

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Problematika rušivého světla a možnosti jeho
eliminace**

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je probrání problematiky rušivého světla a možnosti jeho eliminace. Nejprve tato práce popisuje co to rušivé světlo je a kde se jde s ním setkat. Dále popisuje, jak rušivé světlo vzniká a jak působí na životní prostředí kolem nás. Jako poslední část vysvětluje jak se tomu negativnímu vlivu bránit nebo předcházet jej.

Klíčová slova

Rušivé světlo, světelné znečištění, osvětlení, oslnění

Abstract

The aim of this thesis is discussing the issue of obtrusive light and its possible elimination. First, this paper describes what this stray light is and where she goes to meet him. It also describes how distracting light is produced and how they affect the environment around us. The last section explains how to prevent the negative impact or prevent it.

Keywords

Stray light, light pollution, lighting, glare

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 9. 6. 2014

Petr Kúr

Obsah

1. Úvod	2
2. Záření	2
2.1. Zrak a vidění	3
2.2. Zrakové ústrojí	3
2.3. Vlastnosti oka	4
3. Rušivé světlo	6
3.1. Světlo a tma.....	6
3.2. Světelné znečištění a názvosloví	6
4. Legislativa.....	8
4.1. Zákon o veřejném osvětlení	9
5. Možnosti vzniku rušivého světla	10
5.1. Veřejné osvětlení	11
6. Příčiny a následky působení rušivého světla.....	19
6.1. Příroda.....	20
6.2. Lidské zdraví:.....	22
6.3. Ekonomika:.....	23
6.4. Bezpečnost	25
6.5. Noční obloha	27
7. Eliminace rušivého světla.....	28
7.1. Osvětlení domu:.....	29
7.2. Veřejné osvětlení:	29
7.3. Architektonické osvětlení.....	30
7.4. Osvětlení reklam:	30
7.5. Osvětlení průmyslových a obchodních prostor:	31
8. Závěr.....	31
Použitá literatura a informační zdroje	33
literatura	33
Internetové zdroje	33
Seznam obrázků a grafů.....	34

1. Úvod

Tématem bakalářské práce je vliv rušivého světla na životní prostředí. Je to problematika, která je v dnešní době málo probíraná a přitom zasahuje a ovlivňuje každého z nás.

Rušivé světlo má negativní vliv na životní prostředí a to je především zaslouženo lidskou činností. Bohužel rušivé světlo je vedlejší produkt dnešního rychlého ekonomického růstu, který pořád roste a růst bude. Díky tomu jeho vliv nijak neoslabuje a stále roste s rostoucím ekonomickým rozvojem. Ať už se to zdá jako méně podstatný problém, tak z dlouhodobějšího působení rušivého světla se může v ohrožení vyskytnout nejen příroda, ale i člověk.

Práce je rozdělena na několik částí, kde se přiblíží co je to světlo a způsob jeho vnímání. Další část bude souhrn zákona o ovzduší týkající se rušivým světlem. Následně popíše typy světelných zdrojů, způsob vzniku rušivého světla a jeho vliv na hlavní oblasti životního prostředí. Nakonec se probere několik zásad, jak účinně se bránit nebo eliminovat rušivé světlo, to pak bude názorně použito v určitých hlavních oblastech jeho zdroje působení.

Cílem práce je přiblížení problematiky rušivého světla a vysvětlit co to je rušivé světlo. Jak vzniká? Jeho vliv na životní prostředí a způsob jak minimalizovat nebo i eliminovat ho.

2. Záření

Záření je přenos a šíření energie prostorem v podobě elektromagnetických vln nebo hmotných částic. V kvantové teorii se elektromagnetickému záření připisuje korpuskulární, neboli částicová struktura a částicím vlnový charakter [1]. V moderní fyzice se tedy neklade žádná hranice tomuto dualistickému charakteru záření.

Ve světelné technice se nezaobírá silovými účinky, nebo dobou záření elektromagnetického záření, ale sleduje se rozdělení toků energie při plynulých přechodech mezi místy prostoru. Z tohoto hlediska je důležité, že záření lze rozložit na sinusové průběhy [6].

Takže každá složka lze charakterizovat jediným kmitočtem ν (Hz), nebo vlnovou délkou λ . Vlnová délka λ je závislá na rychlosti šíření záření, ve vakuu se vlnová délka určí podle vztahu:

$$\lambda = \frac{c_0}{\nu} \quad (m; m \cdot s^{-1}, Hz)$$

Kde je

c_0 rychlost šíření elektromagnetických vln ve vakuu ($c_0 = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Obvykle se vlnová délka uvádí v nanometrech (nm) nebo mikrometrech (μm).

2.1. Zrak a vidění

Aby světelná technika účinně přispívala k vhodnému světelnému mikroklimatu a zrakové pohodě, je zapotřebí pracovníky, kteří instalují světelnou techniku, aby byli seznámeni se základní anatomií lidského oka [1].

Zrakové ústrojí je velmi komplikovaná anatomická struktura. Není to jen orgán umožňující vidět elektromagnetické záření a zaznamenávat příjem světla, ale také slouží k přenosu informace po zrakovém nervu do mozkových center vidění, kde vznikne zrakový počitek. Sloučením těchto počitků se vytvoří vjem v lidském vědomí, který umožní poznání a identifikaci pozorovaného předmětu.

Zrak je vlastně pro člověka zařízení pro příjem a zpracování informace o vnějším prostředí. Nosná složka této informace je světlo, takže světlo a osvětlení jsou prostředky umožňující přijetí informace, které buď mohou objasnit, nebo ztížit.

2.2. Zrakové ústrojí

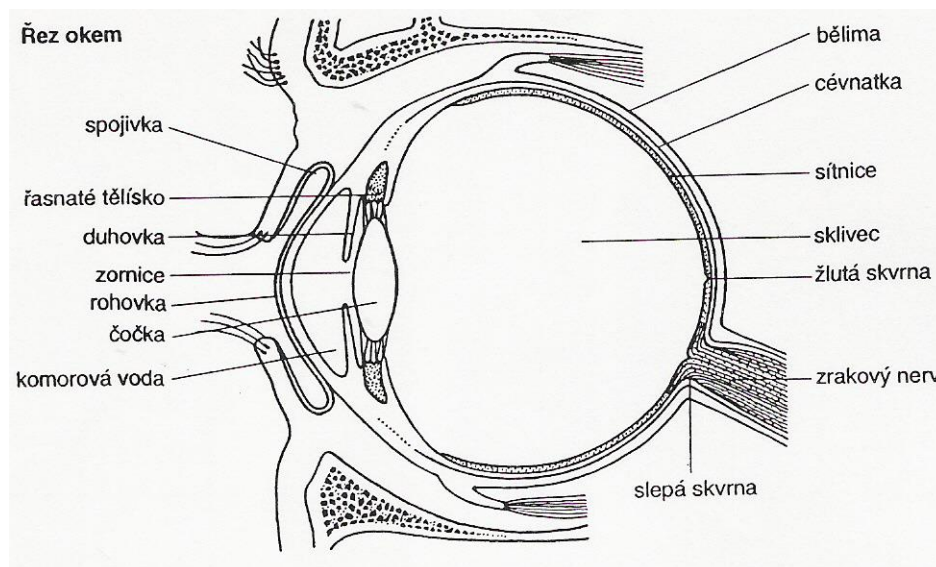
Zrakové ústrojí je tvořeno několika orgány zajišťující příjem informace přenášené světlem a jejím přenosem do zrakového vjemu. Skládá se ze tří hlavních částí: periferní (oči člověka), spojovací (zrakové nervy) a centrální (podkorové a korové části mozku).

Oko je smyslový orgán, který přijímá informaci o okolním prostředí přenesené světlem. Obě oči jsou symetricky uloženy v takzvaných očnicích. Tvar oka je téměř kulatý, aby se mohlo snadno a rychle otáčet v očnici. Zadní část oka tvoří 3 části: bělima, cévnatka a sítnice. V přední části: pevný obal známý jako rohovka, řasnaté tělísko, oční čočka a duhovka. Mezi rohovkou a duhovkou je komorová voda. Principiálně oko funguje tak, že světlo přejde přes duhovku, která tvoří „mechanickou“ optickou clonu oka. Uprostřed duhovky se nachází kruhový otvor nazvaný zornice, kde vstoupí světlo do oka. Průmět zornice se může měnit a tím se upravovat hodnota světelného toku. Za zornicí je čočka, to je průzračné dvojvypouklé tělísko polotuhé pružné konzistence, obalené do pružného pouzdra. Na povrchu se vytváří stále nová tkáň a to vede k zahuštění střední vrstvy. Postupně s věkem se pak omezit pružnost a tím schopnost zakřivit čočku podle potřeby.

Vnitřní prostor oka tvoří bezbuněčná, čirá, průhledná bezbarvá, rosolovitá a pružná hmota zvaná sklivec. Z oka vystupuje zrakový nerv, který spojuje sítnici oka s vyššími zrakovými nervovými centry v mozku. Místo, kde vstupuje oční nerv do sítnice, se nazývá slepá skvrna, protože tam nejsou žádné nervové buňky. Uprostřed sítnice je jasně hnědá oblast bez výskytu cév, takzvaná žlutá skvrna.

Z tohoto by se dalo tvrdit, že oko tvoří dvě části, optická a nervová soustava. Optická soustava umožňuje tvorbu převráceného, zmenšeného a neskutečného obrazu okolí. Nervová soustava je tvořena převážně sítnicí, kde probíhá první zpracování informace pomocí těchto buněk:

- Pigmentové buňky pohlcují světlo, které už bylo zaznamenáno a odrazilo se zpět, to zvyšuje ostrost vidění.
- Tyčinky a čípky reagují na dopad světla, přičemž tyčinky jsou schopny zaznamenat i slabé světlo a nezaznamenávají barvy a neposkytují ostrý obraz. Čípky jsou 3 druhy, pro každou základní barvu, a dokážou poskytnout ostrý a barevný obraz
- Bipolární buňky umožňují přenos signálu z fotoreceptorů do gangliových buněk
- Gangliové buňky sbírají informace ze sítnice a posílají je do mozku. Soubor těchto buněk tvoří zrakový nerv.



Obr 1: Schématický řez oční bulvou
(zdroj: <http://lidsketelo.webnode.cz/regulacni-soustavy/>)

2.3. Vlastnosti oka

Akomodace oka je schopnost přizpůsobit lomivost optického prostředí vidění oka do blízka změnou zakřivení hlavně přední částí, vyvolanou stahem řasnatého tělíska. Jinak řečeno, změna ohniskové vzdálenosti. Převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti se nazývá optická mohutnost a měří se v dioptriích (D). Nejbližší, ještě ostře viděný bod, se nazývá blízký bod a opačně nejvzdálenější ještě ostře viditelný bod se nazývá vzdálený bod. Rozsah akomodace se dá vypočítat z rovnice

$$A = \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \quad (D; m, m)$$

kde je

r_1 vzdálenost blízkého bodu od sítnice (m)

r_2 vzdálenost vzdáleného bodu od sítnice (m)

Adaptační mechanismus je schopnost přizpůsobit se různým hladinám osvětlenosti. Jsou dva druhy a to adaptace na světlo a na tmu. Při adaptaci z nižšího do vyššího jasu (ze tmy do světla) může trvat děj od jedné minuty do 10 minut. Zatímco z vyššího do nižšího jasu (ze světla do tmy) může trvat děj od několika minut až po jednu hodinu.

