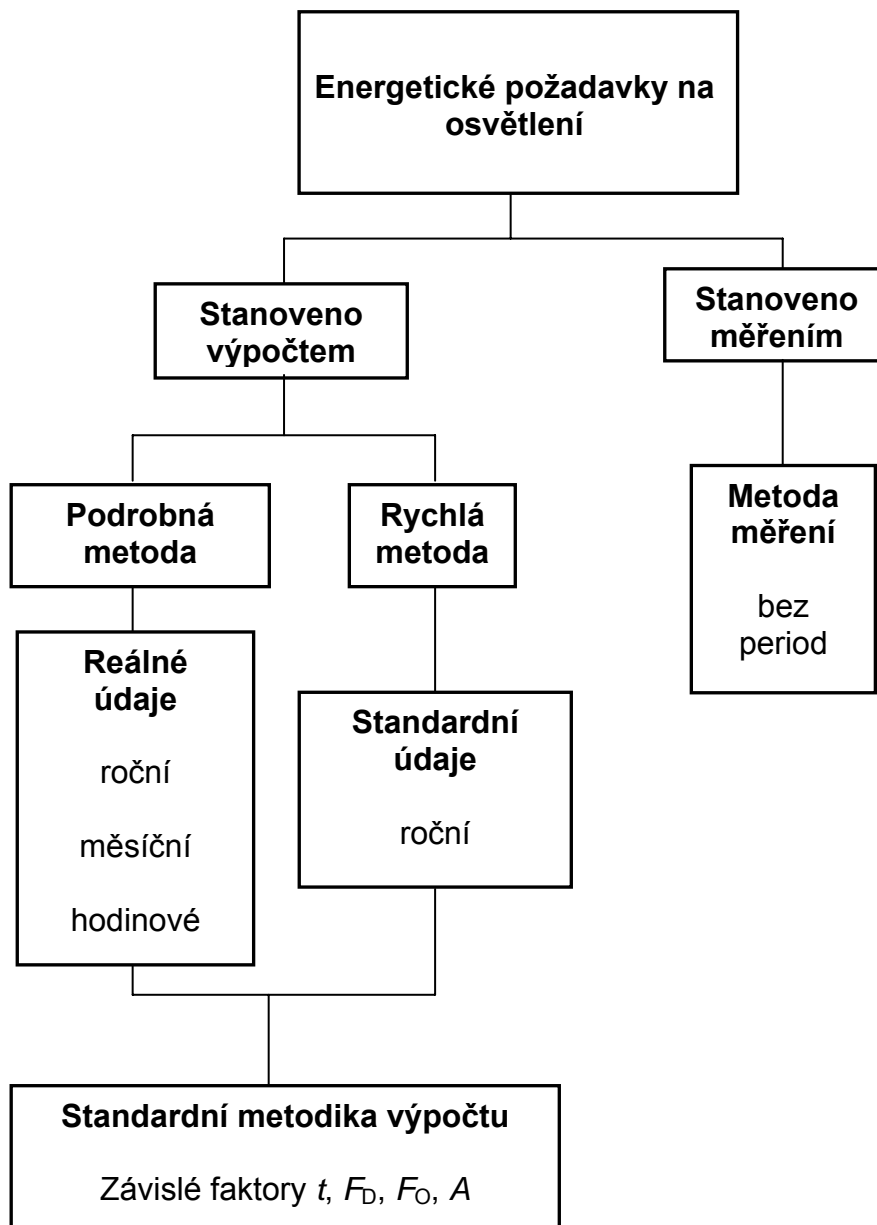
10.1.1. Spotřeba energie pro umělé osvětlení

Význam umělého osvětlení vyplývá ze skutečnosti, že tento druh spotřeby elektřiny velmi výrazně ovlivňuje celkovou spotřebu elektrické energie v době energetických špiček a to zejména v zimním období. Potvrzují to i výsledky odborných šetření a průzkumu Státní energetické inspekce, podle níž se umělé osvětlení může při maximu svého příkonu, podílet na příkonu celé elektrizační soustavy ČR i více než 20-ti %.

Z tohoto důvodu je nezbytné neustále narůstající kvantitativní a kvalitativní požadavky na umělé osvětlení řešit s maximální hospodárností při respektování hlediska minimalizace energetické náročnosti. Na tomto základě byl vydán Evropskou komisí mandát M 343 pro CEN k vypracování EN 15193-1 Energetické hodnocení budov - Energetické požadavky na osvětlení - Část 1: Stanovení potřeby energie pro osvětlení. Tato norma je prostředkem k zajištění shody s podstatnými požadavky směrnice o novém postupu 2002/91/EC Evropského parlamentu a Rady z 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov.

EN 15193-1 byla navržena za účelem zavedení dohod a postupů pro stanovení energetických požadavků na osvětlení v budovách a k poskytnutí metody pro numerický indikátor (číselný ukazatel) spotřeby energie v budovách. Také poskytuje vodítko pro zavedení národních limitů spotřeby energie na osvětlení odvozených z referenčních schémat. Pro nové instalace se návrh vypracovává v souladu s EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Norma také obsahuje pokyny pro techniky odděleného měření energie použité pro osvětlení, což poskytne správnou zpětnou vazbu na účinnost ovládání osvětlení.

Obr. 10.1. ukazuje přehled metod a postupů k určení potřeby energie v budovách. Metoda a forma prezentace získaných výsledků má splňovat požadavky Směrnice EC o energetické náročnosti budov 2002/91/EC.



Obr. 10.1: Postupový diagram ilustrující alternativní cesty k určení potřeby energie

10.1.2. Termíny a definice používané v této norma

ovládací zařízení - součásti požadované pro ovládání činnosti světelného zdroje (světelných zdrojů)

příkon svítidla (P_i) - elektrická energie z rozvodné sítě, spotřebovávaná světelným zdrojem (světelnými zdroji), ovládacím zařízením a ovládacím obvodem ve svítidle nebo k němu připojeným, měřená ve wattech

parazitní příkon (P_p) - pohotovostní příkon pro ovládání a příkon k nabíjení baterie spotřebovávaný nouzovou osvětlovací soustavou, měřený ve wattech

celkový instalovaný příkon pro osvětlení instalovaný ve vnitřním prostoru nebo jeho vymezené části - příkon svítidla pro všechny typy svítidel ve vnitřním prostoru nebo jeho vymezené části, měřený ve wattech

doba činnosti - (t_o) - stanovený počet hodin činnosti svítidla

standardní roční doba (t_y) - doba trvání jednoho standardního roku, stanovená na 8 760 hodin

hodiny účinného ("efektivního") využití (t_u) - hodiny účinného využití osvětlovacích soustav

doba činnosti parazitního příkonu (t_p) - hodiny účinného využití parazitního příkonu

celková uživatelská plocha budovy (A) - podlahová plocha uvnitř obvodových stěn s vyloučením neobyvatelných sklepů a neosvětlených prostorů, měřená v m^2

celková podlahová plocha - celková osvětlená podlahová plocha budovy, měřená v m^2

POZNÁMKA Tato plocha se vypočítá s použitím buď vnějších nebo vnitřních rozměrů budovy, jejichž výsledkem je hrubá a čistá referenční podlahová plocha. Při výpočtech a certifikačním procesu se použije pouze jeden z obou typů. Typ je definován na národní úrovni.

ovládaná plocha (A_s) - největší plocha ovládaná jedním spínacím zařízením ve vnitřním prostoru, měřená v m^2

činitel závislosti na denním světle (F_D) - činitel vztahující použití celkového příkonu pro osvětlení k dostupnosti denního světla ve vnitřním prostoru nebo jeho vymezené části

činitel závislosti na obsazení – pobytu - (F_O) - činitel vztahující použití celkového instalovaného příkonu pro osvětlení k době obsazení vnitřního prostoru nebo jeho vymezené části

instalovaná svítidla - všechna instalovaná svítidla určená pro účel osvětlení v budově

numerický indikátor osvětlení (LENI) - numerický indikátor energie pro osvětlení (LENI) je ukazatel roční spotřeby energie pro osvětlení požadované ke splnění funkce osvětlení a požadavků na účel budovy, dělený celkovou plochou této budovy

POZNÁMKA:

1. *LENI se může použít pro přímá srovnání energie pro osvětlení použité v budovách, které mají podobné funkce, ale mají různé rozměry a uspořádání;*
2. *Číselné hodnoty získané popsány metodami mohou sloužit pouze k posouzení energetické náročnosti jednotlivých budov a pro jejich vzájemné srovnání z hlediska energetické náročnosti. V žádném případě není přípustné tyto hodnoty používat pro návrh osvětlovací soustavy.*

10.1.3. Výpočet energie pro osvětlení**Celková roční energie pro osvětlení**

Celková roční energie požadovaná pro osvětlení ke splnění osvětlovací funkce a účel v budově (W_{light}) se stanoví s použitím tohoto vzorce:

$$W_{light} = \frac{\left[\sum (P_{pn} \times t_p) + \sum P_n ((t_D \times F_D \times F_O) + (t_n \times F_o)) \right]}{1000} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (10.1)$$

POZNÁMKA Je třeba poznamenat, že pro existující budovy může být W_{light} stanovena přesněji přímým a odděleným měřením energie dodávané pro osvětlení..

