

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Zatříd'ování venkovních prostorů do
environmentálních zón z hlediska rušivého světla**

**Classification of outdoor areas to environmental
zones in terms of obtrusive light**

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Lazecký**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Zatřídění venkovních prostorů do environmentálních zón z hlediska
rušivého světla**
**Classification of outdoor areas to environmental zones in terms of
obtrusive light**

Zásady pro vypracování:

- Rozbor normativních požadavků na zatřídění do environmentálních zón
- Zatřídění kritických oblastí do environmentálních zón z pohledu České republiky
- Zatřídění kritických oblastí do environmentálních zón z pohledu měst a obcí
- Posouzení stanovování velikostí jednotlivých environmentálních zón
- Návrh zatřídění města Studénka do environmentálních zón
- Osvětlení fotbalového stadionu z pohledu environmentálních zón

Seznam doporučené odborné literatury:

- Plich, J.: Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999,
- Habel, J.: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995,
- Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- Manuály k výpočetním programům (Relux, Dialux, WILS)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Novák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 4. 5. 2014



.....
Bc. Jan Lazecký

Poděkování:

Pokládám za milou povinnost poděkovat Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D. a prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc. z katedry elektroenergetiky VŠB – TU Ostrava, za velmi dobré vedení a podnětné rady při tvorbě své diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku při zatřídění venkovních prostorů do environmentálních zón z pohledu rušivého světla. Energetická vyspělost společnosti dnes umožňuje pro bezpečnost obyvatel během celých nocí osvětlovat silnice či pěší zóny, ale osvětlují se také památky a místa, u kterých by stálo za to se zamyslet, zda je opravdu potřeba na ně během nocí takto plýtvat elektrickou energií. Nejde však pouze o zbytečně spotřebovanou elektrickou energii. Jde především o případné negativní účinky na lidi a celý ekosystém, které venkovní světelné zdroje během nocí způsobují. Hlavním cílem praktické části této diplomové práce je řešit otázku nejrůznějších úskalí a kompromisů při přiřazování odpovídající environmentální zóny městu Studénce. Toto město skýtá několik zajímavých překážek pro správnou volbu environmentální zóny, které souvisí především s jeho polohou. Po přezkoumání všech kritérií a konečném zařazení města Studénky do odpovídající environmentální zóny práce pokračuje vytvořením návrhu nové osvětlovací soustavy pro fotbalový stadion v tomto městě, a to za předpokladu dodržení normativních požadavků podle předcházejícího zatřídění Studénky.

Klíčová slova

Environmentální zóna, světelné znečištění, světelné zdroje, svítidla, horní poloprostor, jas, osvětlenost

Abstract

The focus of this thesis deals with the proposal of environmental zones in outdoor areas as it relates to lighting. In these areas where public safety is not an issue, an energy conservation program could be considered. Not only should the unnecessary consumption of electricity be accounted for when deciding illumination requirements, but also the possible negative affects on humans and the entire ecosystem at night time, outdoor lighting may cause. From this perspective, an important aspect of this work is the different normative requirements for the correct classification of the sites in defined environmental zones. Knowledge and data is applied when recommending a specific environmental zone classification, while keeping in sight the issues from the perspective of the Czech Republic and the concerns of the municipal significance for the city or town. The main goal of the practical part of this thesis is to address the issues of various difficulties and compromises in assigning the appropriate environmental zones of Studenka city. Mainly due to its location, this city offers some interesting obstacles when deciding the most reasonable selection of environmental zones. After reviewing all of the criteria and assigning final classifications for the zones in Studenka city, corresponding environmental work continues by creating a proposal for a new lighting system for the football stadium in the city while continuing compliance with the standards of the previous classification of Studenka .

Key words

Environmental zone, light pollution, light sources, lamps, upper half-space, luminance, illuminance

Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratka	Jednotka	Popis
E	[lx]	Osvětlenost
ϕ	[lm]	světelný tok
A	[m ²]	plocha
L	[cd·m ⁻²]	jas
I	[cd]	svítivost
L _{av}	[cd·m ⁻²]	průměrný jas povrchu komunikace
P	[%]	zrakový výkon řidiče
U _o	[-]	celková rovnoměrnost
U _l	[-]	podélná rovnoměrnost
TI	[%]	prahový přírůstek
GR	[-]	metoda výpočtu přímého oslnění
L _v	[cd·m ⁻²]	celkový závojevý jas celé osvětlovací soustavy
L _{ve}	[cd·m ⁻²]	ekvivalentní závojevý jas pozadí
ρ	[-]	průměrný činitel odrazu
E _{hav}	[lx]	průměrná horizontální osvětlenost
θ	[°]	úhel mezi směrem pohledu a směrem světla ze svítidla
t _c	[h]	doba nočního klidu
ULR	[%]	podíl světla do horního poloprostoru
L _b	[cd·m ⁻²]	největší jas fasády budovy
L _s	[cd·m ⁻²]	největší průměrný jas znaků
E _v	[lx]	největší hodnota svislé osvětlenosti na objektech
CIE		Mezinárodní komise pro osvětlování
log ₁₀		logaritmus při základu 10
VO		veřejné osvětlení
EZ		environmentální zóna
CHKO		chráněná krajinná oblast
ČR		Česká republika
tzv.		tak zvané
např.		například
Obr.		obrázek
Tab.		tabulka
atd.		a tak dále

Poznámka:

Všechny ostatní symboly a zkratky se v textu vyskytují s jejich okamžitým vysvětlením.

Obsah

Úvod.....	5
1. Rozbor normativních požadavků na zařazení environmentálních zón.....	6
1.1. Vývoj vnímání světla.....	6
1.2. Parametry osvětlení.....	6
1.2.1. Osvětlenost.....	7
1.2.2. Jas.....	7
1.2.3. Oslnění.....	9
1.2.4. Směrové vlastnosti.....	10
1.2.5. Barevné vlastnosti.....	10
1.3. Rušivé světlo.....	10
1.3.1. Problematika rušivého světla.....	10
1.3.2. Omezení rušivého světla.....	12
2. Zařazení kritických oblastí do environmentálních zón z pohledu České republiky.....	15
2.1. Základní pojmy:.....	15
2.1.1. Základní požadavky environmentálních zón.....	15
2.2. Příklad zařazení rozvodny do environmentální zóny.....	16
2.3. Zařazení národních parků do environmentálních zón.....	19
2.4. Zařazení observatoří do environmentálních zón.....	20
3. Zařazení kritických oblastí do environmentálních zón z pohledu měst a obcí.....	22
3.1. Problematika veřejného osvětlení.....	22
3.2. Možnosti řešení veřejného osvětlení.....	23
3.3. Problematika architektonického osvětlování.....	25
3.4. Problematika komerčního osvětlování.....	26
4. Posouzení stanovování velikostí jednotlivých environmentálních zón.....	27
5. Návrh zařazení města Studénky do environmentálních zón.....	29
5.1. Problematika zařazení z pohledu autora práce.....	29
5.2. Studénka – hvězdárny.....	30
5.3. Studénka – přilehlé obydlené oblasti.....	30
5.4. Studénka – CHKO Poodří.....	31
5.4.1. Problematika přilehlé CHKO Poodří.....	31
5.4.2. Studénka – průmyslová zóna.....	32
5.4.3. Studénka – centrum města.....	33
5.5. Vyhodnocení zařazení města Studénky do EZ.....	33

6. Osvětlení fotbalového stadionu z pohledu environmentálních zón	34
6.1. Požadavky na osvětlování sportovišť	34
6.2. Možnosti konstrukce osvětlování fotbalových hřišť	37
6.2.1. Základní informace	37
6.2.2. Světlomety	37
6.2.3. Rozmístění	38
6.3. Problematika fotbalového stadionu ve Studénce	40
6.4. Řešení v programu RELUX se svítidly SATURNO II	41
6.5. Řešení v programu RELUX se svítidly CHAMPION	44
6.6. Srovnání navrhovaných variant	47
7. Závěr	48
Použitá literatura	50
Seznam obrázků	53
Seznam tabulek	55
Seznam grafů	55
Seznam příloh	55

Úvod

Světlo je pojem známý od pradávna. Bez největšího přírodního zdroje světla na Zemi, kterým je Slunce, by ani nemohl existovat život. V dnešním moderním světě je však velmi zajímavé sledovat stále rostoucí význam umělého osvětlování, a to ve všech možných lokalitách i odvětvích. Dříve asi nemyslitelné nepřetržité osvětlování silnic či chodníků je dnes naprosto běžné a lidé ho už považují za samozřejmost.