Zorné pole je schopnost postřehnout část prostoru upřeným pohledem bez pohnutí oka či hlavy. Člověk vidí přesně v úhlovém rozsahu ve vodorovné rovině asi 8° a ve svislé asi 6° . Maximální ostrost vidění je v rozsahu $1,5^\circ$ od směru pohledu. Zmenšení zorného pole může ovlivnit snížení osvětlenosti, nižší průměrný jas, únava a nedostatek kyslíku.

Rozlišovací schopnost je založena na schopnosti rozlišit předměty pomocí zrakového orgánu, tedy určit ze zorného pole vycházející odlišné světelné podněty. Jinak řečeno schopnost vyhodnotit jasnost rozlišovaných detailů. Pozorovatel je schopen rozlišit předměty s rozdílným jasnem nebo barvou. Je-li předmět trojrozměrný, pak vrhané stíny umožňují vyniknout prostorovému vjemu.

Spektrální citlivost zraku znamená, že zrakový orgán je odlišně citlivý na světlo o různých vlnových délkách. Citlivost čípků udává největší citlivost oka, která se pohybuje okolo 555nm.

Zraková pohoda je závislá na vlivu okolí, protože nervová část je propojena s mozkiem, tím ostatní nervové procesy mohou ovlivnit vnímání a práci zraku. Jedná se o rušivé nebo uklidňující momenty, proto je vhodné vytvořit odpovídající mikroklima na předpokládanou činnost. Z toho lze usoudit, že zraková pohoda se dá chápat jako příjemné psychologické prostředí, kdy zrakový systém plní optimálně svou funkci. Zrakovou pohodu může ovlivnit geometrie prostoru, použité světelné zdroje a svítidla, hodnoty osvětlenosti a jasu a jejich rovnoměrnost, vybavení prostoru a jeho barevná úprava. Když nejsou splněny tyto podmínky, nastává pak zraková nepohoda, která může mít za následek narušení zrakové funkce, únavu, negativní vliv na náladu, výkonnost a celkovou kondici.

Oslnění nastane, pokud se v zorném poli oka vyskytuje příliš velký jas, který narušuje adaptabilitu zraku (vyšší než 1:10). Narušuje tak příjem a přístup informací do oka. Mezi vlivy, které zvětšují oslnění, se dá zařadit vysoký jas zdroje, zdroj vyskytující se blízko směru pohledu, velikost plochy zdroje, šero a tma. Oslnění má tedy negativní účinek na celé zrakové ústrojí. Můžeme rozlišit několik druhů oslnění. Je 5 druhů oslnění a to:

- A) oslnění přímé, které je způsobeno nadměrným jasnem svítících částí nebo hlavních povrchů.
- B) oslnění odrazem, které je způsobeno odrazem svítících ploch na lesklých částech předmětů a nejbližšího okolí.
- C) přechodné oslnění zase vyvolává náhlý přechod z tmavé části do světlejší části (z tmy do světla).

- D) závoje oslnění vzniká, když je před pozorovaným pozadím oblast s vyšším jasem. Příkladem by mohla být osvětlená mlha světlomety, osvětlená záclona, zrcadlení světla na skle
- E) oslnění kontrastem, které je způsobené při výskytu příliš velkých jasů s jasem, na který je zrak právě adaptován. Ten se dá následně dělit na oslnění:
1. psychologické oslnění je vyvolané oslnujícím zdrojem, který odpoutává pozornost a tak vzniká pocit nepohody a roste únava, dále se dělí:
 - pozorovatelné
 - rušivé
 2. fyziologické oslnění má větší vliv na zrakové schopnosti, protože snižuje ostrost zraku a citlivost. Oslepující oslnění dokonce znemožní vůbec něco vidět, proto by se nemělo nikde vyskytovat. Vyvolává únavu a nevolnost.
 - omezující
 - oslepující

3. Rušivé světlo

3.1. Světlo a tma

Člověk je tvorem, který má ambice k svému prospěchu, pohodlí a rozvoji. Bohužel velmi často, tato ambice je učiněna na úkor okolní přírody, ať už se jedná o její neživé složky, rostliny, nebo živočichy [5].

Využíváním okolní přírody časem vedlo k začínajícímu ohrožení celé přírody od samotného člověka. Ten byl nakonec nucen sám před sebou chránit některá území, rostliny, stromy, živočichy a neživou přírodu. Tímto svým sobeckým a nerozumným počínáním přispěl k tomu, že na seznamu ohrožených současných součástí přírody je dokonce i samotná tma.

V dnešní době ohrožujeme tmou právě nesprávným a mnohdy nesmyslným osvětlením. Například svícením do „prázdného“ prostoru, které nijak nevyužijeme, zbytečným užíváním příliš velkých výkonů zdrojů světla, s tím souvisí i špatná konstrukce těchto světel. Přesněji se toto hlavně týká osvětlení v rozsáhlých městských zástavbách ze svítidel veřejného osvětlení, z nasvícení reklamních ploch, z osvětlení různých architektur, z velkých sportovišť, z parkovišť, taktéž by se dalo zahrnout unikající světlo z oken domů a dalších zdrojů světla. Toto světlo pak může narušit přirozený noční stav a tím tedy i ohrožovat samotný vývoj.

3.2. Světelné znečištění a názvosloví

V dnešní době se hodně zaobíráme ekologií životního prostředí. Z tohoto důvodu byl zaveden pojem „světelné znečištění“, který je tak trochu těžko k představení [3]. Tento zaváděcí termín vznikl doslovným přeložením z termínu light pollution, jenže tento termín nebyl nijak dříve používán, proto je mnohem lepší použití termínu „rušivé

světlo, neboli minimalizace jasů oblohy“, které bylo už dávno zavedeno v astronomii ve světelně-technických pojmech. Tyto pojmy zní:

Rušivé světlo: Všeobecný pojem označující celkové nepříznivé vlivy osvětlení ve venkovních prostorech. Viditelné záření umělých zdrojů světla, které negativně ovlivňuje přírodní stav nočního prostředí, zrakové funkce, způsobuje nepohodu a není účelně využíváno [11].

Světelné znečištění: Termín pro rušivé světlo používaný legislativou, astronomy a laickou veřejností [11].

Takže pojem světelné znečištění je zavádějící a vlastně neexistuje, protože světlo neznečišťuje životní prostředí, ale jen ruší, takže jak už bylo zmíněno, správně je rušivé světlo.

Další důležité pojmy jsou ošklivá lampa, neboli ošklivá koule, technicky svítidlo s kulovým difuzorem. Ke špatným svítidlům patří i lampa s ošklivým krytem, technicky lampa s vypouklým difuzorem. A samozřejmě, že je i správná lampa označovaná jako ekologická. Ta je odlišná od předešlých dvou lamp tím, že je uzavřená plochým čirým sklem a je instalována vodorovně.



Obr 2: Ošklivá lampa

(zdroj: <http://www.odbornecasopisy.cz/rusive-svetlo-cast-1-%E2%80%93-nazvoslovi-a-legislativa-35044.html>)



Obr 3: Lampa s bachratým krytem

(zdroj: <http://www.odbornecasopisy.cz/rusive-svetlo-cast-1-%E2%80%93-nazvoslovi-a-legislativa-35044.html>)



Obr 4: Ekologická lampa

(zdroj: <http://www.odbornecasopisy.cz/rusive-svetlo-cast-1-%E2%80%93-nazvoslovi-a-legislativa-35044.html>)

4. Legislativa

Pojmy rušivé světlo a světelné znečištění byly obsaženy i v zákonech ČR, první zákon zaobírající se touto problematikou byla původní verze zákona o ochraně ovzduší (č. 86/2002 Sb.) s platností účinností od 1. června 2002 v § 2 odst. 1 písm. r) [2]. Definovala, že se pro účely zákona rozumí světelným znečištěním „...každá forma osvětlení umělým světlem, které je rozptýleno mimo oblasti, do kterých je určeno, zejména pak míří-li nad hladinu obzoru.“

Dále ve znění novelizujícího zákona č. 92/2004 Sb. s účinností od 3. března 2004 se světelným znečištěním 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,“

Podle § 3 odst. 10 původního znění zákona od 1. června 2002 platilo: „Při činnostech v místech a prostorech stanovených prováděcím právním předpisem je každý povinen plnit nařízení orgánu obce a v souladu s ním provádět opatření k zamezení výskytu světelného znečištění ovzduší.“, podle odst. 12 „Prováděcí právní předpis stanoví místa a prostory, kde nesmí docházet k výskytu světelného znečištění, činnosti, na které se vztahuje povinnost podle odstavce 10, opatření ke snižování nebo předcházení výskytu světelného znečištění a limity stanovující horní mez světelného znečištění.“ Podle původního § 50 odst. 1 písm. k) platilo, že obec s rozšířenou působností „vydává nařízení, jímž může na svém území stanovit opatření podle § 3 odst. 10 ke snižování nebo předcházení výskytu světelného znečištění ovzduší.“ Všechna tato ustanovení byla zrušena novelizujícím zákonem č. 92/2004 Sb. s účinností od 3. března 2004.

Od 3. března 2004 podle zákonem č. 92/2004 Sb. novelizovaného znění § 50 odst. 3 „Obec může obecně závaznou vyhláškou zakázat promítání světelných reklam a efektů na oblohu a zakázat používání laserové techniky při kulturních akcích.“ Regulace byla

tedy výrazně zmenšena a přešla z přenesené působnosti do samostatných působností obcí. Ustanovení z § 3 byla vypuštěna.

Od 1. října 2005 (den vyhlášení zákona č. 385/2005 Sb.) podle novelizovaného znění § 50 odst. 3 písm. c) může obec obecně závaznou vyhláškou „*v oblasti opatření proti světelnému znečištění regulovat promítání světelných reklam a efektů na oblohu.*“ Možnost regulace tedy byla ještě dále omezena.

Úplné znění zákona č. 86/2002 Sb. bylo vyhlášeno pod číslem číslo 472/2005 Sb. A současná verze zákona č. 201/2012 Sb. s účinností od 1. září 2012 již o světelném znečištění nehovoří, po deseti letech bylo ze zákona zcela vypuštěno.