Numerický indikátor energie pro osvětlení (LENI)

Numerický indikátor energie pro osvětlení (LENI) se stanoví s použitím tohoto vzorce:

$$\text{LENI} = \frac{W_{light}}{A} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok}] \quad (10.2)$$

10.1.4. Měření energie použité pro osvětlení**Všeobecně**

Je-li to možné, má se měřit spotřeba pro osvětlení odděleně s použitím měřicího přístroje pro získání přesnějších ukazatelů účinnosti ovládání. Měření se má vykonat s použitím jedné z těchto metod:

- Činné elektroměry v obvodech rozvodné elektrické sítě, určených pro osvětlení ;
- místní měřiče příkonu spojené s ovladači osvětlení systému řízení osvětlení nebo do nich zabudované;
- systém řízení osvětlení, který dovede vypočítat místní spotřebu energie a dokáže tuto informaci předat řídicímu systému budovy (BMS);
- systém řízení osvětlení, který umí vypočítat spotřebovanou energii pro jednotlivé části budovy a předat tuto informaci v přenosné formě, ku příkladu ve formě rozložených listů;
- systém řízení osvětlení, který sleduje průběh hodin, proporcionalitu (úroveň stmívání) a předává to své interní databázi (česky: „vnitřní údajové základně“) pro instalovaný příkon.

Systém řízení osvětlení musí měření předávat BMS pro další využití nebo předávat v přenosné formě.

POZNÁMKA Výsledek je vzorem, který může být kalibrován s určitou přesností se skutečnou spotřebou v kilowatthodinách během používání budovy.

Oddělení příkonu

Síť systému řízení osvětlení BMS musí poskytovat stejnou funkci jako oddělení v rozvodu elektřiny. Společné nebo dálkové měření se doporučuje pro úplně oddělené systémy rozvodu energie. Společné nebo dálkové měření může být také použito pro inteligentnější (Řízení osvětlení) systémy pro poskytování dat.

10.1.5. Výpočet energie pro osvětlení v budovách

Typy budov

Použití rychlé metody stanovení spotřeby energie je přípustné pro tyto typy budov:

- Kanceláře
- Budovy pro výchovu
- Nemocnice
- Hotely
- Restaurace
- Sportovní zařízení
- Velkoobchodní a maloobchodní služby
- Výrobní budovy
- Ostatní typy budov spotřebovávajících energii

POZNÁMKA Metoda podrobného výpočtu může být použita pro jakoukoliv budovu s jakýmkoliv umístěním.

Instalovaný příkon pro osvětlení

Jsou dvě formy instalovaného příkonu v budovách: příkon svítidel, který dodává příkon pro funkční osvětlení, a parazitní příkon, který zásobuje ovládací systém a dodává příkon v době pohotovostního stavu.

Rychlá metoda

Pro rychlé stanovení roční spotřeby energie pro uvedené typy budov (viz výše navrhuje norma tento vzorec:

POZNÁMKA Hodnoty uvedené v tab. 10.1 až 10.3 vedou všeobecně ke stanovení vyššího LENI než podrobná metoda.

$$W_{\text{igh}} = 6A + \frac{t_{\text{u}} \sum P_n}{1000} \quad [\text{kWh/rok}] \quad , \quad (10.3)$$

kde $t_{\text{u}} = (t_{\text{D}} \times F_{\text{D}} \times F_{\text{O}}) + (t_{\text{N}} \times F_{\text{O}})$ jsou hodiny účinného využití

P_n je celkový příkon svítidel ve vymezené části vnitřního prostoru

t_{D} doba využití za denního světla viz Tab. 10.1

t_{N} doba využití bez denního světla viz Tab. 10.1

F_{D} činitel závislosti na denním světle viz Tab. 10.2

F_{O} činitel obsazení viz Tab. 10.3

A celková plocha budovy

Tab. 10.1: Roční počet hodin činnosti s přihlédnutím k typu budovy

Typy budov	Roční počet hodin činnosti		
	t_D	t_N	t_{total}
Kanceláře	2250	250	2500
Budovy pro výchovu	1800	200	2000
Nemocnice	3000	2000	5000
Hotely	3000	2000	5000
Restaurace	1250	1250	2500
Sportovní zařízení	2000	2000	4000
Velkoobchodní a maloobchodní služby	3000	2000	5000
Výrobní budovy	2500	1500	4000

Tab. 10.2: Vliv denního světla v budovách s ovládním

Vliv denního světla		
Typ budovy	Způsob ovládním	F_D
Kanceláře	Ruční	1,0
Sportovní zařízení	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost	0,9
Výrobní budovy	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost se snímáním denního světla	0,8
Hotel	Ruční	1,0
Restaurace	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost	0,9
Maloobchod		
Budovy pro výchovu	Ruční	1,0
Nemocnice	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost	0,9
	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost se snímáním denního světla	0,7

POZNÁMKA Předpokládá se, že nejméně 60 % osvětlení je pod uvedeným ovládním

Tab. 10.3: Vliv obsazení pro budovy s ovládním

Vliv obsazení		
Typ budovy	Způsob ovládním	F_O
Kanceláře	Ruční	1,0
	Automatické pro $\leq 60\%$ zapojeného příkonu	0,9
Budovy pro výchovu		
Maloobchod, výroba sportovní zařízení a restaurace	Ruční	1,0
Hotely	Ruční	0,7
Nemocnice	Ruční (zčásti automatické ovládním)	0,8

POZNÁMKA Automatické ovládním s čidlem na přítomnost se zřídí nejméně jedno na vnitřní prostor a ve velkých prostorech nejméně jedno na 30 m².

Podrobná metoda

Podrobná metoda se může použít pro přesné stanovení spotřeby energie pro osvětlení. Při použití podrobné metody stanovení spotřeby energie pro osvětlení se použije tohoto vzorce:

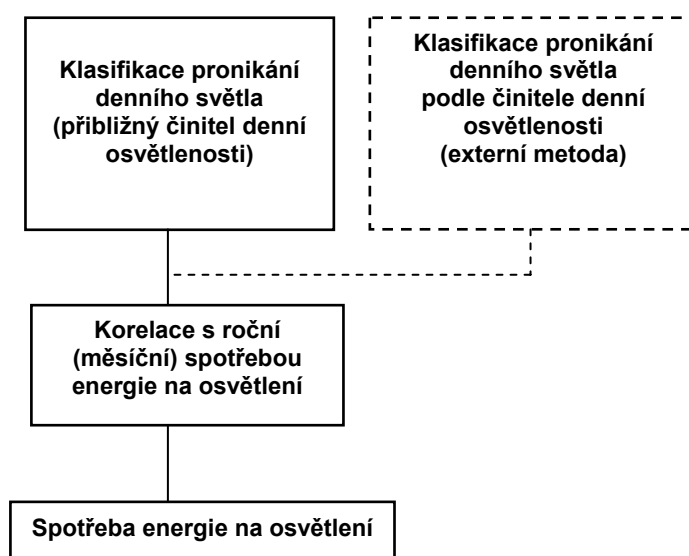
$$W_{\text{light}} = \frac{[(P_{pn} \times t_p) + \sum P_n \{(t_D \times F_D \times F_o) + (t_n \times F_o)\}]}{1000} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (10.4)$$

POZNÁMKA Tato metoda se může použít pro jakékoliv období a jakékoli umístění za předpokladu, že je předpovězeno úplné stanovení obsazení a dostupnosti denního světla.

POZNÁMKA V částech vnitřních prostorů bez denního světla je $F_D = 1$ s výjimkou případů, kde ovládání stálé osvětlenosti se používá když $F_D = 0,9$ včetně vlivu v noci.

V normě jsou také stanoveny postupy získání jednotlivých koeficientů tohoto výpočtu.

- stanovení F_D - pronikání denního světla do budovy
- omezení spotřeby energie pomocí denního světla, činitel $F_{D,n}$
- činitel dostupnosti denního osvětlení $F_{DS,n}$
- stanovení hodin činnosti s využitím denního světla
- stanovení vymezených částí vnitřních prostorů, členění budov na úseky
- pronikání denního světla



Obr. 10.2: Kroky pro stanovení pronikání denního světla

Ovládání umělého osvětlení $F_{D,C}$ závislé na denním osvětlení

Systémy ovládání umělého osvětlení závislé na denním osvětlení mohou významně omezit celkovou spotřebu energie pro instalované osvětlení. Některé z různých možných strategií ovládání jsou:

Ruční zapínání / Ruční vypínání - osvětlení se zapíná i vypíná ručně.

Ruční zapínání / Průběžné stmívání - osvětlení se zapíná ručně a průběžně se stmívá v závislosti na momentální dostupnosti denního osvětlení.