V posledních desetiletích se musí brát v potaz také neuvěřitelný rozmach komerce, jež se v současné moderní době plné technologických vymožeností prezentuje převážně elektronickou formou na obrovských poutacích u silnic a dálnic nebo na velkých digitálních reklamních plochách, jak je známe z velkých světových metropolí. S těmito vymoženostmi dnešní doby však přichází také nové rizikové situace, se kterými se ještě před pár desítkami let nemuselo počítat.

Umělé venkovní osvětlení, využívané například právě pro osvětlování reklamních ploch, zapříčiňuje během nočních hodin značně nepřírozené podmínky, které na okolí negativně působí v mnoha ohledech. I z tohoto důvodu vznikl pojem rušivé světlo. Jedni z prvních, díky kterým se na tento problém přišlo, byli pracovníci hvězdáren a mezinárodních observatoří, kteří měli postupem času v noci stále horší podmínky pro pozorování hvězd na obloze.

Stačí se jen na okamžik zamyslet a člověk si vážně hned uvědomí, že v dnešní době je dříve přirozená noční tma v okolí velkých městských aglomerací spíše výjimkou. Horší podmínky pro sledování noční oblohy však nejsou jediným důsledkem rušivého světla. Dalším dopadem může být i zhoršení psychického stavu lidí, pokud jsou tímto osvětlováním rušeni během spánku například přes okna domů. Stejně negativní dopady samozřejmě platí také pro zvířata.

Z těchto důvodů se v posledních letech mnohem více dbá na propracovanější návrhy venkovních osvětlovacích soustav i jejich samotnou instalaci. Už jen pouhé nasměrování svítidel správným směrem může značně omezit výskyt rušivého světla. Důležitým krokem pro boj s touto problematikou je definování čtyř základních environmentálních zón, do kterých se nově jednotlivé lokality či samostatné objekty zařadí.

Zařazování nových objektů do environmentálních zón zpřesňuje požadavky na nově instalované osvětlovací soustavy podle místa, ve kterém jsou instalovány. Dodržováním těchto požadavků se postupem času, věřme, stav noční oblohy zlepší a noční obloha bude opět tmavá a plná hvězd, aniž by to v budoucnu mělo negativní dopad na komfort a bezpečnost lidí v jakémkoliv městě, kdekoliv na planetě.

1. Rozbor normativních požadavků na zařídění environmentálních zón

1.1. Vývoj vnímání světla

Den a noc. Dvě slova, která odjakživa rozdělují pravidelný cyklus oběhu Země kolem své osy na dvě základní části. Dá se vlastně říci na část plnou světla, během které si plnými doušky užíváme života, a na část tmy a ticha, během které spíme a kdy lidské tělo regeneruje na další krásný slunečný den. V dnešním světě, jak jej známe, už toto striktní dělení z pohledu světla neplatí a obě základní části cyklu se čím dál tím víc navzájem prolínají. Dříve tomu tak však nebylo, jelikož bylo spoléháno výhradně na přírodní zdroje světelné energie, tím pádem docházelo k přirozenému střídání dne a noci.

Během dne dopadalo, a samozřejmě i dnes dopadá a dopadat bude, světelné záření na povrch Země ze Slunce, které je bezesporu největším světelným a zároveň tepelným zdrojem, jaký kdy lidstvo poznalo. Slunce, často označováno za nevycherpatelný zdroj energie, nám svou energii předává v podobě přímé sluneční a rozptýlené sluneční oblohové složky.

V noci zase za přirozené zdroje světla považujeme hvězdy a měsíc. V minulosti byly během noci přirozené zdroje světla lidmi využívány k částečné orientaci ať už na souši či moři, jelikož je třeba si uvědomit, že se jednalo ještě „donedávna“ o možnost jedinou. Postupem času díky pokroku techniky a touze lidí si vše usnadňovat docházelo k přetvoření přirozeného venkovního světelného prostředí. Díky obrovskému technickému pokroku mohlo začít osvětlování silnic, které bylo budováno v neuvěřitelném tempu, osvětlování rozrůstajících se center měst a postupem času se začalo také s osvětlováním významných míst či památek. V neposlední řadě nesmíme opomenout rozmach veřejného osvětlení až do dnešní podoby, kdy už je osvětlena skoro každá ulice i v menších obcích.

Významným prvkem, který výrazně přispívá do dnešní podoby venkovního nočního prostředí, jsou již zmíněné svítící či nasvícené reklamní plochy. Po nebývalém rozmachu reklam chce každá společnost mít právě tu svou na co největší ploše a pokud možno co nejlépe nasvícenou, aby byla viditelná i v noci z co možná největší dálky. Ani v těchto případech však ještě donedávna nebyly řešeny potenciaální negativní důsledky na okolí.

Jednoduše řečeno, ať už se bavíme o venkovním osvětlování čehokoliv, je třeba brát v úvahu, že nesprávným provozem těchto zařízení v nočních hodinách dochází k tzv. světelnému znečišťování, kterému je potřeba zabránit. O to víc, když si uvědomíme, že je mnohdy naprosto zbytečné.

1.2. Parametry osvětlení

Kritérii, podle kterých vybrat vhodné svítidlo pro dané místo, je mnoho. Nabídka na trhu je dnes tak obrovská, že i při sebekonkrétnějších požadavcích je vždy z čeho vybírat. O to přesněji musí být při pořizování definované požadavky, a to především týkající se účelu, ke kterému bude svítidlo sloužit. Odlišnosti lze například sledovat u výběru svítidel pro různé prostředí. Podmínky u vnitřního a venkovního osvětlení jsou pochopitelně v mnoha ohledech rozdílné.

Vnitřní prostory jsou pevně ohraničeny jednotlivými stěnami, stropy a podlahami. Díky těmto stálým neměnným plochám vznikají ve vnitřních prostorách odrazy světla, které ve výsledku vždy ovlivňují světelné podmínky v řešené místnosti. Intenzita odrazů například ovlivňuje adaptační stav vidění. Se všemi těmito faktory je třeba při volbě svítidel a samotném vytváření návrhu počítat, aby došlo k ideálnímu řešení.

Při návrzích ve venkovních prostorech je situace značně odlišná. Při těchto návrzích se zpravidla uvažuje vodorovná osvětlovací plocha, popřípadě vertikální. Chybí zde však boční či horní ohraničení, se kterým se pracuje ve vnitřních prostorách.