4.1. Zákon o veřejném osvětlení

Zákon nám říká, jak se smíme, musíme a nesmíme chovat. Takže z pohledu zákona se jedná o povinnosti a práva subjektu v závislosti na společenském vztahu v jaké se subjekt nachází [8]. Podle zákona se o veřejné osvětlení musí starat obec, to se týká především osvětlování dálnic a silnic v zastavěném území obce uvedené ve vyhlášce k zákonu o pozemních komunikacích. Veřejné osvětlení místní a účelové komunikace je mimo dění.

Zákon o pozemních komunikacích vymezuje veřejné osvětlení obecně jako příslušenství pozemních komunikací, jsou v tom zahrnuty dálnice, silnice a místní komunikace. Pozemní komunikace je podle zákona dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Pokud se jedná o kategorie pozemních komunikací, tak se dělí na 4 části:

1) dálnice, jinak řečeno pozemní komunikace určená k rychlé dálkové a mezistátní dopravě silničními vozidly,

2) silnice, veřejně přístupná pozemní komunikace určená silničním a jiným vozidlům a chodcům, která se podle dopravního významu a užití dělí do dalších 3 tříd,

3) místní komunikace jako veřejně přístupná pozemní komunikace sloužící k místní dopravě na území obce. Ta se pak dělí podle dopravního významu, určení a stavebně-technického vybavení na 4 třídy,

4) účelová komunikace, která je chápána jako pozemní komunikace sloužící k propojení nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi nebo k obhospodaření zemědělských a lesních pozemků.

O zařazení komunikace do určité třídy rozhoduje příslušný správní úřad na základě určení, dopravního významu a stavebně-technického vybavení.

Vlastnictví pozemních komunikací určuje zákon o pozemních komunikacích, ten stanovuje vlastníka dálnic a silnic I. třídy stát a silnice II. a III. třídy zase kraj, na jehož území se komunikace nacházejí. Vlastníkem účelových komunikací je právnická i fyzická osoba. Z toho vyplývá, že vlastníky pozemních komunikací mohou být jen

uvedené subjekty, ale rovněž je důležité určení kategorie pozemní komunikace. Bylo zmíněno, že veřejné osvětlení je příslušenství k místní komunikaci, takže patří vlastníkovi. Avšak v zákoně je výjimka, která uvádí, že veřejné osvětlení nacházející se v zastavěném území obce, není příslušenství pozemní komunikace. Takže komu patří veřejné osvětlení, je rozhodnuto podle vlastnických vztahů. Vlastník má povinnost podle stavebního zákona pečovat o veřejné osvětlení tudíž i nést náklady za veřejné osvětlení a to se týká energií spotřebované provozem, tím taky provoz osvětlení, opravy a údržbu. Především je povinen počínat tak, aby nevznikly škody na životě, majetku a životním prostředí, takzvaně má obecně prevenční povinnost.

Obec by v rámci prevenční povinnosti měla zajistit osvětlení silnice, a tak zamezit neočekávané absenci osvětlení silnice, která může ztížit nebo znemožnit předvídatelnost nebezpečné situace na rizikovém místě.

Z tohoto případu lze poukázat na zákonnou objektivní odpovědnost obce za škodu vzniklou následkem závady ve schůdnosti průjezdního úseku silnice, spočívající v nepředvídatelných změnách. Protože za závadu ve schůdnosti odpovídá obec, to se týká i za vzniklou škodu na silnicích vedoucích přes její území. Příkladem jde uvést přechod pro chodce. Takže je v osobním zájmu vlastníka, aby veřejné osvětlení bylo řádně spravováno, tudíž nevznikali žádné škody a to i vlivem rušivého světla.

5. Možnosti vzniku rušivého světla

Rušivé světlo vzniká převážně nesprávně zvoleným osvětlením, instalací a nasměrováním. Světla mohou být dekorativní a funkční je tedy důležité vybrat ten správný typ na konkrétní požadavek. V podstatě by se měla použít ekologická lampa, pro svou šetrnost k životnímu prostředí. Špatná instalace osvětlení také ovlivní vliv rušivého světla na okolí, třeba při nesprávné montáži svítí světlo vodorovně, nebo svítí ještě hůř směrem nahoru. V souhrnu se vše týká směru, kam světlo svítí. V následujícím obrázku je názorně ukázáno, jaké jsou varianty šíření světla. My potřebujeme pouze užitečné světlo, ostatní, jako světelný přesah či přímé světlo do horního poloprostoru, jsou nežádoucí. Jak jde z obrázku zjistit, tak se dostává do oblohy i světlo odražené od země. Toto odražené světlo není primární rušivý element, takže by se dal i zanedbat nebo eliminovat pomocí málo odrazivých povrchů [5].



Obr 5: Možnosti šíření světla z veřejného osvětlení
(zdroj: http://svetelneznecisteni.cz/data/letacky/svetlo_a_tm.a.pdf)

5.1. Veřejné osvětlení

Jsou kladeny 4 hlavní požadavky na veřejné osvětlení:

- bezpečnost osob a majetku a zajistit vhodné zrakové podmínky pro uživatele pozemních komunikací,
- ekonomický provoz, sem patří spotřeba el. energie a údržba,
- estetika, vnímání veřejného osvětlení jako dekoraci obce či města,
- omezení vlivu rušivého světla na okolní životní prostředí.

Je důležité znát základní pojmy pro porovnání světelných zdrojů veřejného osvětlení jako je světelný tok, jas, osvětlenost, doba života, teplota chromatičnosti, index podání barev, měrný výkon. Ale též znát i termíny pro samotná svítidla jako předřadník, optické části, světelný zdroj, účinnost svítidla, křivka svítivosti, činitel využití a udržovací činitel [9].

Nejprve pojmy ze světelných zdrojů:

- světelný tok (Φ), je množství světla, které vyzařuje světelný zdroj nebo svítidlo. Základní jednotkou je lumen (lm). Světelný tok udává výkon zdroje ve světelně-technických jednotkách,
- jas (L), udává reakci lidského oka na světlo, které se odráží od pozorované plochy k pozorovateli. Základní jednotkou je kandela na metr čtvereční (cd/m^2). Jas udává úroveň osvětlení na vyšších třídách pozemních komunikací,
- osvětlenost (E), je velikost světelného toku dopadajícího na osvětlenou plochu. Jednotkou je lux (lx). Osvětlenost hodnotí úroveň osvětlení na nižších pozemních komunikacích, komunikace pro chodce a cyklisty,
- doba života světelného zdroje (t), je doba, po kterou ještě bude zdroj splňovat stanovené požadavky. Jednotkou je hodina (h). Rozděluje se na střední dobu života, která udává, že po její uplynutí bude 50% funkčních

světelných zdrojů, a efektivní doba života odpovídající době, kdy klesne světelný tok na určitou hodnotu,

- teplota chromatičnosti (T_c) charakterizuje bílý tón barvy vyzařovaného světla. Základní jednotkou je kelvin (K). Dělí se podle tónu barvy světla na světlo s teple bílým tónem barvy ($T_c \leq 3300$ K), s neutrálně bílým tónem ($T_c = 3300-5300$ K) a s chladně bílým tónem ($T_c \geq 5300$ K),
- index podání barev (R_a), udává míru zkreslení vjemu barev pod určitým typem světelného zdroje s porovnáním se vjemem barev teplotního zdroje, jako je Slunce nebo žárovka. Rozmezí indexu podání barev se pohybuje od 0 do 100, kdy 100 je věrný vjem barev a 0 nemožnost rozlišit barvy,
- měrný výkon (η) udává účinnost přeměny elektrické energie na světelnou energii světelného zdroje. Základní jednotkou je lumen na watt (lm/W). Je to podíl světelného toku a elektrického příkonu světelného zdroje,
- křivka svítivosti, popisuje rozložení světelného toku do prostoru,
- účinnost svítidla, je to míra využití světelného toku a je to podíl světelného toku vyzařovaného svítidlem a světelných toků instalovaných zdrojů ve svítidle,
- činitel využití toku svítidla je podíl světelného toku dopadající na osvětlenou plochu a celkového toku svítidla,
- udržovací činitel popisuje míru postupného poklesu světelného toku během provozu. Tento pokles světelného toku způsobuje stárnutí, znečištění a zhoršování kvality optických částí ve svítidle.

Prvky světelných zdrojů

- světelný zdroj je zařízení sloužící k přeměně elektrické energie na světelnou. Základními parametry jsou: světelný tok Φ (lm), elektrický příkon P (W), měrný výkon η (lm/W), doba života t (h), index podání barev R_a (-), teplota chromatičnosti T_c (K). Dále se dělí podle způsobu vzniku světla na teplotní, výbojkové a polovodičové,
- svítidlo je zařízení sloužící k úpravě prostorového rozložení světelného toku ze zdroje umístěného ve svítidle, k omezení povrchových jasů a ke změně spektrálního složení. Svítidla obsahují předřadníky, aby se nepoškodila při připojení k rozvodné síti. Jsou dva typy předřadníků a to elektromagnetický a elektronický. Elektronický předřadník má pozitivní vliv na světelné zdroje, protože prodlužuje dobu života a má nižší ztráty, avšak je dražší než hojněji používaný elektromagnetický. K další součástí svítidla patří optické části, které zajišťují úpravu světelného toku. Mezi optické části patří reflektor, refraktor, difuzor, čočky, clony a stínítka. Reflektor využívá odrazu světla do požadovaného směru, refraktor a čočky využívají lomu světla do požadovaného směru a difuzor rozptyluje světlo, aby svítilo jako plošný zdroj,

- nosná konstrukce zajišťuje možnost umístění svítidla.

Typy světelných zdrojů nejčastěji používaných v českém veřejném osvětlení [1]:

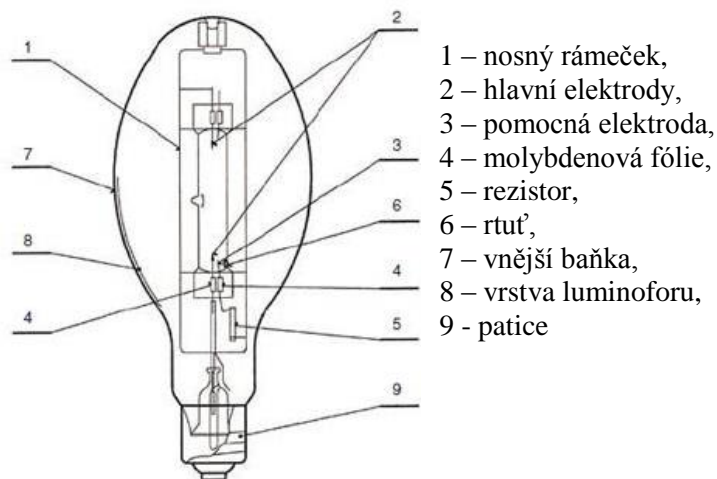
- vysokotlaké rtuťové výbojky, světlo u nich vzniká ve rtuťovém výboji při parciálním tlaku vyšším než je 100 kPa. Toto se především týká výbojek s čírou vnější baňkou a s baňkou pokrytou luminoforem, světlo vzniká částečně ve výboji a částečně v luminoforu, které je vybuzeno ultrafialovým zářením. Světlo je modrozelené až modrobílé s absencí červené složky.