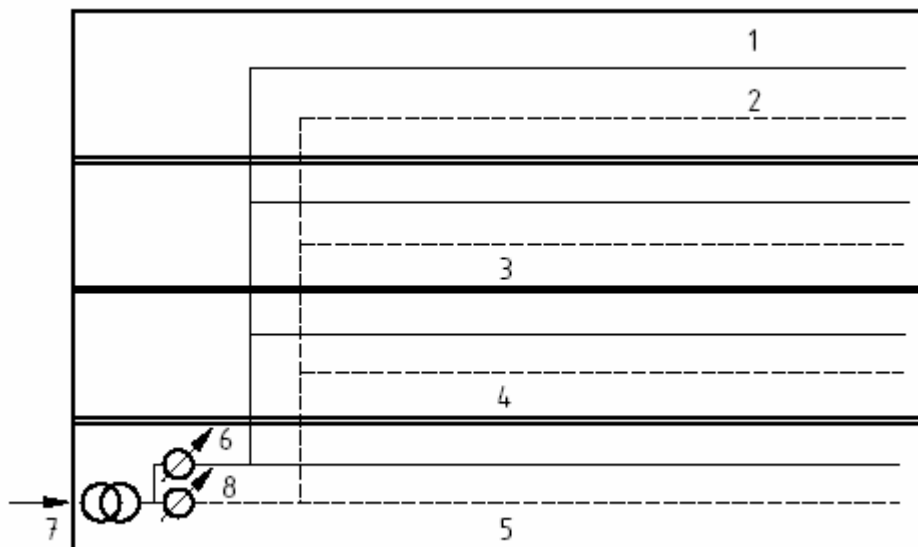
Ruční zapínání / Průběžné stmívání s vypínáním - osvětlení se zapíná ručně, průběžně se stmívá v závislosti na momentální dostupnosti denního osvětlení a úplně se vypíná při dostačující úrovni denního osvětlení, to znamená že není potřeba žádného příkonu pro světelné zdroje. Pro stanovení doby obsazení F_O při jakémkoliv použitém systému ovládní se může stanovit hodnota F_O rovná 1.0. V takovém případě není nutný žádný další rozbor. V ostatních případech se postupuje podle pravidel pro podrobné stanovení F_O .

Příklady, jak může být hodnota F_O stanovena jsou uvedeny v tab. 10.4.

Tab. 10.4: Tabulka hodnoty F_{OC} pro různé typy ovládní osvětlovací soustavy

Systémy bez automatické detekce přítomnosti nebo nepřítomnosti	F_{OC}
Ruční zapínání a vypínání	1,00
Ruční zapínání a vypínání + přídavný automatický signál zhasnutí	0,95
Systémy s automatickou detekcí přítomnosti a/nebo nepřítomnosti	F_{OC}
Automatické zapínání/stmívání	0,95
Automatické zapínání/automatické vypínání	0,90
Ruční zapínání/stmívání	0,90
Ruční zapínání/automatické vypínání	0,82

10.1.6. Měření energie v obvodech pro osvětlení v budovách



Obr. 10.3: Elektroměry na obvodech určených pro osvětlení v elektrických rozvodech

Legenda

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Obvody pro osvětlení | 5. Podlaží 1 |
| 2. Elektrické obvody | 6. Elektroměr pro osvětlení |
| 3. Podlaží 3 | 7. Primární okruh |
| 4. Podlaží 2 | 8. Elektroměr pro ostatní |

V příkladu na Obr. 10.3 je elektroměr pro osvětlení zapojen paralelně k elektroměru pro zbytek elektrické instalace. V tomto případě je tedy spotřeba pro celou budovu součtem obou měřičů.

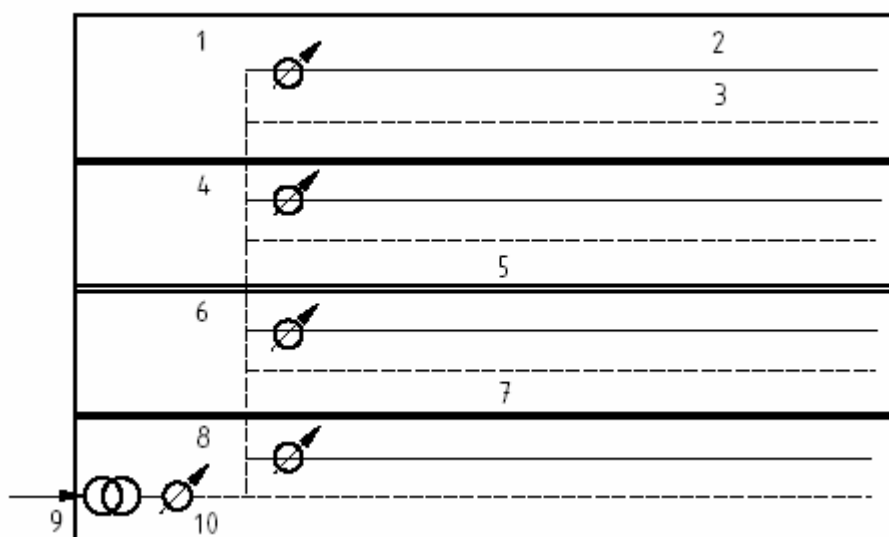
$$W_{\text{light}} = W_{\text{light metered}} \text{ [kWh/rok]} \quad (10.5)$$

V příkladu na Obr. 10.4 jsou elektroměry pro osvětlení rozděleny do jednotlivých podlaží a jsou zapojeny v sérii s centrálním elektroměrem pro budovu. V tomto případě centrální elektroměr registruje celkovou spotřebu energie včetně spotřeby pro osvětlení.

Vzorec pro monitorování:

$$W_{\text{light}} = W_{\text{light metered}} = \sum_{\text{all floors}} (\text{kWh @ date} - \text{kWh @ (date - 12 months)}) \text{ [kWh/rok]} \quad (10.6)$$

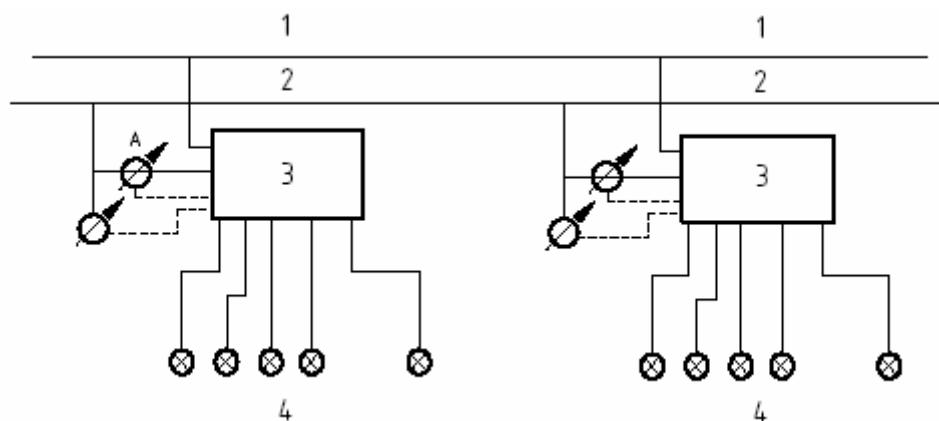
Místní hodnoty elektroměrů mohou být monitorovány řídicím systémem budovy. Nejsou potřebné žádné korekce pro míru obsazení.



Obr. 10.4: Budova s oddělenými obvody pro osvětlení s odděleným měřeními po podlažích

Legenda

- | | |
|--|--|
| 1. elektroměr pro osvětlení 4. podlaží | 6. elektroměr pro osvětlení 2. podlaží |
| 2. Obvod osvětlení | 7. Podlaží 2 |
| 3. Ostatní elektrické obvody | 8. elektroměr pro osvětlení 1. podlaží |
| 4. elektroměr pro osvětlení 3. podlaží | 9. Napájení |
| 5. Podlaží 3 | 10. elektroměr pro celkovou spotřebu |



Obr. 10.5: Voltmetry a ampérmetry připojené k ovladačům osvětlení

Legenda

1. Vedení sběrnice (BUS)
2. Napájecí vedení 230 V
3. Světlo
4. Svítidla

Místní elektroměry jsou napojeny na ovladače osvětlení systému řízení osvětlení, nebo do nich vestavěny. Informace o místní spotřebě energie je dostupná systému řízení budovy.

Na Obr. 10.5 jsou voltmetry a ampérmetry nebo wattmetry umístěny na vstupu každého ovladače osvětlení. Individuální ovladače osvětlení vypočítávají místní spotřebu energie sečítáním těchto hodnot.

Tyto hodnoty jsou zpřístupněny pomocí datové sběrnice BUS buď ústřednímu počítači systému pro osvětlení nebo ústřednímu počítači systému řízení budovy. Ústřední počítač může tuto informaci zpracovat a předkládat údaje o náročnosti energie například po částech budovy měsíčně, nebo pro celkové osvětlení budovy za období 12 měsíců v přenosné podobě, (například v tabulkovém editoru Excel).

Vzorec pro monitorování:

$$W_{\text{light}} = W_{\text{light metred}} = \sum_{\text{all controllers}} \sum_{12 \text{ months}} (\text{kWh local}) \quad [\text{kWh/rok}] \quad (10.7)$$

POZNÁMKA

- a) Spotřeba pro osvětlení u zařízení neovládaných ovládacím systémem pro osvětlení se neměří.
- b) Spotřeba pro osvětlení u zařízení nepřímo ovládaných externími dodavateli se neměří.

Systém řízení osvětlení zaznamenává průběh hodin, proporcionalitu (úroveň stmívání) a předává to své vnitřní databázi o instalovaném příkonu. Systém řízení osvětlení zpřístupní tuto informaci systému řízení budovy pro další využití, nebo může poskytnout tuto informaci v přenosné podobě.