U venkovních prostorů závisí adaptační stav zraku na jasů zkoumané plochy, jasů okolí a jejich vzájemnému poměru. Zmíněný jas společně s osvětleností jsou dvě nejdůležitější veličiny určující úroveň umělého osvětlení ve venkovních prostředích. [3] [4]

1.2.1. Osvětlenost

Jedná se o fotometrickou veličinu, která je definována jako světelný tok, jenž dopadá na jednotku plochy.

$$E = \frac{d\phi}{dA} \quad (\text{lx}) \quad (\text{r. 1})$$

Důležité je rozložení osvětlenosti v okolí místa zrakového úkonu, protože má vliv na rychlost, bezpečnost a pohodlí, jakým pozorovatel může daný zrakový úkon vnímat a provádět. V souvislosti s osvětleností je potřeba zmínit normu ČSN EN 12464-2, ve které jsou uvedeny hodnoty udržovacích osvětleností, které zajišťují odpovídající zrakovou pohodu, bezpečnostní požadavky a požadovaný zrakový výkon. Hodnoty těchto osvětleností udávaných v jednotce (lx) dle normy odpovídají hodnotám:

5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 50 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1500 - 2000.

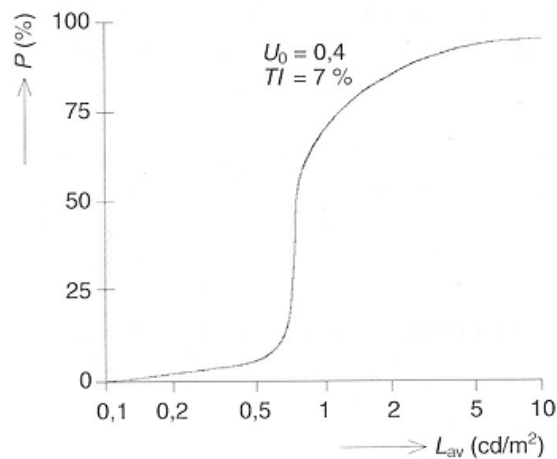
Průměrná osvětlenost nesmí za žádnou cenu klesnout pod hodnotu, která je definována normou, jež je požadována na řešeném místě. Svou roli na žádoucí výsledek nesmí hrát stav ani stáří svítidla. [3] [10]

1.2.2. Jas

Jas je další z řady fotometrických veličin. Definice udává jas jako měrnou veličinu svítivosti.

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (\text{r. 2})$$

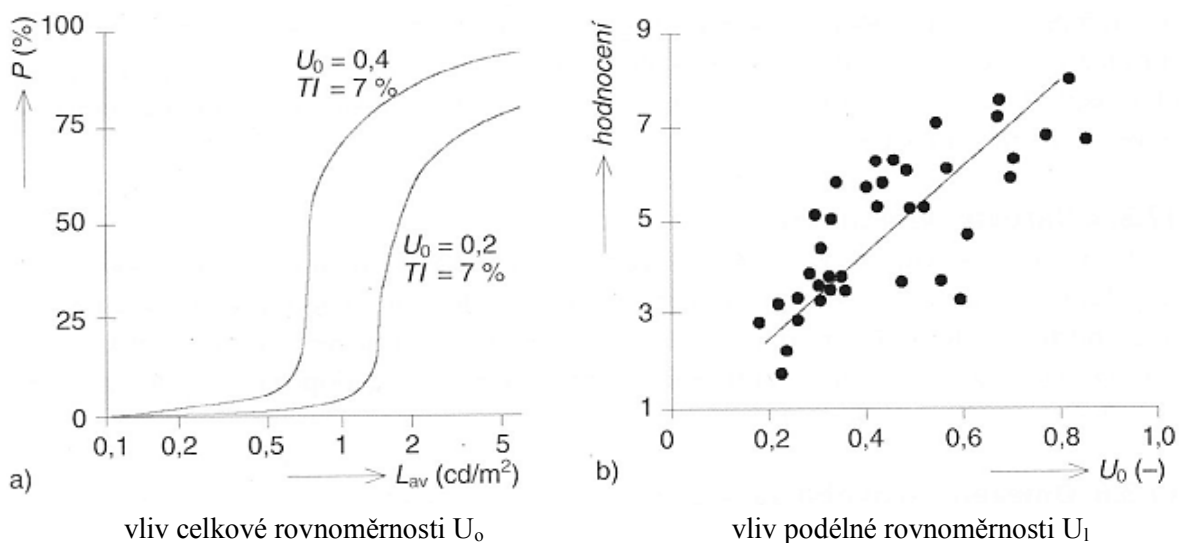
Průměrný jas na srovnávací rovině je v některých situacích využíván namísto osvětlenosti k určení kvantitativních hodnocení osvětlení. Jako příklad lze uvést pozemní komunikace, kde je důležitý kontrast vozidel a předmětů vůči pozadí. Zrakový výkon P je v této situaci definován jako procentuální poměr detekovaných předmětů z předem stanovené sady objektů umístěných v kontrolních bodech. Průměrné hodnoty jasů na pozemních komunikacích pro motorová vozidla se pohybují v rozsahu $0,3 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ do $0,5 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. [4] [10]



Obrázek 1.1 – Závislost zrakového výkonu P na průměrném jasu povrchu komunikace L_{av} [3]

Kromě velikosti jasu jsou zrakový výkon a zraková pohoda účastníků silničního provozu ovlivňovány celkovou rovnoměrností jasů, která je dána poměrem minimální a průměrné hodnoty jasů zkoumané komunikace.

Praxe jednoznačně dokázala fakt, že na komunikacích, na kterých dosahuje zkoumaná rovnoměrnost jasů dostatečně vysokých hodnot, mohou vznikat nepříjemné jasové přechody, které mají neblahý vliv na zrakovou pohodu řidičů. Z tohoto důvodu se bere v potaz také podélná rovnoměrnost jasů, která je definována poměrem minimální a maximální hodnoty jasů komunikace, jež je počítána rovnoběžně s osou komunikace. Samozřejmě se uvažuje průchod místem, kde se nachází pozorovatel. [3]



a) vliv celkové rovnoměrnosti U_0

b) vliv podélné rovnoměrnosti U_1

Obrázek 1.2 – Důležitost rovnoměrnosti jasů na pozemních komunikacích [3] [10]

1.2.3. Oslnění

Oslnění vzniká v případě, dojde-li v zorném poli oka k výskytu příliš velkých jasů, jejich větším rozdílům či časovým kontrastům jasů, které překročí adaptabilitu zraku. Jako příklad může posloužit fotografie, na které se s tímto jevem už snad každý setkal v podobě odlesků nebo přeexponovaných míst tzv. „přepalů“. [10] [22]

Dalším, tentokrát však mnohem nebezpečnějším případem, může být situace, kdy se v zorném poli řidiče oslnění vyskytne v podobě rušivého nebo omezujícího. Tomu je samozřejmě potřeba zabránit, aby u účastníků silničního provozu nedocházelo k chybám, pocitu únavy a následným haváriím.