Výhody:

- dlouhý život 12 000 až 16 000 h, výhoda pak v údržbě a obsluze,
- dobrá stabilita světelného toku,
- je možná libovolná poloha při svícení,
- je spolehlivá,
- malý vliv okolní teploty na parametry výbojky a to i za nízkých teplot až -25°C ,
- nízká cena.

Nevýhoda:

- malá účinnost oproti ostatním moderním výbojkám,
- nevhodné podání barev,
- nemožnost likvidace vyhozením do komunálního odpadu,
- nelze jí vypnout a znovu zapnout, to až po vychladnutí,
- materiálová náročnost svítidel kvůli velkým rozměrům svítícímu povrchu výbojky,
- nevhodné pro stmívání.



Obr 6: Konstrukce vysokotlaké rtuťové výbojky

(zdroj: <http://www.4-construction.com/cz/magazin/obrazky/svetelne-zdroje-vysokotlake-rtutove-vybojky-smesove-vybojky/2097/>)

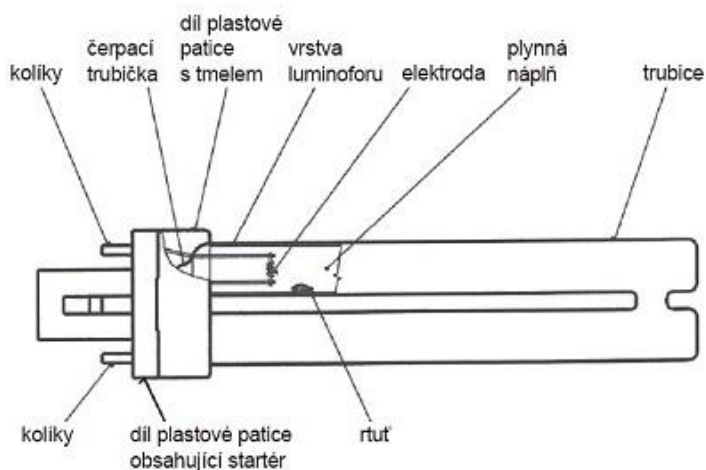
- Kompaktní zářivky jsou to nízkotlaké rtuťové výbojky, kde je hlavní část světla vyzářená z vrstvy luminoforu, která je buzená ultrafialovým zářením. Výkon je závislý na typu použitého předřadníku. Zářivka s vnějším předřadníkem má buď tlumivku, nebo elektronický předřadník, který může pracovat na frekvencích až 40 kHz, to zlepšuje parametry osvětlení pracovní plochy a tím i zrakovou pohodu. Zářivka s elektronickým integrovaným předřadníkem je úsporná náhrada žárovky.

Výhody:

- lze je použít jako náhradu za obyčejnou žárovku,
- vysoká účinnost přeměny elektrické energie na světelnou,
- velmi dobré podání barev,
- dobré rozpětí provozních teplot od -10°C do 70°C ,
- úplný sortiment základních odstínů bílé barvy,
- dlouhý život až 20 000 h,
- už zmíněný vysokofrekvenční režim, z toho plyne skoro okamžitý start bez blikání, provoz bez míhání a bez stroboskopického efektu,
- možnost použít stmívače,
- možnost rychlé výroby až 4 000 ks/h,
- neustálý vývoj, zvýšení spolehlivost, snížení rozměrů a ceny,
- velmi malé množství rtuti.

Nevýhody:

- ovlivňování světelných parametrů podle teploty,
- životnost ovlivněna množstvím zapnutí,
- obsah rtuti, i když je malý,
- omezení horní hranice příkonu.



Obr 7: Konstrukce kompaktní zářivky
(zdroj: <http://www.earch.cz/cs/svetelne-zdroje-kompaktni-zarivky>)

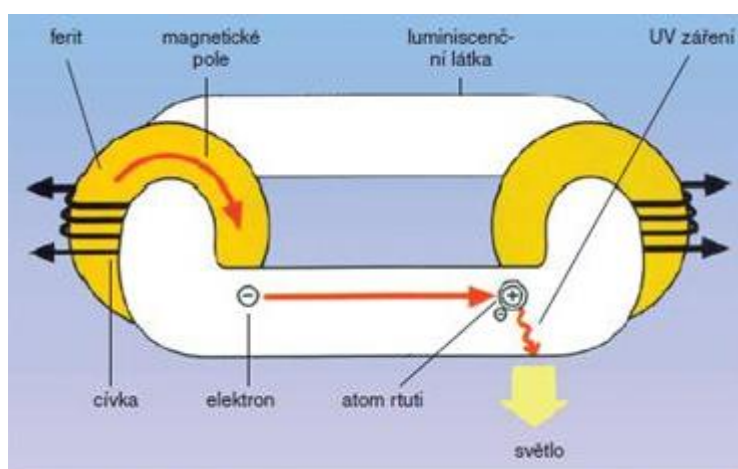
- Indukční výbojky, výboj je buzen vnějším vysokofrekvenčním zdrojem. Specifickou konstrukční zvláštností je, že výboj probíhá v bezelektrodevém prostoru. Takže se neopotřebovávají elektrody.

Výhody:

- spojení velmi dobrých vlastností zářivky pracující s vysokou frekvencí s kompaktními rozměry při vyšších výkonech. (zraková pohoda, měrný výkon kolem 100 lm/W, $R_a > 80$),
- velmi dlouhá životnost až 100 000 h,
- okamžitý start i po opětovném vypnutí a zapnutí,
- dobrá stabilita světelného toku,
- malý vliv kolísání napájecího napětí na světelný tok,
- velká variabilita, kvůli rozdělení výbojky a zdroje.

Nevýhody:

- omezení vyšších hodnot příkonu, kvůli nízkotlakému rtuťovému výboji,
- nejdou použít se stmívačem,
- monopolní výrobci výbojek, takže nesjednocený sortiment výbojek a s to vede k omezenému výběru,
- vysoká cena svítidla a výbojky.



Obr 8: Konstrukce indukční výbojky Endura

(zdroj: <http://www.4-construction.com/cz/magazin/obrazky/svetelne-zdroje-indukcni-vybojky/2332/>)

- Halogenidové výbojky jsou vysokotlaké výbojky, u nichž je světlo generováno převážně zářením par kovů nebo vzácných plynů a produktů štěpení halogenidů. S použitím dalších chemických prvků lze dosáhnout vyšší účinnosti.

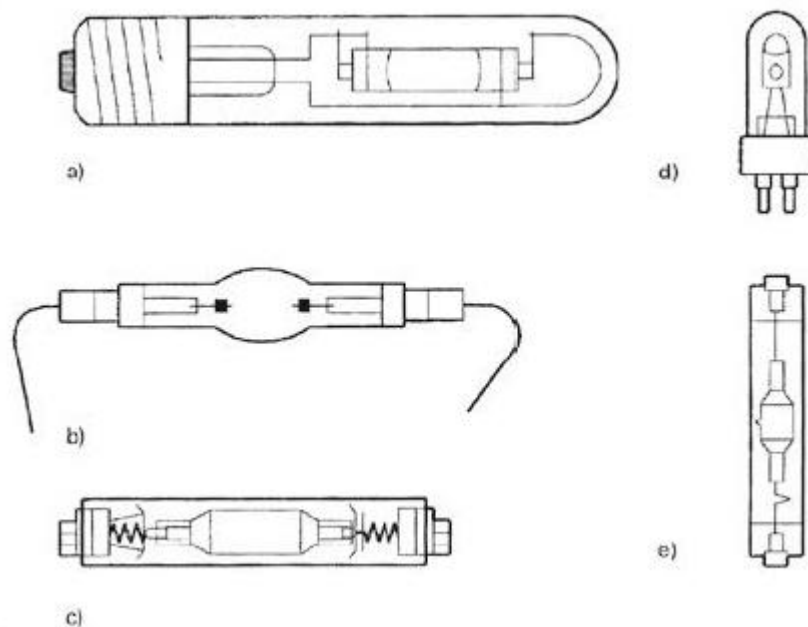
Výhody:

- lze změnit spektrální složení světla použitím různých kombinací prvků a sloučenin,

- velký rozsah příkonů od 70 do 5 000 W,
- velmi dobré podání barev osvětlených předmětů,
- dlouhá životnost,
- možnost vytvořit rozměrově kompaktní světelný zdroj s velkým příkonem a jednotku objemu.

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady,
- použití zapalovacího zařízení,
- velká citlivost na kolísání napětí sítě,
- velký rozptyl chromatičnosti u výbojek stejného typu a při ještě větší vliv během svícení,
- závislost parametrů na poloze svícení.



Obr 9: Konstrukce základních typů halogenových výbojek s křemenným hořákem.
 (zdroj: <http://www.4-construction.com/cz/magazin/obrazky/svetelne-zdroje-halogenidove-vybojky-cast-1/2110/>)

a) s válcovou čirou vnější baňkou a patičí E40, b) dvoupaticová bez vnější baňky s dlouhým obloukem, c) dvoupaticová s křemennou vnější baňkou a keramickou patičí, d) jednopaticová s kolíkovou patičí, e) dvoupaticová s křemennou vnější baňkou a keramickou patičí.

- Vysokotlaké sodíkové výbojky, světlo je vyzařováno sodíkovými parami při provozním tlaku od 3 do 60 kPa. Patří k nejpoužívanějším zdrojům veřejného osvětlení, ale pomalu je nahrazují halogenidové výbojky s keramickým hořákem, kvůli většímu výkonu při stejných i lepších vlastnostech podání barev.

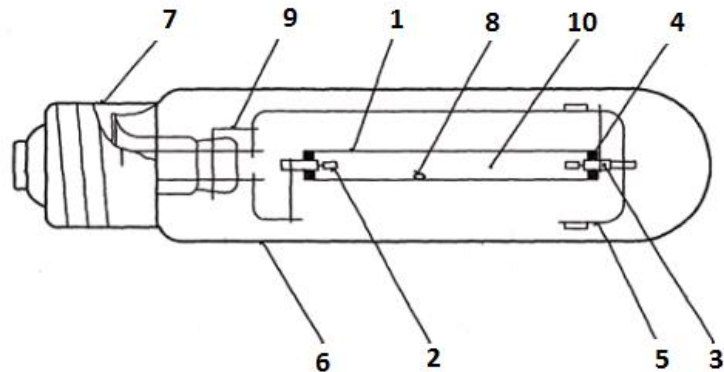
Výhoda:

- Vysoký měrný výkon,
- dlouhý život až 30 000 h,
- spolehlivý provoz a snadná údržba,

- přijatelná cena,
- hromadná výroba,
- kompaktní rozměry, takže možnost úspory materiálu při konstrukci,
- dobrá účinnost.