Ovladač osvětlení sečítá dobu pro proporcionalitu příkonu osvětlení k výkonu a tyto hodnoty zpřístupňuje pomocí datové sběrnice BUS.

POZNÁMKA 1 Spotřeba pro osvětlení u zařízení neovládaných systémem pro ovládání osvětlení se neměří.

POZNÁMKA 2 Spotřeba pro osvětlení u zařízení nepřímě ovládaných externími dodavateli se neměří.

POZNÁMKA 3 Kalibrace této metody výpočtu může být provedena instalováním (dočasným) elektroměru do přívodu k jedné ze skupin pro osvětlení a potom výpočtem příkonu pro určité časové období pro plochu shodnou s touto skupinou a porovnáním výsledků. Z tohoto porovnání může být stanoven opravný činitel, kterým mohou být vypočítané výsledky upraveny, bude-li to shledáno potřebným.

10.2. Vybrané statě z vyhlášky 148 ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov

10.2.1. Průkaz energetické náročnosti budov

Funkce průkazu vyplývá z jeho grafického zobrazení viz. Obr. 10.6.

(3) Grafické znázornění

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení			Hodnocení budovy	
Adresa budovy			stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha:				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok			XY	XY
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			XY	XY
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu				
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení		
		Osvědčení č.		

Obr. 10.6: Průkaz energetické náročnosti budovy

10.2.2. Tepelné zisky z osvětlení

Spotřeba energie na osvětlení je určena spotřebou elektřiny. Měrný tepelný výkon ostatních osvětlovacích těles (dekorativní osvětlení, místní přídatné osvětlení atd.) není započten, protože není součástí standardního osvětlení zóny nebo budovy. Pro každou zónu budovy a každé výpočtové období n se průměrný tepelný výkon z osvětlení stanoví ze vztahu:

$$\phi_{LI,mean} = f_{e,r,LI} \cdot \phi_{LI,n} \quad (10.8)$$

kde:

- $\Phi_{LI,mean}$ je průměrný tepelný výkon z osvětlení, (W);
 $f_{e,r,LI}$ je podíl spotřeby energie, kdy teplo není odvedeno ze zóny odsávacím ventilátorem (uvolněné teplo z osvětlení odvedené v průběhu doby, kdy je zóna chlazena představuje využitelnou tepelnou ztrátu), (-);
 $\Phi_{LI,n}$ je průměrný příkon elektřiny na osvětlení v uvažovaném výpočtovém období n , (W).

POZNÁMKA: U svítidel se předpokládá, že se celý jejich elektrický příkon přemění na tepelnou energii. U klasických žárovek, u kterých účinnost dosahuje pouhých 3 - 5 %, tzn. méně než 5 % elektrické energie je přeměněno na světelnou energii, tento předpoklad téměř zcela odpovídá skutečnosti.

Spotřeba elektřiny se pro každé uvažované výpočtové období n stanoví podle:

$$\phi_{LI,n} = \frac{(1 + d_{LI,n}) \cdot W_{light}}{t_{h,y}} \cdot 1000, \quad (10.9)$$

kde:

- $\Phi_{LI,n}$ je průměrný příkon osvětlení v uvažovaném výpočtovém období, (W);
 $d_{LI,n}$ je kolísání spotřeby elektřiny s ohledem na roční průměr pro každé uvažované výpočtové období n , (-). Pro účely vyhlášky lze použít pro nepřetržitě užívaný objekt, který nemá podíl sdruženého umělého osvětlení, hodnoty $d_{LI,n}$ podle Tab. 10.5;
 W_{light} je roční spotřeba elektřiny na osvětlení se stanoví podle příslušných technických norem (kWh/rok) viz. vztah (10.3).
 $t_{h,y}$ je počet hodin v roce, (hod.); rovná se $t_{h,y} = 8760$ hod. Tato hodnota je uvedena pro přepočet roční spotřeby elektřiny na osvětlení z kWh/rok na W v uvažovaném výpočtovém období n .

Tab. 10.5 Národní měsíční hodnoty parametru $d_{LI,n}$

Měsíc	$d_{LI,n}$	Měsíc	$d_{LI,n}$
Leden	-0,9	Červenec	-0,94
Únor	-0,91	Srpen	-0,93
Březen	-0,92	Září	-0,91
Duben	-0,93	Říjen	-0,91
Květen	-0,94	Listopad	-0,89
Červen	-0,94	Prosinec	-0,88

POZNÁMKA: Faktor $d_{LI,n}$ zohledňuje kolísání nabídky denního světla v průběhu roku (př. v měsíci lednu menší nabídka denního světla než v červenci).

10.3. Označování světelných zdrojů energetickými štítky

Vyhláška č. 442/2004, kterou se stanoví podrobnosti označování energetických spotřebičů energetickými štítky a zpracování technické dokumentace, jakož i minimální účinnost užití energie pro elektrické spotřebiče uváděné na trh, zasahuje svou účinností také do oblasti světelných zdrojů.

Povinnost označování se týká elektrických zdrojů světla napájených z elektrické sítě:

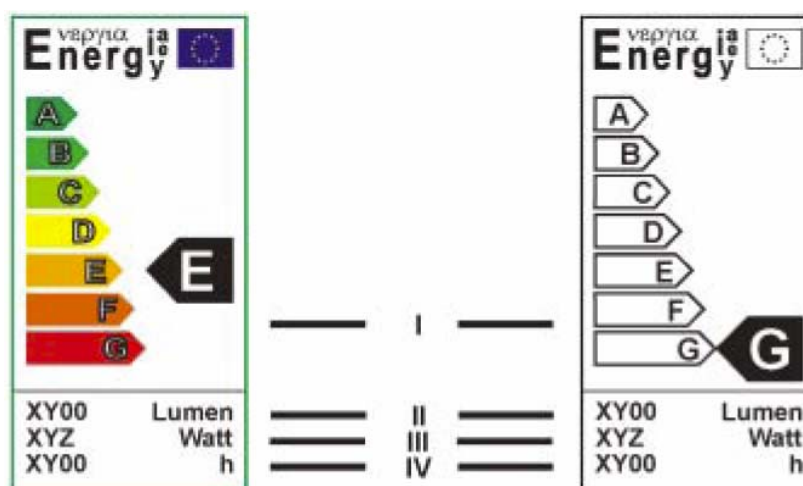
- žárovek a integrálních kompaktních zářivek,
- zářivek pro domácnost včetně lineárních a neintegrálních kompaktních zářivek.

Nevztahuje se na:

- světelné zdroje se světelným tokem vyšším než 6500 lm,
- světelné zdroje s příkonem nižším než 4 W,
- reflektorové žárovky,
- zdroje světla pro použití s jinými zdroji energie, např. bateriemi.

Energetický štítek musí obsahovat tyto údaje:

- I. třídu energetické účinnosti světelného zdroje
- II. světelný tok světelného zdroje – pokud je tento údaj jinde na obalu světelného zdroje může být na štítku vypuštěn
- III. příkon světelného zdroje (ve wattech) - pokud je tento údaj jinde na obalu světelného zdroje může být na štítku vypuštěn
- IV. jmenovitou střední dobu života zdroje světla - pokud je tento údaj jinde na obalu světelného zdroje může být na štítku vypuštěn



Obr. 10.7: Příklad energetického štítku světelného zdroje

Pro racionalizaci světelných zdrojů je velmi důležité určení třídy energetické účinnosti světelných zdrojů.

Třída energetické účinnosti se určuje takto:

Zdroje světla se zařazují do třídy A, jestliže:

- u zářivek bez vestavěného předřadníku (zdroje světla, které vyžadují předřadník nebo jiné zařízení pro připojení k síti)

$$W \leq 0,15 \cdot \sqrt{\Phi} + 0,0097 \cdot \Phi \quad (10.10)$$

- u jiných zdrojů světla

$$W \leq 0,24 \cdot \sqrt{\Phi} + 0,0103 \cdot \Phi, \quad (10.11)$$

kde Φ je světelný tok zdroje světla v lumenech

W je příkon zdroje světla ve wattech.

Není-li zdroj světla zařazen do třídy A, vypočítá se referenční příkon W_R ze vztahu:

$$W_R = 0,88 \cdot \sqrt{\Phi} + 0,049 \cdot \Phi, \text{ jestliže } \Phi > 34 \text{ lm} \quad (10.12)$$

0,2 Φ , jestliže $\Phi = 34$ lm,

kde Φ je světelný tok zdroje světla v lumenech.

Index energetické účinnosti E_I se stanoví ze vztahu:

$$E_I = \frac{W}{W_R}, \quad (10.13)$$

kde W je příkon zdroje světla ve wattech.

Tab. 10.6: Třídy energetické účinnosti se pak určují z následující tabulky

Třída energetické účinnosti	Index energetické účinnosti E_I
B	$E_I < 60 \%$
C	$60 \% \leq E_I < 80 \%$
D	$80 \% \leq E_I < 95 \%$
E	$95 \% \leq E_I < 110 \%$
F	$110 \% \leq E_I < 130 \%$
G	$E_I > 130 \%$

10.4. Požadavky na energetické účinnosti předřadných přístrojů pro zářivky

Všechny předřadníky se nyní třídí podle hospodárnosti ve spotřebě elektrické energie. Toto třídění se provádí podle indexu energetické účinnosti (EEI-CELMA) a je rozděleno do sedmi kategorií, ve kterých jsou přesně definovány maximální příkony předřadníků pracujících v kombinaci s konkrétními typy zářivek. V *Tab.10.7.* je uveden názorný přehled typů předřadných přístrojů podle jejich třídy energetické účinnosti.