Co se týče přímého oslnění, způsobeného svítidly venkovního osvětlení, určuje se metodou CIE-GR, která vychází ze vzorce:

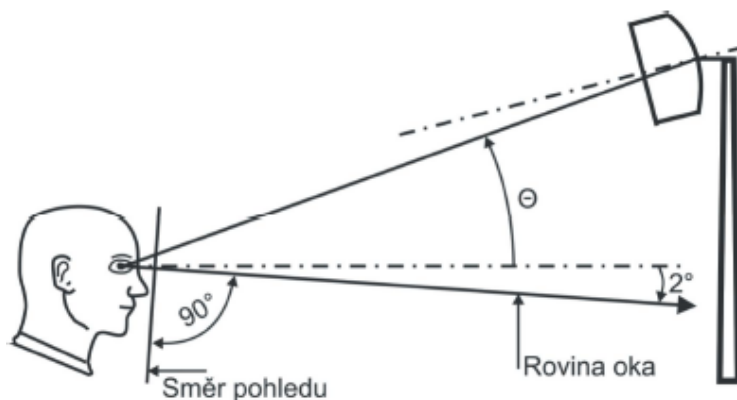
$$GR = 27 + 24 \cdot \log_{10} \left(\frac{L_{v1}}{L_{ve}^{0,9}} \right) \quad (-) \text{ (r. 3)}$$

kde vzorec pro výpočet závoje jasů svítidla je:

$$L_v = 10 \cdot \left(\frac{E_{eye}}{\theta^2} \right) \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \text{ (r. 4)}$$

a vzorec pro výpočet ekvivalentního závoje jasů, který lze použít, je-li odraz pozadí rozptýlen rovnoměrně:

$$L_{ve} = 0,035 \cdot \left(\frac{\rho \cdot E_{hav}}{\pi} \right) \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \text{ (r. 5)}$$



Obrázek 1.3 – Úhly mezi pohledem pozorovatele a směrem dopadajícího světla ze svítidla [10]

1.2.4. Směrové vlastnosti

Směrové vlastnosti svítidel je třeba stále častěji považovat za jeden z nejdůležitějších parametrů u návrhů venkovních osvětlovacích soustav. Směrové vlastnosti je možno znázornit světelným vektorem, který v podstatě určuje směr vyzařování převážné části světla uvažovaného svítidla. U návrhu venkovních osvětlení je směrovost důležitá například u pozemních komunikací, pěších zón, cyklostezek, a to z hlediska celkového vjemu a rozeznávání osob.

1.2.5. Barevné vlastnosti

Barevné vlastnosti jsou podmíněny indexem podání barev, který určuje příslušná norma. Může nabývat hodnot 0-100, přičemž při hodnotě 0 není možné rozeznat jednotlivé barvy. Naopak při hodnotě 100 dochází k naprosto přirozenému podání barev. Na indexu podání barev se hlavně lpí v souvislosti s venkovními pracovními plochami a sportovišti. Ukázkou potřebného zachování dobrého indexu podání barev mohou být frekventované komunikace či místa s velkým počtem vyskytujících se osob. [3]

1.3. Rušivé světlo

1.3.1. Problematika rušivého světla

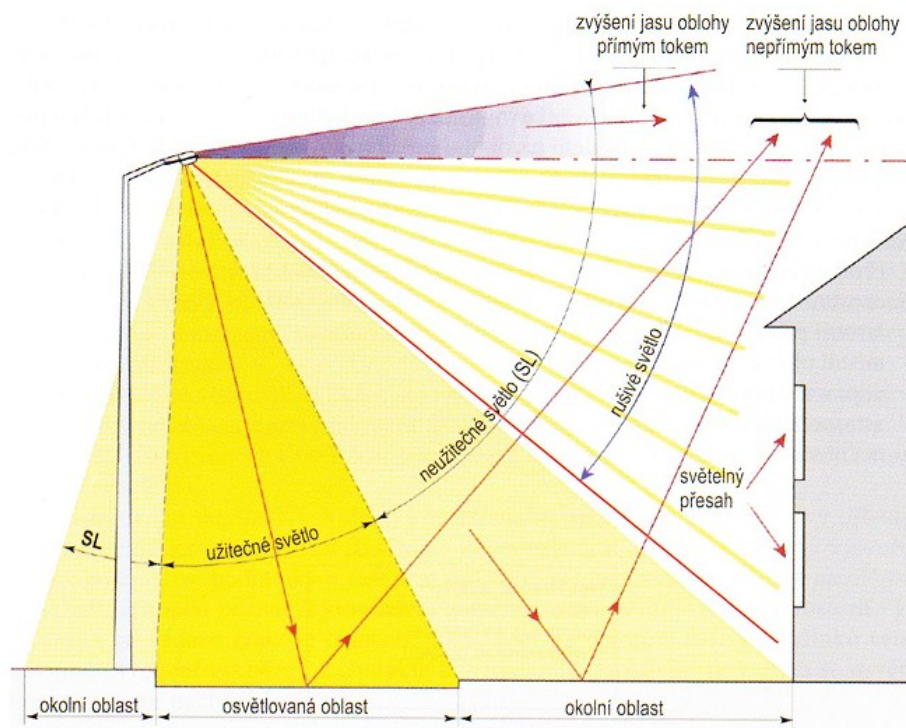
Co se týče venkovních prostorů, můžeme osvětlení rozdělit do následujících aplikačních oblastí:

- pozemní komunikace (silniční, turistické, vodní, letecké, ...)
- venkovní pracovní prostory (rozvodny, železnice, překladiště, přístavy, letiště, ...)
- architekturní + dekorativní osvětlení (stavby, památky, centra měst, budovy, ...)
- venkovní sportoviště

Počet aplikačních oblastí je výrazně nižší, než je tomu u vnitřních prostorů, avšak naopak jsou zde větší rozdíly v návrzích osvětlovacích soustav a taktéž při vyhodnocování světelných podmínek.

Fakt související s venkovním osvětlením, na který je potřeba brát zřetel, je jeho vliv na okolní prostředí. Problematika negativních účinků venkovních osvětlovacích soustav se v současnosti řeší v rámci těchto pěti základních oblastí:

- životní prostředí
- obyvatelé
- dopravní komunikace
- astronomie
- noční vzhled měst a obcí



Obrázek 1.4 – Grafická ukázka užitečného a neužitečného světla [10]