Nevýhody:

- zhoršené podání barev $R_a = 25$.



Obr 10: Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky

(zdroj: <http://mylms.cz/text-prehled-vybojek/>)

1 – korundová trubička, 2 – elektroda, 3 – niobová průchodka, 4 – pájecí kroužek, 5 – nosný rámeček, 6 – vnější baňka, 7 – patice, 8 – amalgám sodíku, 9 – getr, 10 – plynná náplň

- Světelné diody (LED), Jsou to polovodičové součástky s PN přechodem, ve kterém se emituje optické záření při průchodu elektrického proudu. Jsou považovány za perspektivní zdroje veřejného osvětlení. Bílé světlo je vytvářeno dvěma způsoby, u prvního je záření generováno jako modrá část spektra a do zbylé části spektra je převedeno pomocí luminoforu, u druhého se smísí 3 základní barevné tóny.

Výhody:

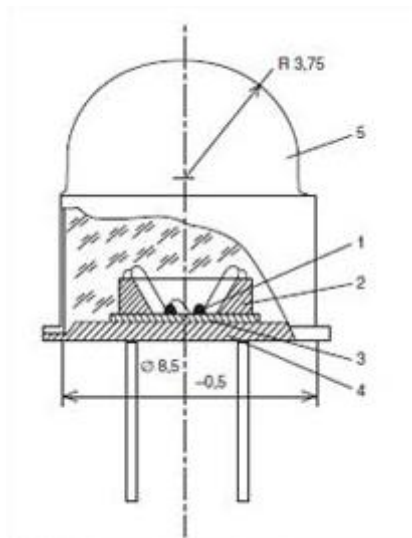
a) Geometrické

- Umožňují výrobu velkého množství světelných přístrojů a svítidel nejrůznějších tvarů, výkonů a rozměrů,
- malé rozměry díky nim jdou vyrábět přístroje s velkou koncentrací světelné energie. Využívá se to při přenosu informace.

b) Elektrické a světelné parametry

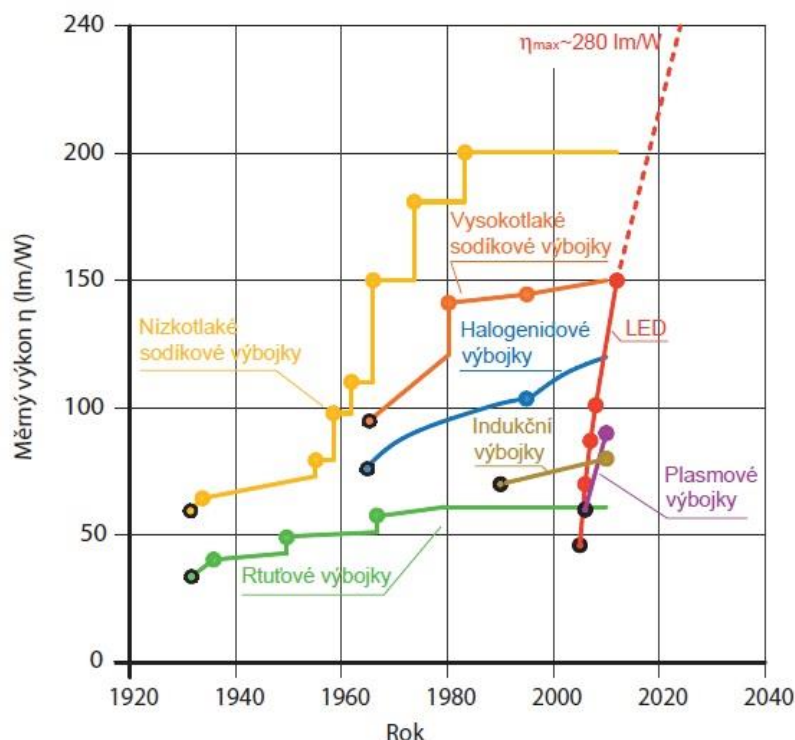
- Samotná dioda má malé napětí, takže není zapotřebí ochran před úrazem elektrickým napětím a proudem,
- možnost spojování a získání tak vyššího světelného toku,
- stejnosměrný provoz lze snadno regulovat,
- modulace záření napájecím napětím, minimální doba náběhu a rychlá odezva. Nenáchylnost na zapínání a vypínání,
- lze je stmívat bez změny barvy,
- možnost napájení solárními články,
- použití jako energeticky úsporné osvětlení,
- lze řídit intenzitu a barvu světla,
- libovolnost svícení při jakékoliv poloze,

- vysoký jas,
 - velká účinnost barevných LED.
- c) Kolorimetrické parametry:
- možnost získání většiny barev,
 - LED s bílou barvou má vysokou účinnost, vysoké R_a a lze je vyrobit v jakékoliv stupnici chromatičnosti,
 - Mohou zářit ultrafialově i infračerveně.
- d) Provozní parametry:
- vysoká spolehlivost,
 - extrémně dlouhá životnost až 100 000 h při úbytku 30-40% světelného toku,
 - nízké náklady na údržbu,
 - snesou teploty od -30 do 60°C,
 - lze použít plasty, kvůli absenci ultrafialového, infračerveného záření a nízkých povrchových teplot,
 - mechanická odolnost i vibrace a otřesy,
 - nemusí se použít další optické prvky na usměrnění světelného toku,
- e) Vlastnosti z hlediska životního prostředí:
- neobsahují rtuť,
 - nemají negativní vliv na životní prostředí během provozu i po ukončení,
 - recyklovatelnost.



Obr 11: Základní konstrukční uspořádání světelné diody se dvěma krystaly
 1 – polovodič s přechodem PN, 2 – reflektor, 3 – keramická destička odvádějící světlo,
 4 – podložka, 5 – polokulová čočka

Z tohoto lze vidět, že světelné diody budou do budoucna jedny z nejvyužívanějších světelných zdrojů, kvůli jejich dobrým vlastnostem jako je malý příkon, měrný výkon, teplota chromatičnosti, indexem podání barev a dobou života. Jak je ukázáno na následujícím grafu vývoje měrných výkonů světelných zdrojů ve veřejném osvětlení, tak je předpokládán další vývoj této technologie směrem vzhůru a tedy zlepšování dosavadních, už tak velmi dobrých, vlastností.



Obr 11: Graf vývoje měrných výkonů světelných zdrojů používaných ve veřejném osvětlení (zdroj: <http://www.svn.cz/assets/files/informacni-materialy/2012/Svetelne-zdroje-a-svitidla-ve-VO.pdf>)

6. Příčiny a následky působení rušivého světla

Světlo je pro člověka důležitý prostředek pro přenos a získání informace o prostředí, ve kterém se nachází. Aby bylo možné tyto informace zpracovat s dostačující rychlostí, bez zkreslení a bez zbytečného použití námahy, musí být osvětlení přizpůsobené charakteru zraku, tedy dostatečný zrakový výkon¹. Při pracovní činnosti, bere ohled na zrakový výkon.

Negativní účinky rušivého světla se mohou projevit například při oslnění, které může vést i ke zranění nebo nehodě. Špatně zvolená chromatičnost světla ze zdroje, může znemožňovat schopnost rozlišit barvy a tím vyvolat pocit nepohody. Nesprávné osvětlení při pracovních podmínkách může tedy vést ke zrakové únavě, nebo dokonce i k celkové únavě. To vede k pálení očí, bolestem hlavy a dalším obtížím. Negativní účinky se nemusí vždy projevovat na lidech. Třeba malby, umělecké předměty, dokumenty či textilie mohou při intenzivním osvětlení být poškozeny, nebo ztrácet jejich zbarvení.

¹ příjem a zpracování určitého množství přenášených informací světlem za jednotku času zrakovým systémem člověka

6.1. Příroda.

Tento první bod je jedním z nejdůležitějších, je to díky narušování základních procesů, v přírodě, které platí po celou existenci Země. Jak každý ví, tak se střídá den a noc, kdy přes den je světlo a v noci zase tma. Živočichové a rostliny se řídí podle množství světla ve svém okolním prostředí, které taky řídí jejich aktivitu. To vedlo k naučení se orientovat podle noční oblohy a pomocí hvězd. Pro některé druhy, slouží tma jako maskování [7].

- ptáci využívají noc k migracím a orientují se za pomoci Měsíce, hvězd a geografie. Veřejné osvětlení narušuje orientaci stěhovavých ptáků, ty jsou pak zmateni, neboť se jim veřejné osvětlení na zemi může jevit jako další noční obloha a zmást je to. Dále, když pták vletí do světelného kužele svítícího zespona, tak je oslněn a zmaten, pak má strach vyletět ze světla do tmy. Pták pak může kroužit ve světelném kuželu i několik hodin, to může vést k úhynu ptáka z vyčerpání,



Obr 12: Ptáci kroužící kolem světelné reklamy
(zdroj: <http://svetelnezncisteni.cz/co-je-svetelne-zncisteni/154-2/>)

- největší negativní vliv má, ale rušivé světlo na hmyz. Ten přilétá z důvodu hledání potravy, partnera a taky místa na kladení vajec. Bohužel hmyz letá kolem lampy třeba i celou noc a následně umírá za příčiny doteku rozžhaveného tělesa, vysílením či se stane velice snadnou kořistí nějakého predátora. To pak narušuje celý potravní řetězec a dokonce i celý ekosystém. Například potřebný hmyz pro opylování bylin a ovocných stromů kvetoucích v noci. Z nedostatku tohoto hmyzu nebude opyleno tolik květů a může být tak zapříčiněna malá plodnost těchto rostlin. Samozřejmě, že hromadné umírání všeho hmyzu vlivem špatného osvětlení má za následek hladovění jiných živočichů, jako jsou například plazi, už zmiňovaný ptáci a obojživelníci. To způsobuje neschopnost uživit sebe a své potomstvo, které pak není početné. Taky by se dalo říct, že

netopýři vylétávají z hnízd v pozdější době, než je největší aktivita hmyzu. Netopýr pak těžko hledá svoji potravu a hladoví,



obr 13: Hmyz přitahován veřejným osvětlením
(zdroj: <http://svetelneznecisteni.cz/co-je-svetelne-znecisteni/154-2/>)

- i obojživelníci jsou zasaženi umělým světlem. Některé druhy žab, mloků a dalších obojživelníků jsou zmateni umělým osvětlením, které narušuje jejich schopnost orientace. To zasahuje i do větších vodních ploch jako jsou přímořské oblasti. Tam se tento problém týká mořských želv, které reagují na jemné rozdíly světla mezi mořem a pevninou. Při líhnutí se špatně orientují směrem do moře,
- není úplně zřejmé, jak a do jaké míry světlo ovlivňuje savce, ale je známé, že divoká lesní zvěř přebíhá silnici v době, když projíždí automobil. To může mít za následek smrt zvířete, škody na voze a zranění pasažérů v autě,
- světlo působí negativně jak už na zvířata, ale taky na rostliny. Ty využívají světlo k fotosyntéze. Rostliny využívají světlo s teplotou a množstvím srážek k určení ročních období. Podle těchto indikátorů se pak řídí kvetení, opadávání a klíčení semen, změna pak může mít za následek brzký opad listů, nevyklíčení semen atd. Nejcitlivější na nepravidelnost střídání světla a tmy jsou Platany. Osvětlování památných stromů tomu moc nepomáhá,



Obr 14: Veřejné osvětlení svítící na strom
(zdroj: <http://svetelneznecisteni.cz/co-je-svetelne-znecisteni/154-2/>)

Avšak pokud umělé osvětlení není promyšlené, ovlivní tím život a periodické chování od jedince až po celý ekosystém. To může vychýlit přirozenou rovnováhu v potravním řetězci a s dalšími antropogenními činiteli může ohrozit biodiverzitu v životním prostředí.