Tab. 10.7: Třídy energetické účinnosti jednotlivých typů předřadníků

TŘÍDA	DRUH
D	Magnetické předřadníky s vysokými ztrátami
C	Standardní magnetické předřadníky
B2	Nízkoztrátové magnetické předřadníky
B1	Super - nízkoztrátové magnetické předřadníky
A3	Elektronické předřadníky
A2	Nízkoztrátové elektronické předřadníky
A1	Stmívatelné elektronické předřadníky

Vyhláška č.442/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti označování energetických spotřebičů energetickými štítky a zpracování technické dokumentace, jakož i minimální účinnost užití energie pro elektrické spotřebiče uváděné na trh, zasahuje svou účinností také do oblasti předřadníků k zářivkám které jsou napájeny z elektrické sítě. Podle této vyhlášky se předřadníky klasifikují do 6-ti kategorií viz *Tab.10.8.* Na základě kategorizace předřadníků je v téže tabulce provedena specifikace maximálních příkonů předřadníků pro konkrétní typy světelných zdrojů, které se smí dle výše uvedené vyhlášky používat v České republice do 1.8.2009 a které lze používat od tohoto data.

Tab. 10.8: Přiřazení maximálního použitelného příkonu předřadníku konkrétnímu typu zářivky

Kategorie předřadníku	Příkon zdroje		Maximální příkon obvodů předřadník světelný zdroj	
	50 Hz	vysoký kmitočet	použitelné do 1.8.2009	použitelné od 1.8.2009
Předřadník pro lineární dvoupaticovou zářivku	15	13,5	≤ 25W	≤ 23W
	18	16	≤ 28W	≤ 26W
	30	24	≤ 40W	≤ 38W
	36	32	≤ 45W	≤ 43W
	38	32	≤ 47W	≤ 45W
	58	50	≤ 70W	≤ 67W
	70	60	≤ 83W	≤ 80W
Předřadník pro jednopaticovou zářivku dvojitou	18	16	≤ 28W	≤ 26W
	24	22	≤ 34W	≤ 32W
	36	32	≤ 45W	≤ 43W
Předřadník pro jednopaticovou zářivku čtyřnásobnou, plochou	18	16	≤ 28W	≤ 26W
	24	22	≤ 34W	≤ 32W
	36	32	≤ 45W	≤ 43W
Předřadník pro jednopaticovou zářivku čtyřnásobnou	10	9,5	≤ 18W	≤ 16W
	13	12,5	≤ 21W	≤ 19W
	18	16,5	≤ 28W	≤ 26W
	26	24	≤ 36W	≤ 34W
Předřadník pro jednopaticovou zářivku šestnásobnou	18	16,5	≤ 28W	≤ 26W
	26	24	≤ 36W	≤ 34W
Předřadník pro jednopaticovou zářivku čtvercovou	10	9	≤ 18W	≤ 16W
	16	14	≤ 25W	≤ 23W
	21	19	≤ 31W	≤ 29W
	28	25	≤ 38W	≤ 36W
	38	34	≤ 47W	≤ 45W

Výše uvedené příkonové limity předřadných přístrojů lze přiřadit přímo do energetických tříd viz *Tab.10.9*. Je-li předřadník určen pro světelný zdroj, jehož příkon je mezi dvěma hodnotami uvedenými v tabulce, vypočte se maximální příkon obvodu předřadník – světelný zdroj lineární interpolací mezi dvěma hodnotami maximálního příkonu obou nejbližších světelných zdrojů, které jsou uvedeny v *Tab. 10.8*.

Tab. 10.9: Tabulka ukazující přehled tříd energetických účinností pro předřadníky

Kategorie předřadníku	Příkon zdroje		Energetické třídy dle CELMA						
	50 Hz	<30 kHz	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Předřadník pro lineární dvoupaticovou zářivku	15	13,5	≤ 9W	≤ 16W	≤ 18W	≤ 21W	≤ 23W	≤ 25W	> 25W
	18	16	≤ 10,5W	≤ 19W	≤ 21W	≤ 24W	≤ 26W	≤ 28W	> 28W
	30	24	≤ 16,5W	≤ 31W	≤ 33W	≤ 36W	≤ 38W	≤ 40W	> 40W
	36	32	≤ 19W	≤ 36W	≤ 38W	≤ 41W	≤ 43W	≤ 45W	> 45W
	38	32	≤ 20W	≤ 38W	≤ 40W	≤ 43W	≤ 45W	≤ 47W	> 47W
	58	50	≤ 29,5W	≤ 55W	≤ 59W	≤ 64W	≤ 67W	≤ 70W	> 70W
Předřadník pro jednopaticovo u zářivku dvojitou	18	16	≤ 10,5W	≤ 19W	≤ 21W	≤ 34W	≤ 26W	≤ 28W	> 28W
	24	22	≤ 13,5W	≤ 25W	≤ 27W	≤ 30W	≤ 32W	≤ 34W	> 34W
	36	32	≤ 19W	≤ 36W	≤ 38W	≤ 41W	≤ 43W	≤ 45W	> 45W
Předřadník pro jednopaticovo u zářivku čtyřnásobnou, plochou	18	16	≤ 10,5W	≤ 19W	≤ 21W	≤ 34W	≤ 26W	≤ 28W	> 28W
	24	22	≤ 13,5W	≤ 25W	≤ 27W	≤ 30W	≤ 32W	≤ 34W	> 34W
	36	32	≤ 19W	≤ 36W	≤ 38W	≤ 41W	≤ 43W	≤ 45W	> 45W
Předřadník pro jednopaticovo u zářivku čtyřnásobnou	10	9,5	≤ 6,5W	≤ 11W	≤ 13W	≤ 14W	≤ 16W	≤ 18W	> 18W
	13	12,5	≤ 8W	≤ 14W	≤ 16W	≤ 17W	≤ 19W	≤ 21W	> 21W
	18	16,5	≤ 10,5W	≤ 19W	≤ 21W	≤ 24W	≤ 26W	≤ 28W	> 28W
	26	24	≤ 14,5W	≤ 27W	≤ 29W	≤ 32W	≤ 34W	≤ 36W	> 36W
Předřadník pro jednopaticovo u zářivku šestnásobnou	18	16,5	≤ 10,5W	≤ 19W	≤ 21W	≤ 24W	≤ 26W	≤ 28W	> 28W
	26	24	≤ 14,5W	≤ 27W	≤ 29W	≤ 32W	≤ 34W	≤ 36W	> 36W
Předřadník pro jednopaticovo u zářivku čtvercovou	10	9	≤ 6,5W	≤ 11W	≤ 13W	≤ 14W	≤ 16W	≤ 18W	> 18W
	16	14	≤ 8,5W	≤ 17W	≤ 19W	≤ 21W	≤ 23W	≤ 25W	> 25W
	21	19	≤ 12W	≤ 22W	≤ 24W	≤ 27W	≤ 29W	≤ 31W	> 31W
	28	25	≤ 15,5W	≤ 29W	≤ 31W	≤ 34W	≤ 36W	≤ 38W	> 38W
	38	34	≤ 20W	≤ 38W	≤ 40W	≤ 43W	≤ 45W	≤ 47W	> 47W

Z výše uvedených tabulek jasně vyplývá, že v České republice lze prodávat předřadníky v třídě energetické účinnosti C pouze do 1.8.2009. Od tohoto data se budou moci pro předřadníky k zářivkám prodávat pouze v třídě energetické účinnosti B2.

11. PROVOZ A ÚDRŽBA VNITŘNÍCH OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

V průběhu života osvětlovací soustavy dochází k postupnému snížení jejího užitečného světelného toku v důsledku usazování nečistot na povrchu soustavy a jejího stárnutí. Míra snížení je ovlivněna výběrem zařízení a okolními a provozními podmínkami. Při vypracování světelně technického projektu je nutno s těmito případy počítat zavedením udržovacího činitele a pomocí vhodného plánu údržby toto znehodnocení omezit. Norma na osvětlení vnitřních pracovních prostorů doporučuje stanovení minimální hodnoty udržovacího činitele. Osvětlovací soustava má být projektována s celkovým udržovacím činitelem vypočítaným pro vybrané osvětlovací zařízení, okolní prostředí a předepsaný plán údržby. Vysoký udržovací činitel společně s vhodným plánem údržby podporuje energeticky efektivní návrh osvětlovací soustavy a omezuje požadavky na instalovaný světelný výkon.

Údržba všech osvětlovacích soustav je velmi důležitá, protože zachovává její výkonnost v projektovaných mezích a podporuje bezpečnost a hospodárné využití elektrické energie. Je známo, že se hladina osvětlení vytvářená osvětlovací soustavou v průběhu jejího života postupně snižuje. K popisu činitele, který charakterizuje toto snížení se používá termín „udržovací činitel“.