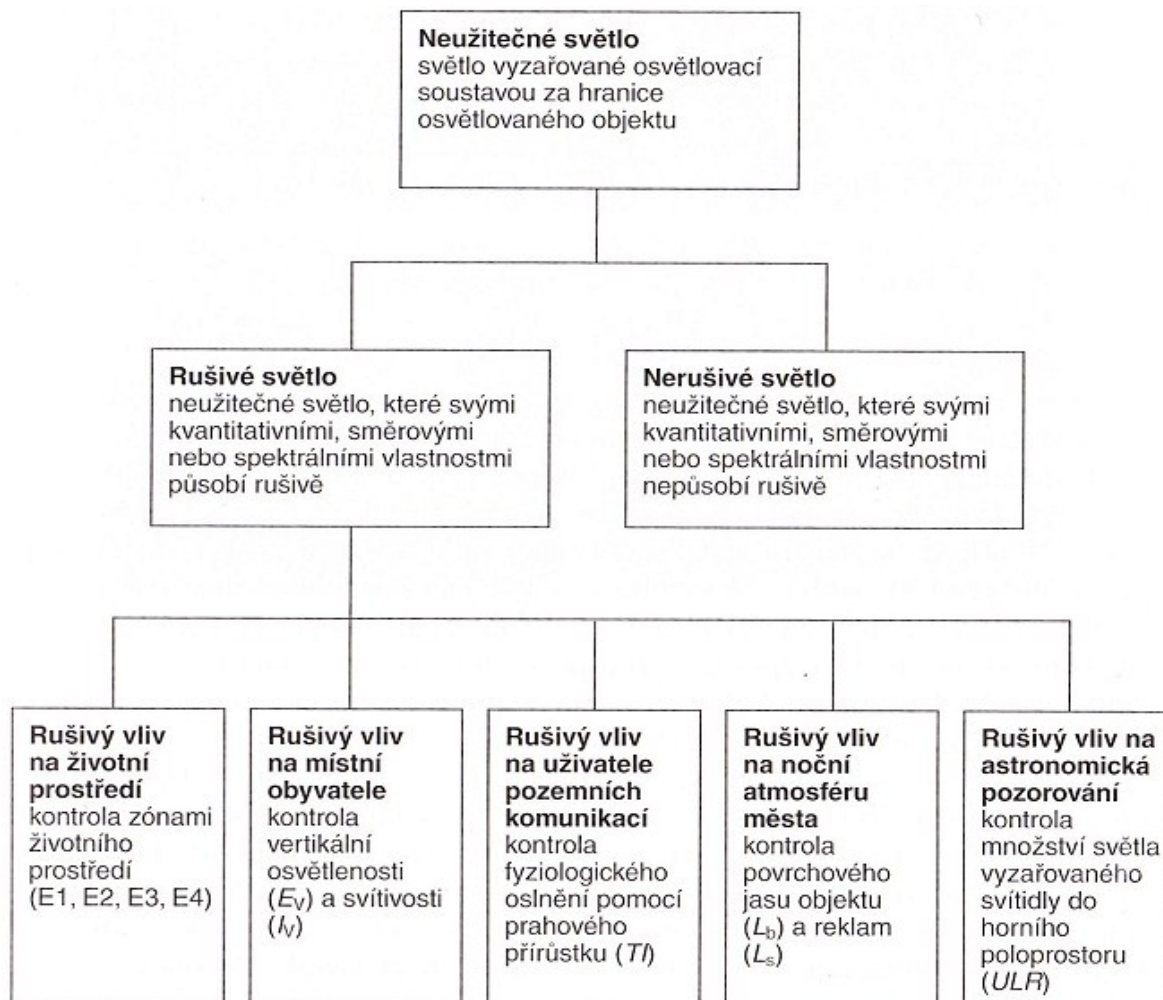
Pojem světelné znečištění, v angličtině publikován jako „light pollution“, nemá striktně danou definici. Obecně je však možno definovat ho jako jakýsi soubor všech negativních vlivů umělého osvětlení. Druhým pojmem, jenž je typičtější pro publikace v oblasti světelné techniky, a který se tudíž častěji objevuje také v této práci, je pojem rušivé světlo „obtrusive light“. Dalo by se říci, že se jedná o nejvýznamnější podložku světelného znečištění. Detailněji je znázorněno na obrázku 1.4.

Tzv. rušivé světlo se nejčastěji projevuje pronikáním světla do příbytků, oslněním lidí, osvětlením míst, kde to vzhledem k významu či poloze není žádoucí, a tzv. závojevým jasnem oblohy (v oblasti světelné techniky často označovaný jako světelný smog).

Škála negativních důsledků umělého osvětlení může být opravdu široká a určitým způsobem se týká téměř všech obyvatel vyspělého světa, aniž by si to většina z nich uvědomovala. Světelné znečištění zapříčiňuje problémy ekologického, zdravotního či bezpečnostního rázu.

Jistá část světelného znečištění, a to hlavně ve formě světla odraženého od nasvícených objektů, provází bez výjimek každé umělé osvětlení, jelikož tomu nelze zabránit. To je však mnohdy pouze zanedbatelná část.

Převážná část světelného znečištění totiž vzniká naprosto zbytečně. Kdyby docházelo k dodržování několika jednoduchých základních zásad při výběru svítidel, samotném návrhu a realizaci osvětlovacích soustav, byly by jeho nežádoucí důsledky do značné míry omezeny. Až se tyto věci začnou striktně dodržovat, budeme si zase moci vychutnat noční oblohu plnou hvězd. [3] [10]



Obrázek 1.5 – Schéma dělení neužitečného světla [3]

1.3.2. Omezení rušivého světla

Požadavky na osvětlení z hlediska environmentálních zón jsou definovány několika světelně technickými parametry, jejichž limitní hodnoty jsou definovány v následující tabulce 1.1 podle normy ČSN EN 12464-2.

V určitých situacích, převážně pak v obytných lokalitách, může nastat hraniční situace mezi požadavky na některou ze zrakových činností a zároveň na splnění horních limitních hodnot rušivého světla.

Z pohledu „osvětlování zastavěných částí“ proto došlo k zavedení termínu „doba nočního klidu“ (začátek mezi 22-23 hod.), který dovoluje předepsání jiných limitních hodnot pro ještě razantnější eliminování rušivého světla během této doby.

Tabulka 1.1 – Požadavky dle normy ČSN EN 12464-2 [1]

Zóna životního prostředí	Světlo na objektech		Svítivost svítidla		Podíl horního toku	Jas	
	E_v lx		I cd		ULR %	L_b cd·m ⁻²	L_s cd·m ⁻²
	mimo dobu nočního klidu ^{a)}	v době nočního klidu	mimo dobu nočního klidu	v době nočního klidu		fasády	znaky ^{NP2)}
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

^{a)} V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být větší hodnoty překročeny a mají se upřednostnit menší hodnoty.

Řídíme se také dvěma důležitými normami (směrnicemi), které určují hraniční hodnoty.

Hlavní z nich je:

CIE 126-1997: Mezinárodní směrnice obsahující limitní hodnoty podílu světelného toku do horního poloprostoru, kterou vytvořila mezinárodní komise pro osvětlování ve spolupráci s mezinárodní astronomickou unií.

Ve své podstatě nastavuje takové požadavky, aby byly při nových návrzích osvětlovacích soustav dodržovány světelně technické parametry na přípustné hranici, a to kromě specifických případů, kdy osvětlení neslouží jen k zajištění zrakového výkonu. V těchto specifických případech nejsou požadavky na omezení vyzařování oblohy tak striktní. Hlavní slovo při zavádění obecných pravidel, souvisejících s omezením záře oblohy, mají národní předpisy. [3] [22]

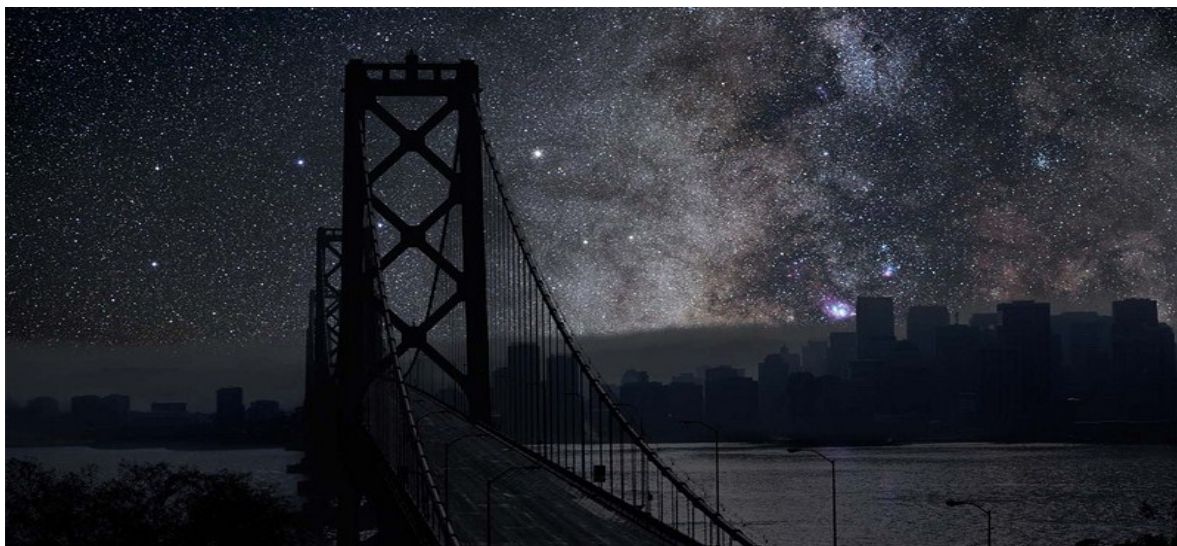
Související pak:

ČSN EN 12464-2: Česká národní technická norma vycházející z předchozí mezinárodní směrnice, definující limitní hodnoty a požadavky pro minimalizaci rušivého světla při osvětlování venkovních prostorů. Přesněji lze v této normě nalézt termíny včetně definic, jednotlivá kritéria pro určení požadavků na osvětlení, obsáhlý rozpis typů většiny venkovních prostorů a činností s uvedenými základními parametry osvětlení (popsány v předchozích kapitolách). Jsou zde uvedeny také odlišné hodnoty pro dobu tzv. nočního klidu, jež opět vycházejí z mezinárodní směrnice. [1]

Když v dnešní době dojde během noci výjimečně k výpadku elektrické energie a nastane tzv. „blackout“ v některém ze světových velkoměst, je pro současnou generaci velký šok vidět pouze tmavé obrysy vysokých budov, aniž by byly osvětleny, a přitom se vlastně jedná o přirozený stav, který byl ještě před několika desítkami let v noci samozřejmostí.

Máme zde názornou simulaci města San Francisco v nočních hodinách bez jakéhokoliv umělého osvětlení, čili bez jakéhokoliv rušivého světla.

Žádné umělé světelné zdroje, žádné osvětlené reklamní plochy, žádná doprava. Jedinými světelnými zdroji v této vizualizaci jsou zdroje přírodní - hvězdy a Měsíc.



Obrázek 1.6 – Simulace San Francisca bez rušivého světla [11]

Na dalším obrázku 1.7 už vidíme dnešní reálný pohled na noční San Francisco. Vliv rušivého světla je patrný na první pohled. Tyto negativní vlivy se samozřejmě stejným způsobem projevují ve velkých městech po celém světě včetně České republiky, kde centra díky těmto světelným znečištěním rovněž spadají do environmentální zóny E4, čili zóny s největším povoleným únikem světelného toku do horního poloprostoru.



Obrázek 1.7 – Reálný pohled na San Francisco v noci [11]

2. Zatřídění kritických oblastí do environmentálních zón z pohledu České republiky

2.1. Základní pojmy:

- **Referenční bod** - z hlediska velikosti se jedná o malou oblast, která ovlivňuje jas noční oblohy, nebo může být naopak ovlivňována rušivým světlem (malé náměstí, observatoře, rozvodny atd.).
- **Intravilán** - je souhrnné označení pro zastavěné plochy obcí mimo odlehlých částí nebo samostatných budov (vesnice do 3000 obyvatel soustředěná kolem hlavní komunikace nebo město mimo okrajové části).
- **Extravilán** - je souhrnné označení pro nezastavěnou část obce. Jedná se tedy o jakýsi souvislý pás kolem intravilánu.
- **Území**- hovoříme o velké rozloze bez zastavěných ploch (národní parky, CHKO, nebo přírodní rezervace). [3] [24]

2.1.1. Základní požadavky environmentálních zón

Je mnoho typů oblastí či objektů, u kterých je třeba dbát na správné zatřídění do vhodné environmentální zóny. Při procesech přiřazování bývá jedním z nejdůležitějších parametrů, podle kterého se pozdější zatřídění řídí, hodnota ULR (z anglického Upward Light Ratio), což znamená podíl světelného toku daného svítidla unikajícího do horního poloprostoru. Hodnota této veličiny je z hlediska volby správné environmentální zóny klíčová. Je udávána v procentech a pro environmentální zóny jsou v normě definovány limitní hodnoty dle následující tabulky 2.1.

Tabulka 2.1 – Podíly úniku světelného toku do horního poloprostoru podle EZ [1]

Zóna	Podíl světelného toku svítidel unikajícího do horního poloprostoru [%]
E1	0
E2	≤ 5
E3	≤ 15
E4	≤ 25

Každý zkoumaný objekt je ale většinou ovlivněn také případným rušivým světlem z vedlejších oblastí. Z tohoto důvodu jsou definovány tzv. referenční body, což jsou jakési hlavní body zkoumaných oblastí. Vzdálenosti mezi jednotlivými zónami jsou uvažovány právě k tzv. referenčnímu bodu a definování délek těchto vzdáleností by mělo být prováděno postupně. To znamená, že by na sebe jednotlivé environmentální zóny měly navazovat.

U některých velmi citlivých oblastí, jakými jsou například Národní parky či mezinárodní observatoře, se dokonce navrhuje zdvojnásobení vzdáleností mezi hranicemi jednotlivých environmentálních zón pro zajištění co nejmenšího úniku světelného toku do horního poloprostoru.

Tabulka 2.2 – Vzdálenosti hranic EZ [1]

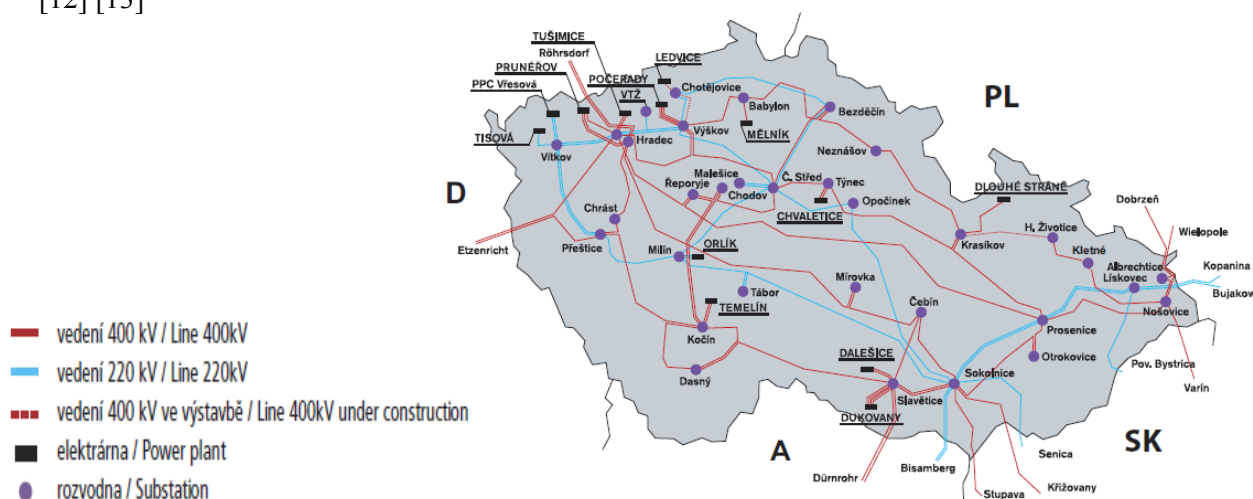
Hranice mezi zónami	Minimální délka hranice
E1 - E2	1 km
E2 - E3	10 km
E3 - E4	100 km

2.2. Příklad zatřídění rozvodny do environmentální zóny

Z pohledu energetiky jsou zajímavými objekty v této problematice elektrické rozvodny. Hovoříme zde o jednom z prvotních úkolů, jenž souvisí se zatříděním osvětlení venkovních objektů. Přiřazení zóny se provádí, stejně jako u jiných takto podobných objektů, hlavně z důvodu omezení působení rušivého světla na okolí tohoto velkého světelného zdroje, kterým elektrická rozvodna bezpochyby je.