6.2. Lidské zdraví:

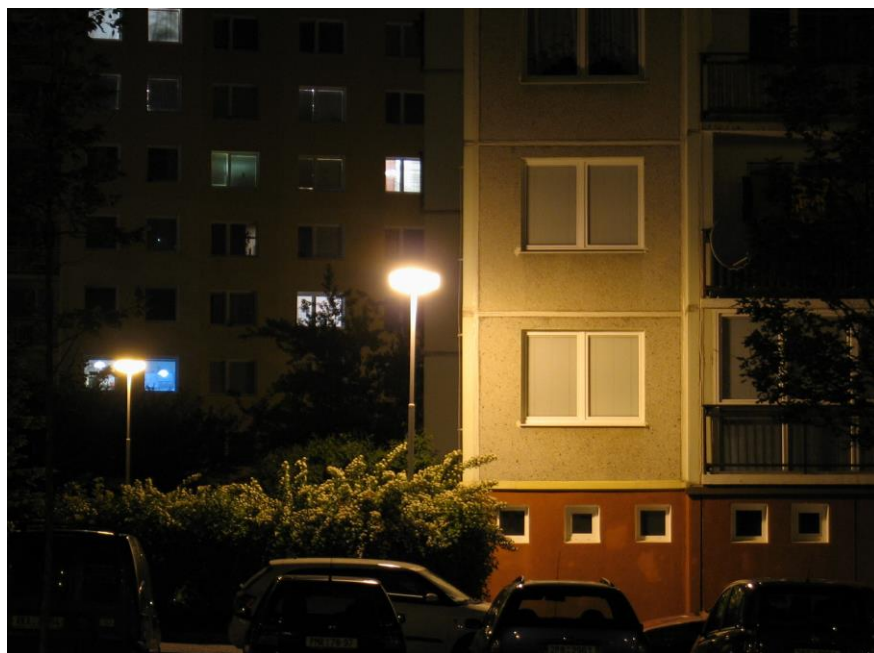
Rušivé světlo nepůsobí nejen na oči, ale na celkový lidský organismus [1]. Většina biologických procesů se pravidelně pohybuje v dvacetičtyřhodinovém cyklu. Tento cyklus má aktivní denní fázi a klidovou noční fázi. Vyvinul se z pravidelného střídání světla a noci při otáčení se Země kolem své osy. Podle tohoto cyklu se řídí tělesná teplota, krevní tlak, tepová frekvence, látkový metabolismus, ladění organismu k práci nebo k odpočinku, produkci a uvolňování hormonů řídicí funkce organismu, ale také imunitní a sexuální funkce.

- Na tvorbě biorytmů se podílí epifýza, to je žláza s vnitřním vyměšováním, která vytváří hormon melatonin. Melatonin je ovlivňován světlem a nejvíce během tmy. Při jeho nedostatku způsobuje ospalost a ovlivňuje zhoršování nálady, ty mohou vést až k depresím, ale také způsobuje sníženou aktivitu a výkonnost, zvýšení tělesné hmotnosti, bolest hlavy a apatii (netečnost). Melatonin je jeden z nejučinnějších antioxidantů bez vedlejších účinků, zabraňuje buněčnému rozvoji rakoviny, především rakovině prsu, ovariálnímu karcinomu²,

² Karcinom vaječnicků a vejcovodů

endometriálnímu karcinomu³ a tumoru prostaty. Také pomáhá proti Alzheimerově, Huntingtonovo a Parkinsonově chorobě.

- už po mnoho let vývoje se náš organismus naučil vsávat za pomoci přirozeného budícího signálu, svítání. Jenže díky pouličnímu osvětlení, které ruší klidný spánek, si lidé často zatemňují okna žaluziemi či závěsy. Tím se, ale připravujeme o budící signál. To může mít za následek nevyspalost, neodpočinnost a celkově negativní vliv na psychiku člověka,



Obr. 15: Veřejné osvětlení svítící do okna panelového bytu
(zdroj: <http://svetelneznecisteni.cz/co-je-svetelne-znecisteni/lidske-zdravi/>)

- dále může být uveden pocit nepohody při oslňování, kdy je lidský zrak přizpůsoben nedostatku světla a pak následnému oslnění způsobeném náhlým zvýšením jasu,
- narušení spánku může přispívat různé problikávání, míhání světla či střídání různých barev ze světelných reklam, reklamních poutačů a vadným veřejným osvětlením.

6.3. Ekonomika:

Většinou se snažíme osvětlit veřejné prostory, jako jsou pozemní komunikace, ale i architektonické objekty [10]. Mnohdy je vybráno osvětlení, které je spíše hezké než funkční.

- nejčastější chybou je špatné zvolení osvětlení, které má příliš velký zdroj. Toto předimenzování spotřebuje víc elektrické energie, tím nás stojí peníze navíc. Když je takhle špatně navrženo veřejné osvětlení, tak obec dává výdaje navíc, přičemž mohli být využity úplně jinak a potřebněji,

³ nádor vnitřní výstelky dělohy

- jak už bylo zmíněno tak se mnohdy vybírá osvětlení spíše podle vzhledu, než podle funkčnosti. Takže je často použito kulové osvětlení, které svítí všemi směry, ale vypadá hezky. Jenže takto svítíme zbytečně do nebe, kde to nikdo nevyužije a osvětlujeme tak zbytečně oblohu. Takže se platí světlo, které nevyužíváme,



Obr. 16: Veřejné osvětlení ve tvaru koule
(zdroj: <http://www.honor.eu/jermad-prenosne.php>)

- mezi další plýtvání elektrickou energií se dá považovat osvětlení různých objektů a budov, kdy je použito nevhodné světlo, které svítí mimo objekt a část světla svítí do nebe. Svícení přes celou noc, taky moc nešetří elektrickou energii. Osvětlování budov, které mají velkou pravděpodobnost, že se na ně nepůjde koukat v pozdních hodinách noci, je zbytečné,



Obr. 17: Nesprávné architektonické osvětlení kostela
(zdroj: <http://svetelnezncisteneni.cz/co-je-svetelne-zncisteneni/plytvani-elektrickou-energii/>)

- jeden z velkých významných zdrojů rušivého světla, jsou i reklamní poutače, které svítí přes celou noc, i když nemají velkou účinnost oslovit potenciální zákazníky. Také osvětlená parkoviště u obchodních řetězců, nejsou tím nejlepším způsobem jak šetřit.



Obr 18: Světelné reklamy
(zdroj: <http://www.imperialmedia.cz/svetelne-systemy/svetelna-reklama>)

6.4. Bezpečnost

Velkou pozornost si zaslouhuje vliv rušivého světla na bezpečnost v každodenních aktivitách, týká se to převážně nevyváženého osvětlení venkovního osvětlení. Například v dopravě, kdy při řízení automobilu vyžadujeme soustředění a zapojení smyslů, především zraku [10]. Problém nastává právě ve velkých jasových rozdílech, kdy světlo svítící na silnici vytvoří hranici mezi světlem a tmou a je velice těžké uvidět za přechod mezi světlem a tmou. Toto se netýká jenom řidičů, ale i chodců. Jak už bylo zmíněno tak přechody světlých a tmavých míst může udělat chodce pro řidiče obrazně neviditelným, pokud není nijak chodec zvýrazněn, aby si ho mohl včas řidič všimnout. Světlomety oslňují projíždějícího řidiče více ve tmě než při osvětlení. Takže, když už venkovní osvětlení, tak ať je správně nainstalované a má správnou intenzitu, aby neoslňovalo.

Protože člověk není noční živočich, má horší vidění ve tmě a pomaleji se mu zrak adaptuje na změnu přechodu do tmy. V této době vzrůstá riziko na nebezpečí, třeba zranění špatným šlápnutím či zakopnutím, anebo jinou nešťastnou náhodou.



Obr 19: Veřejné osvětlení vytvářející přechod mezi světlem a tmou
(zdroj: <http://svetelnezncisteneni.cz/co-je-svetelne-zncisteneni/svetelne-zncisteneni-v-kostce/>)

- dalším nebezpečným fenoménem je oslnění, zapříčiněné silným zdrojem světla. S ním se můžeme setkat v dopravě s protijedoucím automobilem se zapnutými dálkovými světly. Ale oslnit nás může taky i špatně nainstalované a nevhodné architektonické osvětlení, reklamní poutače, LED billboardy, veřejné osvětlení a taktéž osvětlení nejrůznějších logistických a průmyslových areálů poblíže pozemních komunikací. Každé oslnění zapříčiní rozostření očí a nastává krátká doba, než se zase přizpůsobí oči tmě. Může se to zdát jako zanedbatelné, ale každé toto oslnění může znamenat riziko nehody,



Obr 20: Špatné architektonické světlo, možné k využití trestné činnosti. Světlo svítí na parkoviště ale vchod je tmavý a ještě světlo může oslňovat lidi.
(zdroj: <http://svetelnezncisteneni.cz/co-je-svetelne-zncisteneni/bezpecnost/>)

- osvětlení může mít vliv na kriminalitu. Podle studií se lidé domnívají, že světlo brání k páčání trestným činům, jenže to není úplně potvrzeno ani vyvráceno.

V některých případech může osvětlení dokonce napomáhat trestným činům. Kriminálníci ho mohou využít jako krytí, pomocí přítomnosti světlých a tmavých míst. Dá se tak ukrýt ve stínu anebo i vedle špatně nainstalovaného osvětlení, které oslňuje případné svědky. Taky může pomoc vidět při trestném činu, když není možnost kriminálního spatřit svědky nebo ostrahou.