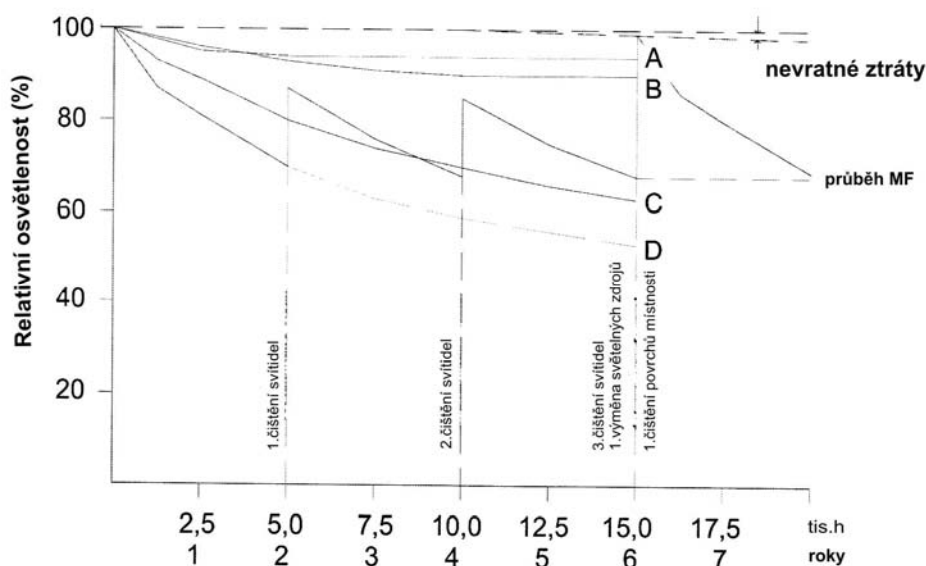
Udržovací činitel je definován jako podíl průměrné osvětlenosti pracovní roviny po určité době používání osvětlovací soustavy a průměrné osvětlenosti soustavy, kterou lze považovat za novou.

Osvětlenosti, navrhované v projektech osvětlení, vycházejí z udržované osvětlenosti, což je průměrná osvětlenost za určitou dobu používání, po jejímž uplynutí musí být provedena údržba. Osvětlovací soustavy mají z hlediska údržby rozdílné charakteristiky a ty by měly patřit k důležitým ustanovením učiněným v počátečních stádiích vypracování projektu.

Všechny osvětlovací soustavy v budovách se od okamžiku jejich uvedení do provozu postupně znehodnocují. Ztráty jsou způsobeny usazováním nečistot a prachu na všech nechráněných površích světelných zdrojů, svítidel i na stěnách místnosti, čímž se snižují jejich činitele prostupu nebo odrazu a dále úbytkem světelného toku světelných zdrojů, jejich vyhořením a stárnutím povrchů místnosti. Pokud tento proces není vzat v úvahu, dochází ke snížení osvětlenosti na velmi nízké hodnoty, jak ukazuje obrázek Obr. 11.1 a soustava se tak stává energeticky nevýkonnou, nevzhlednou a nebezpečnou. Vzhledem k tomu, že snížení osvětlenosti je postupné, nemusí je personál hned zpozorovat. Toto postupné snižování osvětlenosti však může za nějakou dobu vyvolat zrakovou únavu, zvýšit množství omylů a chyb v práci - úloha trvá déle a mohou se vyskytnout i úrazy.

Pravidelná údržba je tedy pro efektivní osvětlovací soustavu nejdůležitější. Soustava nemá být pouze správně a důkladně čištěna, ale čištění by mělo být prováděno v pravidelných intervalech. Správně navržený plán údržby pomůže udržet požadovanou osvětlenost, snížit pořizovací i provozní náklady a provozovat soustavu bezpečně. To zajistí vyhovující vzhled i pohodu pro uživatele.

Nicméně i při správném projektovém řešení a provozním plánu údržby je určitý úbytek osvětlenosti nevyhnutelný. Tuto ztrátu nutno odhadnout již v etapě projektování osvětlovací soustavy a do jejího výpočtu zahrnout příslušnou opravu ve formě udržovacího činitele.



Obr. 11.1 – Změny osvětlenosti v průběhu života (průmyslové svítidlo s horním reflektorem pro lineární zářivky při individuální výměně světelných zdrojů)

- A – příklad křivky stárnutí povrchů místnosti
- B – příklad křivky stárnutí světelného zdroje (zářivka s třípásmovým luminoforem provozovaná na vysoké frekvenci)
- C – příklad křivky stárnutí svítidla (svítidlo typu C v čistém prostředí)
- D – pokles světelného toku neudržované soustavy
- MF – průběh projektovaného udržovacího činitele znázorňující relativní udržovanou osvětlenost.

11.1. Faktory ovlivňující celkový udržovací činitel

Ke ztrátě světelného toku přispívá několik faktorů a jejich vliv a závažnost se mění podle typu činnosti a podle místa. Např. různé oblasti se liší podle rozsahu znečištění a typu nečistot ve vzduchu. Množství nečistot ve slévárně je větší než v klimatizovaném úřadu. Avšak množství a typ nečistot v úřadu, nacházejícím se v blízkosti průmyslové oblasti, se liší od úřadu nacházejícího se na venkově. Černá špína v ocelárně je naprosto odlišná od relativně světlé špíny v pekárně. Proto je důležité při stanovení ztrát světelného toku tyto rozdíly rozlišit.

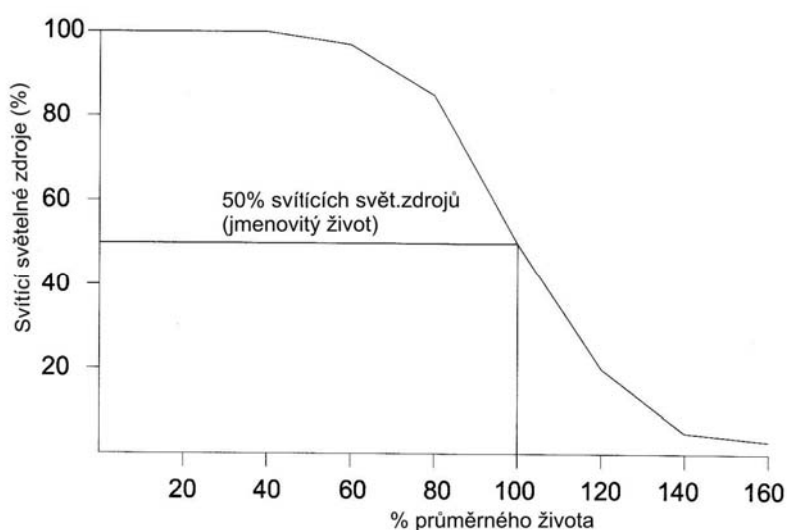
Činitel stárnutí světelného zdroje

Činitel stárnutí světelného zdroje je podíl světelného toku světelného zdroje v dané době jeho života a počátečního světelného toku. Světelný tok všech druhů světelných zdrojů klesá s počtem hodin svícení. Přesné hodnoty závisí na konkrétním typu světelného zdroje a u výbojových zdrojů rovněž na předřadných obvodech. Ztráty způsobené tímto jevem mohou být sníženy častější výměnou světelných zdrojů (např. skupinovou výměnou). Při stanovení udržovacího činitele a plánu údržby je velmi důležité získat aktuální údaje od výrobce, zejména v případě použití nových typů světelných zdrojů.

POZNÁMKA: Časté vypínání a zapínání světelných zdrojů zkracuje dobu jejich života

Činitel funkční spolehlivost světelného zdroje

Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů představuje pravděpodobnost toho, že světelné zdroje budou po určitou dobu v provozu. Charakterizuje část velké reprezentativní skupiny daného typu světelných zdrojů, které po určité době zůstávají v provozu. Počet svítících zdrojů závisí na jejich typu a v případě výbojových zdrojů na četnosti zapínání a na předřadném obvodu. Obvykle je život světelných zdrojů deklarován jako doba v hodinách, kdy ještě 50% zdrojů zkušební souboru zůstává funkční viz Obr. 11.2. Vyhořelé světelné zdroje způsobují snížení osvětlenosti a její rovnoměrnosti, avšak tento vliv může být minimalizovaný okamžitou výměnou vadných zdrojů. Hodnoty činitele funkční spolehlivosti by měly být používány ve spojitosti s hodnotami činitele stárnutí světelných zdrojů z důvodu stanovení jejich ekonomického života. Jmenovitý život je často podstatně delší než život ekonomický.



Obr. 11.2 - Typická křivka vyhoření světelných zdrojů pro statistický soubor lineárních zářivek v režimu 8 zapnutí za 24 hodin

Udržovací činitel svítidla

Udržovací činitel svítidla charakterizuje snížení účinnosti svítidla způsobené nečistotami usazenými na světelných zdrojích a na svítidlech anebo v nich za dané období. Míra snížení závisí na konstrukci svítidla a na povaze a koncentraci nečistot obsažených ve vzduchu. Černé nečistoty a prach způsobují všeobecně největší ztrátu světla. U průmyslových osvětlovacích soustav a při dlouhých intervalech čištění nejsou neobvyklé ani 50-ti % ztráty způsobené znečištěním. Výše ztrát závisí dále na provedení a materiálu svítidla, na jeho povrchové úpravě a na typu světelného zdroje. Větraná svítidla zachycují méně nečistot, pokud otvory jsou orientovány tak, že konvekční proud vzduchu může unášet prach a nečistoty kolem optických prvků a světelných zdrojů (někdy uváděno jako samočisticí účinek), a zabraňuje tak jejich usazování a hromadění na odrazných a svítících plochách. Ulpívání nečistot na odrazných plochách může být minimalizováno utěsněním té části svítidla, v níž se nachází světelný zdroj, proti vniknutí prachu a vlhkosti. Podstatnou výhodou je, pokud svítidlo a jeho optické části mají krytí alespoň IP54. Povrchová úprava svítidel se liší z hlediska odolnosti proti hromadění nečistot. Např. eloxovaný hliník zůstává čistý po delší dobu než bílý smalt, avšak hliník má poněkud nižší počáteční činitel odrazu. Smalt se však snadněji čistí.