U těchto objektů je v podstatě potřeba dodržet a skloubit požadavky normy na bezpečné osvětlení pracovišť s elektrickým proudem, kde jsou i v noci kladeny velké nároky na bezpečnost práce. Zároveň však je třeba tuto osvětlovací soustavu navrhovat tak, aby nedocházelo k velkému úniku světelného toku do horního poloprostoru a následně nedošlo k překročení hodnot, které uvádí norma pro environmentální zóny jako limitní.

Vyhovující provedení navíc komplikuje fakt, že rozvodny 420 kV jsou ve většině případů stavěny na odlehlejších místech, a tím pádem jsou řazeny do přísnější environmentální zóny E2. V tomto případě je maximální přípustná hodnota ULR dle normy 5%. Existují také výjimky v podobě rozvodných zařízení, které jsou postaveny ve městech nebo v jejich přímé blízkosti. Příkladem může být pražská rozvodna Chodov s navrženou zónou E3, což případný návrh osvětlení usnadňuje. Na následující mapě ČR vidíme přesné rozmístění všech 26 rozvodů, které jsou v současnosti v provozu. [12] [13]



Po předchozím nastínění postupu je zde ukázkový příklad zařazení elektrické rozvodny Kletné u Hladkých Životic do environmentální zóny z pohledu rušivého světla:

Tabulka 2.3 – Zařazení rozvodny Kletné [2]

rozvodna KLETNÉ		navržená zóna
Hvězdárny	Ostrava	24 km
	Valašské Meziříčí	24 km
	Vsetín	37 km
Chráněné území	PR Bařiny	5,2 km
	PR Bartošovický luh	5,9 km
Obydlená zóna	Hladké Životice	1,3 km
	Kletné	2,2 km

E2

Hlavní důvody zařazení rozvodny Kletné do environmentální zóny E2 jsou:

- Chráněná území se nacházejí v oblasti 1 až 10 km od rozvodny → **E2**.
- Nejbližší hvězdárny vzdálené více než 10 km nemají vliv na stanovení zóny rozvodně.
- Obce vzdálené více než 1 km nemají vliv na stanovení zóny pro rozvodnu.
- Environmentální zónu rozvodny určují pouze chráněná území → **E2**.

S uvedením venkovní části osvětlovací soustavy rozvodny Kletné do provozu se zpočátku vyskytly komplikace z hlediska oslňování dálnice D1, která je v přímé blízkosti této elektrické stanice. Dalším faktorem, na který bylo při realizaci osvětlení třeba brát ohled, je výskyt nedalekých chráněných území, jako jsou například Bařiny. [13]

Z následných autentických fotografií na obrázku 2.2 je zřejmé, jak bylo později úpravou požadované směrovosti svítidel dosaženo, a tím tedy i zamezeno vzniku rušivého světla na okolí.



Obrázek 2.2 – Osvětlení rozvodny Kletné

Finální precizní dodržení správné směrovosti svítidel v rozvodně Kletné potvrzuje také svítidlo umístěné v blízkosti bezpečnostní kamery. V noci při zapnutí tohoto svítidla nedochází oproti prvotní instalaci k žádnému oslnění kamery, a tedy ani k žádnému snížení kvality pořizovaného kamerového záznamu. Těmito změnami bylo dosaženo přípustných hodnot a zamezeno negativním vlivům na přilehlé okolí.



Obrázek 2.3 – Ukázka správného nasměrování osvětlení rozvodny Kletné

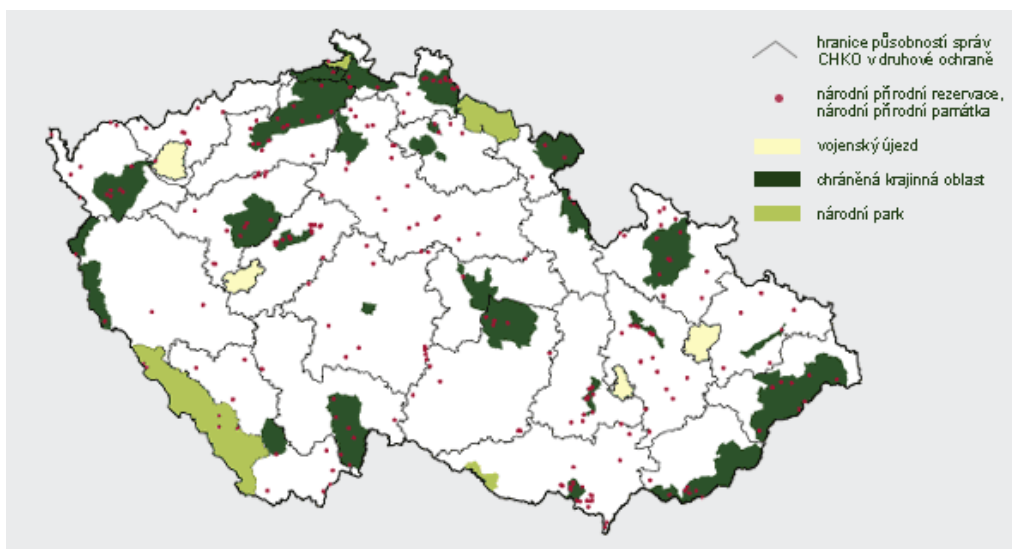
2.3. Zatříd'ování národních parků do environmentálních zón

V médiích o životním prostředí slycháváme poměrně často. Dozvídáme se informace o jeho potřebné péči, důslednosti v udržování jeho kvality a taky o dalších radách, jak se vůči němu správně chovat. Nedostávají se k nám však skoro žádné zprávy o tom, jak chránit přírodní noční prostředí před světelným znečišťováním. Ochrana noční oblohy je totiž bohužel stále věnována pouze minimální pozornost. Naštěstí jsou i místa, kde přirozená noční obloha není nic výjimečného.

Například národní park České Švýcarsko, chráněná krajinná oblast Labské pískovce a jejich okolí na Česko-Německé hranici jsou řazeny k místům s velmi nízkou hodnotou světelného znečištění vůči okolí.

Je samozřejmé, že samotné národní parky a CHKO jsou územími, která jsou brána jako přírodovědecky velmi hodnotná, a spadají tedy pod přísnější právní ochranu. Samozřejmostí je přiřazování nejpřísnější environmentální zóny 1 oblastem takového typu.