6.5. Noční obloha

Každý se s tím už setkal, když se podíval ve městě na noční oblohu a neviděl žádné nebo málo hvězd. Toto je způsobeno nemožností adaptací očí na tmu. Světlo z pozemních zdrojů, které jsou špatně nainstalované tak, že svítí do nebe, se rozptyluje v ovzduší a způsobí zvýšení jasu oblohy. To se může rozprostírat nad velkým územím. Tento jev se nazývá jako světelný závoj [10]. (S podobným principem se dá setkat za dne, kdy se nám obloha jeví jako modrá. To je zase způsobeno rozptylem modrého světla obsaženého ve světelném spektru slunce.) Světelný závoj ovlivňuje možnost pozorování noční oblohy a astronomii. Už při malém světelném závoji ztrácíme možnost vidět slabé světelné záblesky od hvězd a to je možnost vidět v České republice 3000-5000 hvězd. Samozřejmě za dobrých podmínek.

Bohužel světelný závoj se nachází nad celou Českou republikou. Nejčastějšími tvůrci světelného závoje jsou města, průmyslové oblasti, obchodní a logistické reály a to až do vzdálenosti několik desítek kilometrů od zdroje. Zdroje jsou nejčastěji ty, které svítí nahoru a ty, které se odrážejí směrem vzhůru. Avšak největší problém způsobují zdroje světla, jsou

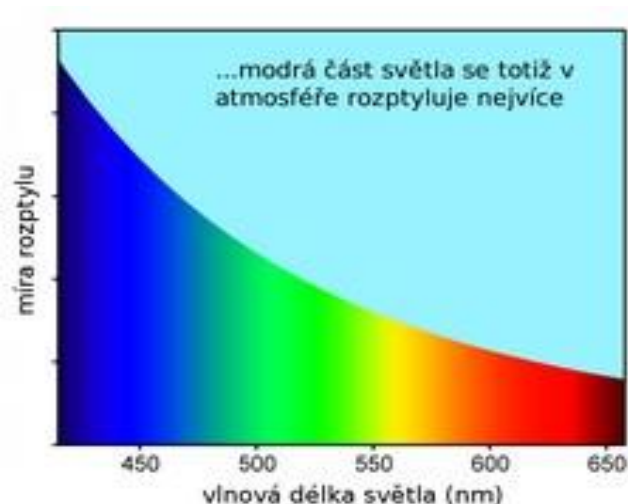


světla svítící pod malým úhlem, skoro až vodorovný směr. To se šíří do velkých vzdáleností řádově až desítky kilometrů.

Obr 21: Světelný závoj nad městem

(zdroj: <http://www.zelenezpravy.cz/svetelne-znecistení/>)

Velký vliv na rozptyl světla v obloze má barva světla, neboli jeho vlnová délka. Nejméně se rozptyluje červené světlo a nejvíce zase modré. Takže doposud zvolené sodíkové výbojky obsažené v dnešním veřejném osvětlení svítící oranžově mají menší vliv na světelný závoj než rozšiřující se halogenové výbojky a LED svítidla. Ty totiž mají bílé světlo a to se rozptyluje mnohem víc než oranžové světlo od sodíkových výbojek.



Obr. 22: Graf rozptylu světla v atmosféře
(zdroj: <http://svetelnezncistení.cz/co-je-svetelne-zncistení/nocni-obloha/>)

7. Eliminace rušivého světla

Eliminace může být rychlá, levná a jednoduchá. Vše se dá udělat snadno, stačilo by se jen zamyslet při plánování osvětlení a to nad těmito body [5]:

- lampy mají svítit jen tam, kam je potřeba, takže dolů na zem. Nikoliv do vodorovných směrů nebo nahoru
- svítit jen tam a tak moc, jak je to nutné
- používat jen takový zdroj světla, který je nejúčinnější pro daný účel a efektivně jej regulovat
- nekupovat staré a špatné typy lamp. Nové dobré lampy dokáží svítit jen směrem dolů
- používat výhradně dokonalou kombinaci světelného zdroje a reflektoru, který odrazí a nasměruje světlo tam, kde je skutečně zapotřebí. Takže nesvítit do zahrad a na zdi domu, ale jen podél ulice
- lampy s rovným spodním krytem namontovat přesně, aby sklo bylo vodorovně či podél terénu
- při výměně starých svítidel za nové vybrat jen takové nesvítí do horního poloprostoru. Obec slouží nám, takže dát jí vědět, co je potřeba a zkontrolovat, zdali se podle toho obec zařídila
- když nám nějaká pouliční lampa vadí, tak trvejme na její okamžité výměně, nebo její úpravě. Takže žádné svícení do očí, ložnice nebo zahradu
- budovy a reklamní plochy se osvětlují pouze směrem dolů a maximálně jen do hodnoty nejvyššího přípustného jasů. Když zůstane osvětlení zespoda, je nutné zabránit, aby kužel světla z reflektoru mířil mimo obrys budovy do okolí
- zabránit použití pevných a pohyblivých světelných kuželů mířících na oblohu, určené pro reklamní účely

- dát pozor bílé světlo.

Následně budou rozebrány nejčastější situace pro návrh osvětlení podle uvedených bodů [10].

7.1. Osvětlení domu:

První, se kterým se můžeme setkat, je osvětlení domu, zahrady a garáže. To se týká především směrovosti svícení.

- Vstup do domu nebo zahrady – důležité je především, aby světlo svítilo jen na vchod do domu a nesvítilo zbytečně do všech směrů a oslňovalo kolemjdoucí nebo sousedy.
- Garáž, nebo větší pozemek – nepoužívat příliš velké výkonné zdroje světla, nainstalovat světlo do správné výšky, aby se nemuselo nijak naklánět (vodorovně).
- Dekorace zahrady – by měla jen do světlovat a zdůrazňovat dekoraci zahrady, žádné přesvicování. Používat vhodná svítidla jen na cestičky a architektonické prvky a vyvarovat se osvětlování stromů a živočichů žijící v koruně. Zvolit takové osvětlení, aby co nejméně lákalo hmyz.

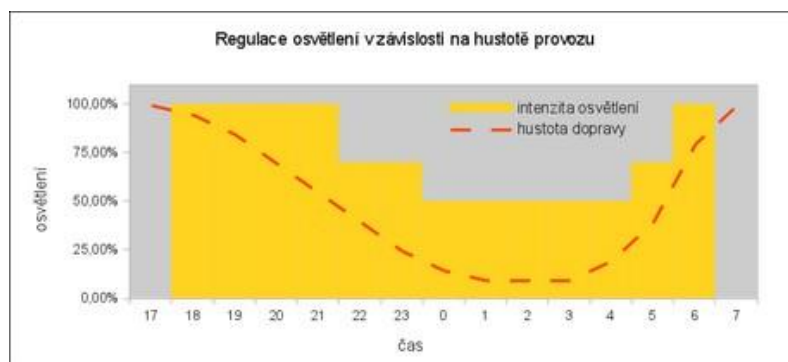


Obr 23: Správné a nesprávné osvětlení domu

(zdroj: <http://svetelnezneisten.cz/svitme-spravne/osvetleni-domu-a-zahrady/>)

7.2. Veřejné osvětlení:

Je to největší zdroj světelného znečištění, kvůli jeho všudypřítomnosti. Toto osvětlení by mělo brát hlavně zřetel na jeho správnou směrovost a umístění. Osvětlení by mělo směřovat na komunikaci a její bezprostřední okolí a jeho intenzita odpovídat hustotě a typu provozu.



Obr. 24: Regulace veřejného osvětlení podle intenzity dopavy
(zdroj: <http://svetelneznicisteni.cz/svitme-spravne/verejne-osvetleni/>)

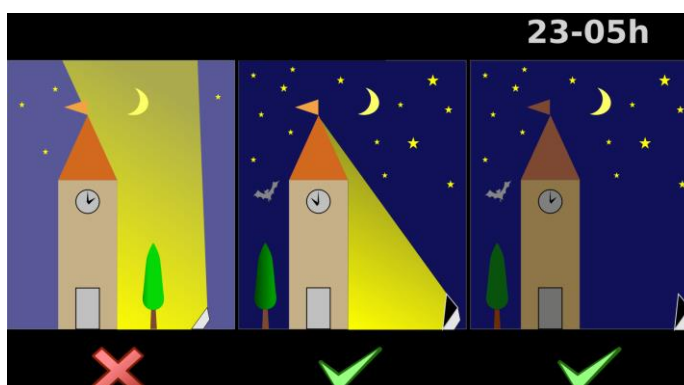
Kladen je důraz i na jeho rovnoměrnost, aby nevznikali tmavá a světlá místa, a světlo nesmí oslňovat řidiče a chodce. Proto je vhodné použít vhodná funkční svítidla určená k tomuto účelu a nainstalovat je jak by se mělo (vodorovně, nebo minimální náklon). Z tohoto vyplývá, že není vhodné použít kulové, válcové či lucernové světlo. Osvětlení by se mělo měnit podle intenzity dopavy, kdy můžeme ušetřit nemalé finanční prostředky a ještě tím snížit zátěž na životní prostředí ohrožené rušivým světlem.



Obr 25: Správné a nesprávné veřejné osvětlení
(zdroj: <http://svetelneznicisteni.cz/svitme-spravne/verejne-osvetleni/>)

7.3. Architektonické osvětlení

Všude se setkáme s nasvícenými budovami, ať už se jedná o památné nebo soukromé objekty, proto se musí brát zřetel na správnost osvětlení, pokud se opravdu usoudí, že objekt musí být nasvícen. Základem je, aby světlo mířilo směrem dolů a neunikalo do širého okolí a oblohy. Když tento způsob není proveditelný, tak použít nasvícení zezdola, ale s nejmenším možným přesahem mimo obrys objektu. Takže doporučení je použít směrová svítidla či clony a stínidla. Důležité upozornění, ať nesvítí světlo do oken a neoslňuje řidiče! Osvětlení objektu je dobré i vypínat v takových časech, kdy nebude nikdo, kdo by to mohl obdivovat a ještě k tomu se dají takhle ušetřit peníze.



Obr 26: Nesprávné a správné architektonické osvětlení
(zdroj: <http://svetelneznicisteni.cz/svitme-spravne/architektonicke-osvetleni/>)

7.4. Osvětlení reklam:

Principem reklam je upoutat a oslovit možné zákazníky, jenže to se může stát až nepříjemné. Takže hlavně ovlivnit jas reklamních nosičů, který by neměl být větší než je jas okolí. Pokud by to bylo možné tak zvolit u reklamních nápisů a reklamních ploch

zdůraznění obrysů, nežli celoplošné nasvícení. Jakmile se, ale i přes to rozhodneme pro celoplošné svícení, tak nasměrovat světlometry směrem dolů. Totožně jako u architektonického osvětlení je zbytečné svítit, když není možné upoutat žádné lidi.