Usazování prachu má rovněž vliv na rozložení svítivosti svítidla. To může změnit zrcadlovou plochu reflektoru na matnou anebo prizmatický refraktor na rozptylovač.


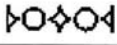
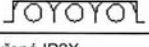
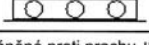



Udržovací činitel povrchů

Udržovací činitel povrchů je podíl činitele odrazu povrchu místnosti v dané době a počátečního činitele odrazu. Udržovací činitel povrchů může být rovněž definován jako podíl světelné účinnosti prostoru pro danou soustavu po určité době provozu ke světelné účinnosti prostoru téže soustavy, když byla nová anebo po jejím posledním čištění. Udržovací činitel povrchů závisí na rozměrech místnosti, na číselných odrazech všech povrchů a na rozložení přímého světelného toku instalovaných svítidel. Udržovací činitel povrchů závisí rovněž na povaze a koncentraci prachu přítomného nebo vznikajícího v místnosti. Usazování nečistot na površích místnosti během provozu snižuje využitelné množství odraženého světla. Zatímco pravidelné čištění a malování stěn a stropu je žádoucí u všech soustav, častější čištění a malování by mělo být prováděno v místech, kde velký podíl světla se k místu plnění zrakové úlohy dostává odrazem od povrchů místnosti nebo závěsů, obrazů a nábytku. Čisté povrchy místností napomáhají jasové rovnováze prostředí.

11.2. Plán čištění svítidel

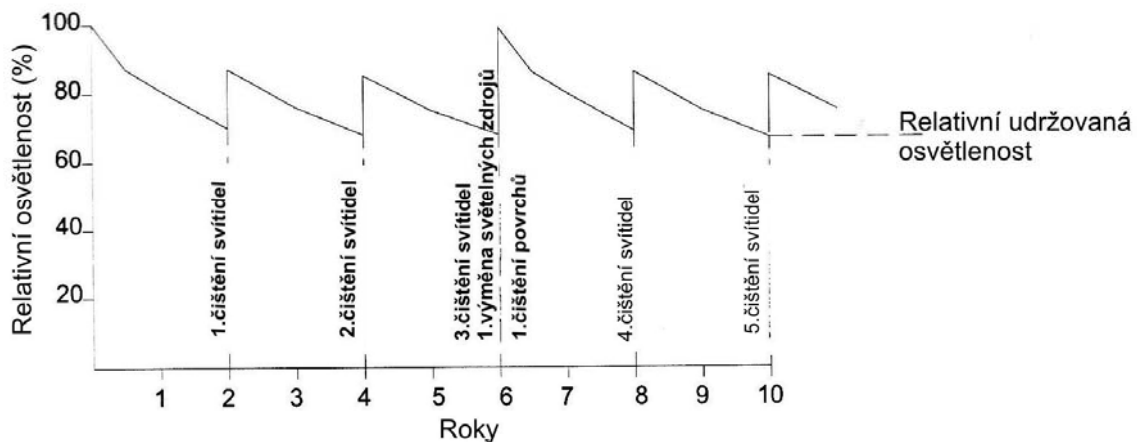
V Tab. 11.1 jsou uvedeny příklady intervalů čištění různých typů svítidel používaných v různých prostředích. Výběr intervalů čištění vychází z udržovacího činitele svítidla většího než 0,8. Zkratky v Tab. 11.1 popisují typy prostředí, ve kterých mohou být svítidla provozována (VČ je velmi čisté, Č čisté, N normální a D je špinavé).

Tab. 11.1: Přibližné intervaly čištění (označené X) svítidel v různých prostředích

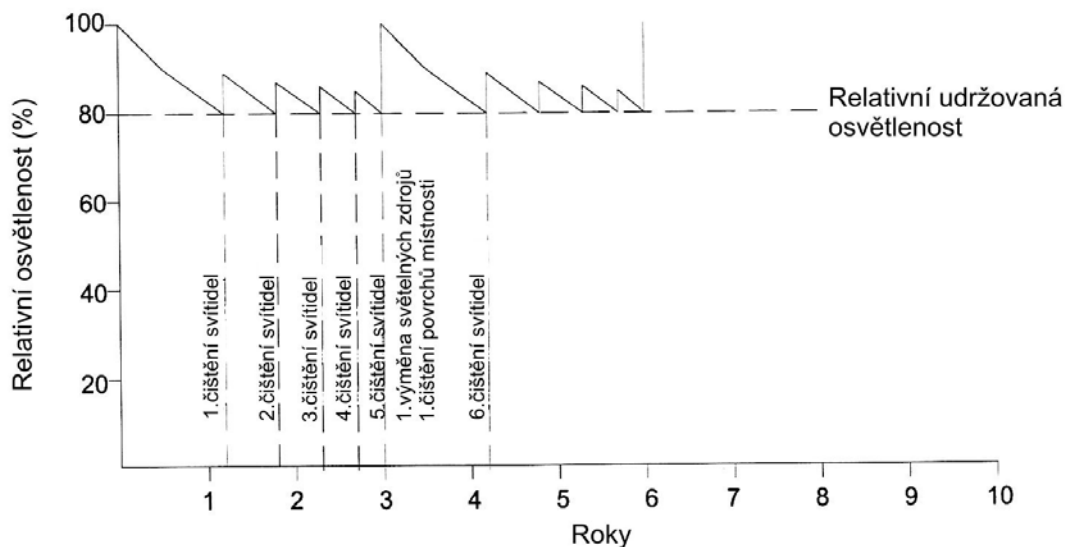
Intervaly čištění Prostředí	3 roky			2 roky			1 rok		
	VČ C	N	S	VČ C	N	S	VČ C	N	S
Typ svítidla A. S necloněným světelným zdrojem 	X				X				X
B. Bez horního krytu (přirozené větrání) 	X				X				X
C. S horním krytem (nevětrané) 	X			(X)					X
D. Uzavřené IP2X 	X			(X)					X
E. Chráněné proti prachu IP5X 	X	X				X			
F. Uzavřené nepřímé (uplight) 				X			(X)	X	
G. S řízenou klimatizací 	X	X				X			

11.3. Plány údržby osvětlovací soustavy

Každá osvětlovací soustava musí být projektována s použitím celkového udržovacího činitele vypočítaného pro vybrané světelně technické vybavení, okolní prostředí a zvolený plán údržby. Plán údržby musí obsahovat interval čištění světelných zdrojů, svítidel a povrchů místnosti, interval výměny světelných zdrojů a způsob čištění. Údržba může být nastavena na program stejných nebo proměnných intervalů. Program stejných intervalů stanovuje pravidelné čištění a obsluhu viz Obr. 11.3, zatímco program s proměnným intervalem údržby počítá s čištěním v neregulárních intervalech viz Obr. 11.4. Program s proměnnými intervaly je výhodný zejména tam, kde počáteční náklady na osvětlovací soustavu a na energii jsou vysoké, avšak náklady na údržbu jsou nízké, protože podle něho vychází poněkud vyšší udržovací činitel než u metody stejných intervalů.



Obr. 11.3 : Plán údržby se stálým intervalem čištění



Obr. 11.4 : Plán údržby s proměnným intervalem čištění

12.ZÁVĚR

Tato publikace navazuje na již dříve vydané materiály, které byly pro ČEA zpracovány:

- Úspory elektrické energie na veřejné osvětlení, 2002
- Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor, 2004
- Racionalizace v osvětlování venkovních prostor, 2005

Zabývá se dalšími možnostmi snižování energetické náročnosti v oblastech osvětlování venkovních i vnitřních prostorů. Jedná se především o racionalizaci v oblasti světelných zdrojů se zaměřením na budoucnost světelných (dříve LED) diod, dále o racionalizaci v oblasti svítidel, kde se směřování světelného toku koncentruje pouze do místa zrakového úhlu, zvyšování účinnosti optimalizaci optických systémů a také o vhodné rozmístění svítidel a osvětlovacích soustav za účelem:

SVÍTIT KVALITNĚ AVŠAK POUZE TAM, KDE SE MÁ!!!

Samostatnou kapitolou je problematika rušivého světla, ve které se upozorňuje na problematiku svícení do horního poloprostoru a do fasád architektonicky významných objektů. Upozorňuje se zde také na to, že v oblasti veřejného osvětlení nemusí prostá záměna stávajících svítidel svítidly s plochým sklem vést k dobře navržené osvětlovací soustavě nejen z hlediska rušivého světla, ale i z pohledu kvalitativních a kvantitativních parametrů osvětlení komunikace samotné.

Mezi další racionalizační opatření vedoucí k úsporám, patří rovněž inteligentní řízení jak u vnitřního tak u venkovního osvětlení. Doplnění inteligentního řízení o dohledové systémy pak ještě přináší nemalé úspory v údržbě osvětlovacích soustav.

Samostatná kapitola řeší problematiku energetických auditů, které jsou nastaveny tak, aby samy o sobě nutily provozovatele budov (odběratele) k provádění úsporných opatření.

Údržbě je věnována i poslední kapitola, ze které vyplývá, že správné intervaly výměny světelných zdrojů, jejich čištění (včetně správné volby krytí svítidel) vedou, kromě udržení kvality osvětlení i k energetickým úsporám plynoucím z optimalizace instalovaného příkonu právě v závislosti na volbě udržovacího činitele.

Autoři věří, že tato publikace přispěje kromě rozšíření znalostí z oblasti světla. Také doufají že přispěli k inspiraci jak vylepšovat stav stávajících osvětlovacích soustav z kvalitativního i kvantitativního pohledu při současném snižování energetických nároků a zachování hygienických a normativních požadavků na světelné mikroklima.

13.LITERATURA

- [1] *Plch, J.*: Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999,
- [2] *Habel, J.*: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995,
- [3] *Sokanský, K. a kolektiv*: Úspory elektrické energie na veřejném osvětlení. Česká společnost pro osvětlování, Ostrava 2002,
- [4] *Šesták F.*: Provoz a údržba osvětlení. ČKAIT, Praha 2000,
- [5] ČSN EN 12665. Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení. 2003,
- [6] ČSN EN 12464-1. Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. 2003,
- [7] *Sokanský, K.*: Úspory elektrické energie na veřejné osvětlení, Publikace ČEA, Ostrava 2002,
- [8] *Sokanský, K.*: Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor, Publikace ČEA, Ostrava 2004,
- [9] *Sokanský, K.*: Racionalizace v osvětlování venkovních prostor, Publikace ČEA, Ostrava 2005,
- [10] Kurz osvětlovací techniky XXIV, Hotel Dlouhé Stráně, Sborník VŠB-TU. Ostrava 2005,
- [11] Kurz osvětlovací techniky XXV, Hotel Dlouhé Stráně, Sborník VŠB-TU. Ostrava 2006,
- [12] Národní konference s mezinárodní účastí - SVĚTLO 2007, Sborník VŠB-TU, Ostrava 2007,
- [13] CIE – 26TH SESSION OF THE CIE , Sborník, China, Beijing 2007,
- [14] Lighting engineering - INDAL, Spain 2002,
- [15] Katalog Osram, Světelné zdroje 2005/2006,
- [16] Katalog PHILIPS, Katalog světelných zdrojů a příslušenství 2007/2008,
- [17] TECHNICAL REPORT CIE 97:2005 2nd Edition Guide on Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems

14.OBSAH

1. Úvod	1
1.1. Zrakový systém z pohledu množství přenášené informace.....	1
1.2. Základní světelně-technické veličiny a pojmy z pohledu jejich vlivu na spotřebu elektrické energie.....	2
2. Účinnost svítidel a možnosti jejího zvyšování	6
2.1. Světelně technické parametry svítidel.....	6
2.1.1. Světelný tok svítidla.....	6
2.1.2. Účinnost svítidla.....	6
2.1.3. Svítivost svítidel.....	7
2.1.4. Jas svítidel.....	9
2.1.5. Úhel clonění.....	9
2.1.6. Třídění svítidel.....	10
2.1.7. Konstrukční prvky svítidel.....	11
2.2. Možnosti zvyšování účinnosti svítidel.....	13
2.2.1. Základní principy usměrnění světelného toku.....	13
2.2.2. Reflektory.....	14
2.2.3. Refraktory.....	15
2.2.4. Rozptylovače.....	16
3. Vhodná volba světelných zdrojů z pohledu kvalitativních a kvantitativních parametrů	17
3.1. Základní parametry světelných zdrojů.....	18
3.2. Žárovky.....	19
3.3. Halogenové žárovky.....	20
3.4. Kompaktní zářivky.....	21
3.5. Lineární zářivky.....	23
3.6. Halogenidové výbojky.....	24
3.7. Vysokotlaké sodíkové výbojky.....	27
3.8. Nízkotlaké sodíkové výbojky.....	29
3.9. Vysokotlaké rtuťové výbojky.....	30
3.10. Sírné výbojky.....	30
3.11. Indukční výbojky.....	31
3.12. Světelné diody.....	32
4. Směrování světelného toku do míst zrakového úkolu	37
4.1. Definice dle ČSN EN 12464-1.....	37
4.2. Zorné pole.....	39
4.3. Doporučení ke směrování světelného toku do míst zrakového úkolu.....	41
5. Návrhy vhodných optických systémů	42
5.1. Volba optického systému s prioritou osvětlení míst zrakového úkolu.....	42
5.2. Volba optického systému s prioritou prosvětlení prostoru.....	43
6. Optimalizace rozmístění svítidel v rámci osvětlovacích soustav	45
6.1. Horní rozmístění svítidel.....	45
6.2. Boční rozmístění svítidel.....	46
6.3. Rozmístění svítidel veřejného osvětlení.....	47

7.	Snižování podílu rušivého světla u veřejného a architektonického osvětlení.....	50
7.1.	Definice rušivého světla.....	50
7.2.	Předpisy a doporučení v oblasti rušivého světla	51
7.3.	Směrnice CIE	51
7.4.	Zákon č. 395/2005 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů /zákon o ochraně ovzduší/.....	53
7.5.	ČSN EN 13201 Osvětlení pozemních komunikací.....	53
7.6.	Řešení problematiky rušivého světla	55
7.7.	Vlastnosti svítidel.....	57
7.7.1.	Účinnost a úhel vyzařování svítidel	57
7.7.2.	Optické vedení řidiče	58
7.7.3.	Oslnění	58
7.7.4.	Světlo vyzařené na oblohu	58
7.7.5.	Vlastnosti „plně“ cloněných svítidel.....	59
7.8.	Volba osvětlovacích soustav	59
7.9.	Záměna svítidel.....	60
8.	Ovládání a řízení osvětlovacích soustav.....	61
8.1.	Vnitřní osvětlovací soustavy.....	61
8.1.1.	Stanovení kritérií.....	61
8.1.2.	Regulace osvětlení jednotlivých typů světelných zdrojů.....	61
8.1.3.	Řízení elektronických předřadníků	64
8.1.4.	Senzory v osvětlovací technice	65
8.1.5.	Inteligentní řídicí systémy osvětlovacích soustav.....	65
8.2.	Ovládání a řízení osvětlovacích soustav VO	66
8.2.1.	Posouzení možností ovládání a řízení VO	66
8.2.2.	Vyhodnocení úspor dosažených optimalizací VO.....	69
9.	Snižování nákladů na provoz a údržbu VO	70
9.1.	Obecně	70
9.1.1.	Vývoj veřejného osvětlení	70
9.1.2.	Význam veřejného osvětlení	70
9.1.3.	Veřejné osvětlení a bezpečnost.....	70
9.1.4.	Veřejné osvětlení a kriminalita	71
9.1.5.	Veřejné osvětlení a orientace ve městě.....	71
9.1.6.	Veřejné osvětlení a vzhled města.....	72
9.1.7.	Vliv veřejného osvětlení na okolí a životní prostředí	72
9.1.8.	Zákony, normy a předpisy	72
9.2.	Struktura veřejného osvětlení.....	73
9.2.1.	Napájecí systém VO.....	73
9.2.2.	Základní stavební prvky soustav VO	74
9.3.	Správa a provoz VO.....	77
9.4.	Údržba osvětlovacích soustav VO	81
9.5.	Výměna světelných zdrojů a čištění svítidel.....	84
9.6.	Obnova, rozvoj a financování VO	85
9.7.	Pasportizace ve VO, uplatnění nových technologií (GPS, bluetooth, PDA)	88
9.8.	Dohledové systémy ve VO	90
9.8.1.	Posouzení a volba dohledového systému.....	90
9.8.2.	Přínosy komplexního dohledového systému	91

10. Energetický audit budov	93
10.1. Přípravovaná ČSN EN 15193-1 (73 0323) Energetické hodnocení budov - Energetické požadavky na osvětlení - Část 1: Stanovení potřeby energie pro osvětlení	93
10.1.1. Spotřeba energie pro umělé osvětlení.....	93
10.1.2. Termíny a definice používané v této norma	94
10.1.3. Výpočet energie pro osvětlení	96
10.1.4. Měření energie použité pro osvětlení	96
10.1.5. Výpočet energie pro osvětlení v budovách.....	97
10.1.6. Měření energie v obvodech pro osvětlení v budovách.....	100
10.2. Vybrané statě z vyhlášky 148 ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov	103
10.2.1. Průkaz energetické náročnosti budov	103
10.2.2. Tepelné zisky z osvětlení.....	104
10.3. Označování světelných zdrojů energetickými štítky	105
10.4. Požadavky na energetické účinnosti předřadných přístrojů pro zářivky	107
11. Provoz a údržba vnitřních osvětlovacích soustav	110
11.1. Faktory ovlivňující celkový udržovací činitel	111
11.2. Plán čištění svítidel.....	113
11.3. Plány údržby osvětlovací soustavy.....	114
12. Závěr	115
13. Literatura	116
14. Obsah	117