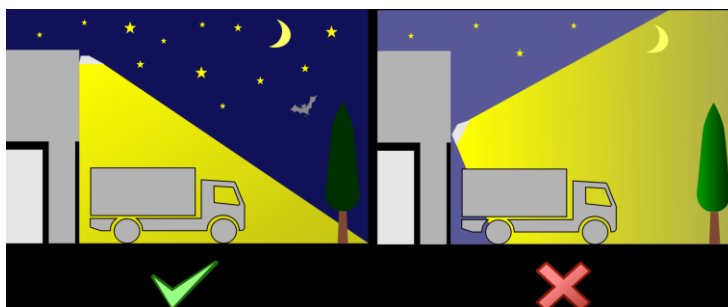


Obr 27: Správné a nesprávné reklamní osvětlení
(zdroj: <http://svetelneznecistení.cz/svitme-spravne/reklamni-osvetleni/>)

7.5. Osvětlení průmyslových a obchodních prostor:

Tyto prostory se rozdělí na dva typy:

- Průmyslové areály - Kdy je nejlépe použít funkční osvětlení, která by měla svítit do areálu a nejlépe s kombinací pohybových čidel na úsporu energií.
- Obchodní centra a parkoviště – Zde jsou nejčastěji použita esteticky hezká svítidla, ale neměla by svítit do nebe a do dalších nežádoucích směrů. Samozřejmě už několikrát zmíněno vypnutí světel, nebo alespoň jejich ztlumení



Obr 28: Správné a nesprávné osvětlení průmyslových prostor
(zdroj: <http://svetelneznecistení.cz/svitme-spravne/osvetleni-prumyslovych-a-obchodnich-prostor/>)

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vysvětlit co je to rušivé světlo, jeho vznik, působení a jeho eliminaci.

Světlo nás neustále obklopuje a je také důležité pro činnost našeho organismu. Vyskytují se dva druhy světla a to přirozené a uměle vytvořené. Umělé světlo nám vypomáhá nejčastěji v nočních hodinách. Vysvětlil jsem, že světlo je záření

elektromagnetických vln a částic, které jsme schopny zaznamenat pomocí zrakového ústrojí. To je složité ústrojí složené z několika orgánů a nejdůležitější pro zaznamenání informace přenášené světlem jsou oční bulvy. Popis oční bulvy je uveden v obr 2.2., ale toto ústrojí není úplně dokonalé. Mezi důležité vlastnosti oka, které může rušivé světlo ovlivnit je akomodace oka, adaptační mechanismus, zorné pole, rozlišovací schopnost a spektrální citlivost. Dobré podmínky výše uvedených vlastností vyvolávají u zrakového ústrojí pocit zrakové pohody, ta je závislá na okolí. Když není splněna zraková pohoda, tak to může vyvolat únavu, špatnou náladu, narušení zrakových funkcí a výkonost. Další negativní účinek může nastat oslněním. S oslněním se můžeme setkat téměř všude, kde je špatné osvětlení, tedy rušivé světlo. To narušuje příjem informace do oka a je zapříčiněno příliš velkým jasem.

V dnešní době je velké zaobírání se ekologií životního prostředí a z toho důvodu bylo zavedeno světelné znečištění, které obsahoval zákon o ochraně ovzduší. Avšak světelní znečištění jako pojem je používán legislativou a správný pojem je rušivé světlo, které je vysvětleno jako nepříznivý vliv osvětlení ve venkovním prostoru. Zákon o ovzduší prošel několika novelizacemi a 1. září 2012 už neobsahoval světelné znečištění. Zatímco zákon o pozemních komunikacích udává povinnost starat se a udržovat veřejné osvětlení. To se týká i úprav osvětlení při působení rušivého světla, takže rušivé světlo ze zákona nebylo úplně vypuštěno.

K největšímu původci rušivého světla patří veřejné osvětlení. To jde ovlivnit instalací a taky vhodně zvoleným světelným zdrojem. U instalace je důležité, aby směrovost osvětlení mířila směrem dolů, i když se stává, že se malá část odrazí od povrchu země, ale to má minimální vliv. Byly uvedeny světelné zdroje možné použít na veřejné osvětlení. Z přehledu výhod a nevýhod daného světelného zdroje se dá usuzovat, že doposud používané vysokotlaké sodíkové výbojky ve veřejném osvětlení, budou nejspíš nahrazeny novou technologií světelných diod. Světelné diody jsou perspektivní pro budoucí používání, pro své geometrické, elektrické, světelné kolorimetrické vlastnosti, provozní náklady a z vlastností k životnímu prostředí.

Rušivé světlo neovlivňuje jenom člověka, jeho zdraví, bezpečnost a finance, ale i přírodu, jako živočichy a noční oblohu. Umělé osvětlení v nočních hodinách narušuje základní procesy, kterým byly živočichové a rostliny přizpůsobeny. Rušivým světlem narušujeme u živočichů orientaci, působí jako lákadlo pro hmyz, opoždí noční aktivitu a tím zkracuje noc a ohrožuje na životě. U rostlin se posouvá doba kvetení, klíčení a opadávání. Unikající světlo do vodorovného a horního poloprostoru vytváří takzvaný světelný závoj, který znemožňuje pozorování noční oblohy v zastavěném území a několik kilometrů od něj. Lidské zdraví je taky řízeno světlem a tmou, při změně doby osvětlení se narušuje tělesná teplota, krevní tlak, tepová frekvence, metabolismus, uvolňování hormonů, imunitní a sexuální fáze. Ovlivněna je i tvorba hormonu melatoninu, který způsobuje ospalost, ovlivňování nálady, deprese, snížení aktivity, zvyšování hmotnosti, bolesti hlavy a apatii. Avšak nejdůležitější vliv má na buněčný rozvoj rakoviny, Alzheimerovu, Huntingtonovu a Parkinsonovu chorobu. Nevyužití světlo je ztráta financí, příliš velké zdroje plýtvají energiemi a tím i

financemi. Vhodné světlo zamezí uniku světla do nežádoucích směrů a tím nevzniká oslnění. To může vést i ke škodám na majetku i životu.

Vliv na životní prostředí rušivým světlem je značný a stačí se držet jen výše uvedených zásad, které jsou jednoduché, levné a opravy rychle proveditelné. Základem je promyšlení při plánování osvětlení. Například u domovního osvětlení je nejčastější chybou nasměrování světelného toku to většího prostoru, než je zapotřebí. U veřejného osvětlení je hlídat správné nasměrování, rovnoměrnost, s tím souvisí i výběr správného svítidla. V nejlepším případě by bylo, kdyby se svítidla vypínala a regulovala podle provozu dopravy. U architektonického osvětlení je častou chybou směrovost světelného toku, správná instalace osvětlení vyřeší světelné přesahy. Jako u veřejného osvětlení je dobré zvážit, zda musí architektonické osvětlení svítit, když jej nikdo nevyužije. Osvětlení reklam spíše oslňuje, než aby lákalo zákazníky. Snížení jasu na hodnotu jako je okolí a nainstalování světel, aby svítilo směrem dolů, zmenší oslnění způsobené osvětlením. Průmyslové a obchodní prostory jsou podobné jako domovní osvětlení, takže svítit jen tak kam je to zapotřebí. Nemusí být osvětlený úplně celý areál a nejlepší je kombinace svítidla s pohybovým senzorem.

Použitá literatura a informační zdroje

literatura

[1] Habel, J.: Světlo a osvětlování, FCC Public, Praha 2013, ISBN 978-80-86534-21-3

[2] Odborný časopis Světlo, FCC Public, Praha

Internetové zdroje

[3] EARCH.cz. Rušivé světlo část 1. – Názvosloví a legislativa [online]. Poslední revize 30. 6. 2006. Dostupné z: <http://www.earch.cz/cs/rusive-svetlocast-1-nazvoslovi-legislativa>

[4] Hollan, Jan, Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně, 27. 3. 2003. Noční noviny, jaro 2004 [online]. Dostupné z: <http://svetlo.astro.cz/zakon/news04.pdf>

[5] Lenža, Libor, 2006. Proč se zabývat světelným znečištěním? [online]. Dostupné z: http://svetelneznecisteni.cz/data/letacky/svetlo_a_tma.pdf

[6] Libra, Martin. Fyzikální podstata světla [online]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22854

[7] Parikrupová, Paula, 2011. Determinace hmyzu přitahovaného veřejným osvětlením. [online]. Poslední revize 7. 3. 2011. Dostupné z http://www.astro.cz/_data/files/2011/05/28/Determinace%20hmyzu.pdf

[8] Sequens, Tomáš. Veřejné osvětlení a obec pod lupou zákona [online]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/verejne-osvetleni-a-obec-pod-lupou-zakona-51130.html>

[9] SEVEN, 2012. Světelné zdroje a svítidla pro veřejné osvětlení v roce 2012 [online]. Dostupné z: <http://www.svn.cz/assets/files/informacni-materialy/2012/Svetelne-zdroje-a-svitidla-ve-VO.pdf>

[10] Světelné znečištění [online]. Dostupné z: <http://svetelneznecesteni.cz/>

[11] Terminologie [online]. Dostupné z: <http://www.darksy.cz/texty/termin.htm>

[12] Vrbík, Petr, 2013. Hygienické aspekty rušivého světla v komunálním prostředí [online]. Poslední revize 20. 2. 2013. Dostupné z: <http://apps.szu.cz/svi/hygiena/archiv/h2013-4-08-full.pdf>

Seznam obrázků a grafů

Obr 1. schématický řez oční bulvou

obr 2 Ošklivá lampa

obr 3 Lampa s bachratým krytem

obr 4 Ekologická lampa

Obr 5: Možnosti šíření světla z veřejného osvětlení

Obr 6: Konstrukce vysokotlaké rtuťové výbojky

Obr 7: Konstrukce kompaktní zářivky

Obr 8: Konstrukce indukční výbojky Endura

Obr 9: Konstrukce základních typů halogenových výbojek s křemenným hořákem.

Obr 10: Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky

Obr 11: Graf vývoje měrných výkonů světelných zdrojů používaných ve veřejném osvětlení

Obr 12: Ptáci kroužící kolem světelné reklamy

obr 13: Hmyz přitahován veřejným osvětlením

Obr 14: Veřejné osvětlení svítící na strom

Obr. 15: Veřejné osvětlení svítící do okna panelového bytu

Obr. 16: Veřejné osvětlení ve tvaru koule

Obr. 17: Nesprávné architektonické osvětlení kostela

Obr 18: Světelné reklamy

Obr 19: Veřejné osvětlení vytvářející přechod mezi světlem a tmou

Obr 20: Špatné architektonické světlo, možné k využití trestné činnosti. Světlo svítí na parkoviště ale vchod je tmavý a ještě světlo může oslňovat lidi.

Obr 21: Světelný závoj nad městem

Obr. 22: Graf rozptylu světla v atmosféře

Obr 23: Správné a nesprávné osvětlení domu

Obr. 24: Regulace veřejného osvětlení podle intenzity dopravy

Obr 25: Správné a nesprávné veřejné osvětlení

Obr 26: Nesprávné a správné architektonické osvětlení

Obr 27: Správné a nesprávné reklamní osvětlení

Obr 28: Správné a nesprávné osvětlení průmyslových prostor