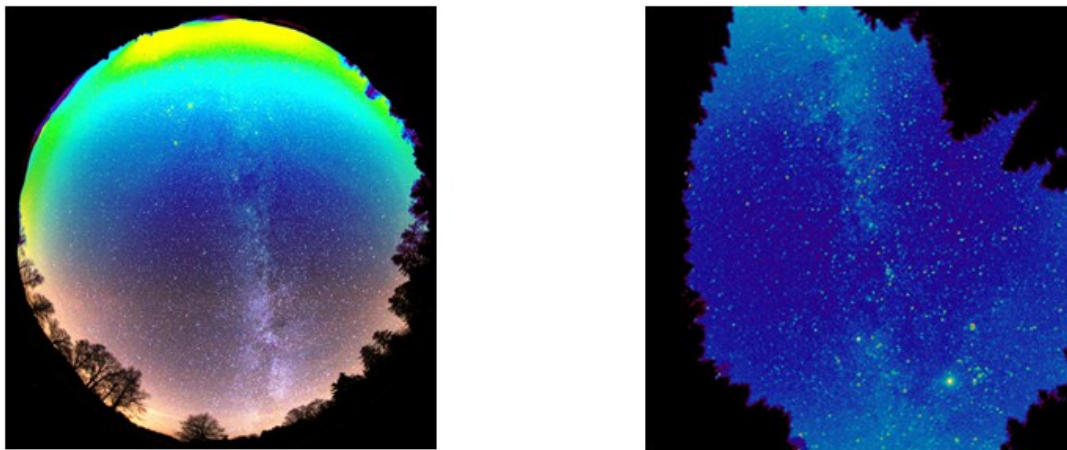
Jelikož řešeným oblastem národních parků Českého a Saského Švýcarska náleží nepřísnejší environmentální zóna, měly by tyto oblasti dosahovat diametrálně rozdílných naměřených hodnot z pohledu rušivého světla například oproti vzdálenějším městům. Reálná měření tuto skutečnost potvrdila. [15] [23]



Obrázek 2.4 – Národní parky v ČR [15]

V Českosaském Švýcarsku došlo pomocí speciální techniky k podrobnému měření a zdokumentování případného světelného znečištění v celkem devíti lokalitách. Díky výsledkům lze konstatovat, že národní park České Švýcarsko je v rámci dané oblasti opravdu místem s dobře zachovalým přírodním prostředím, což je v České republice bohužel spíše výjimkou.

Zároveň je však nutno si uvědomit, že v případě snížení pozornosti, jež je oblasti v souvislosti s nočním osvětlováním věnována, by rázem mohlo dojít k rapidnímu zhoršení situace. Při nových výstavbách v blízkém okolí je tedy nutno striktně dbát na dodržování limitních hodnot instalovaných světelných zdrojů podle přísnějších environmentálních zón E1-E2. [23]

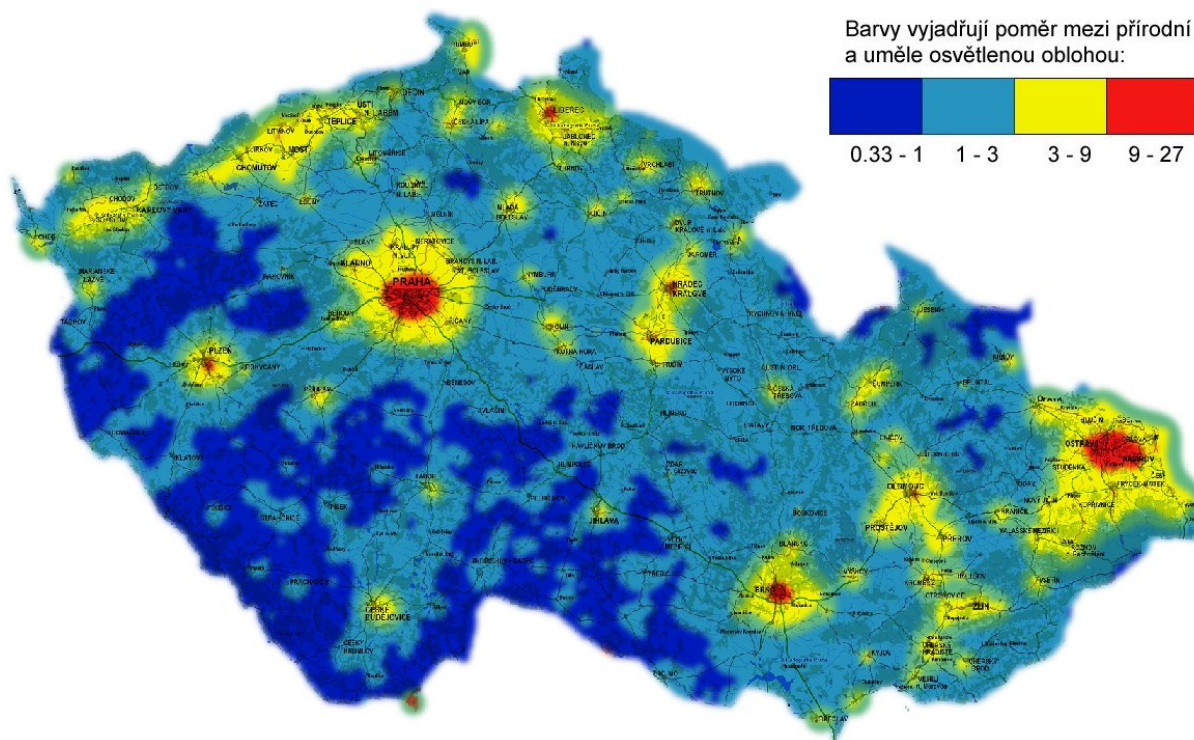


Obrázek 2.5 a 2.6 – Noční oblohy se znázorněnou mírou světelného znečištění u města Chřibská a v osadě Zadní Jetřichovice. [23]

2.4. Zatřídění observatoří do environmentálních zón

Observatoře jsou řazeny převážně do nejpřísnější environmentální zóny E1, a to z toho důvodu, že představují z hlediska rušivého světla jedny z nejméně ovlivňovaných objektů. Jelikož jejich fungování závisí na viditelné obloze, odvíjí se od tohoto faktu přísnější požadavky na správné osvětlování v blízkosti observatoří, nemluvě o samotném zařídování nových blízkých osvětlovaných objektů do environmentálních zón.

Podle výše uvedených informací je velmi zajímavý pohled na následující mapu 2.7 ze stránek astronomického ústavu, na které můžeme vidět poměrně značné světelné znečištění. Pevně okolo velkých měst lze vidět až zářející kontrasty. U tří největších měst ČR totiž dosahují poměry přírodní a uměle osvětlené noční oblohy až zhruba dvacetinásobku.



Obrázek 2.7 – Mapa ČR vyjadřující poměry mezi přírodní a uměle osvětlenou oblohou [16]

Další varianta, pomocí které se pracovníci v oblasti astronomie často snaží vyjádřit přívětivost podmínek pro pozorování hvězd, je tzv. „Hvězdná velikost“, nazývaná také zdánlivá magnituda nebo zdánlivá hvězdná velikost, jejichž symbolem je „mag“ nebo „m“.

Tato fotometrická veličina, používaná hlavně v astronomii, v podstatě udává jasnost objektu na obloze. Hodnoty, kterých nabývá, udávají zdánlivou (subjektivní) nebo přístrojem detekovanou jasnost hvězdy. Jedná se o logaritmickou jednotku, kde magnituda značí jasnost hvězdy. Je možné definovat rozdíl hvězdných velikostí dvou hvězd, a to pomocí tzv. Pogsonovy rovnice:

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log_{10}(I_1/I_2) \quad (-) \text{ (r. 6)}$$

kde hodnoty I_1 a I_2 představují hustoty světelného toku, který dopadá na lidské oko nebo čidlo přístroje ze dvou srovnávaných objektů na obloze.

Hvězdná velikost m libovolně zvolené hvězdy je pak rovna:

$$m = -2,5 \log_{10}(I/I_0),$$

kde I_0 je hustota světelného toku hvězdy, které byla přidělena (dohodou) hvězdná velikost $m = 0$. Pro lepší pochopení následuje graf zobrazující souhvězdí Orion při různých světelných podmínkách noční oblohy. [22]



Obrázek 2.8 – Souhvězdí Orion při různých světelných podmínkách [17] [22]

3. Zatřídění kritických oblastí do environmentálních zón z pohledu měst a obcí

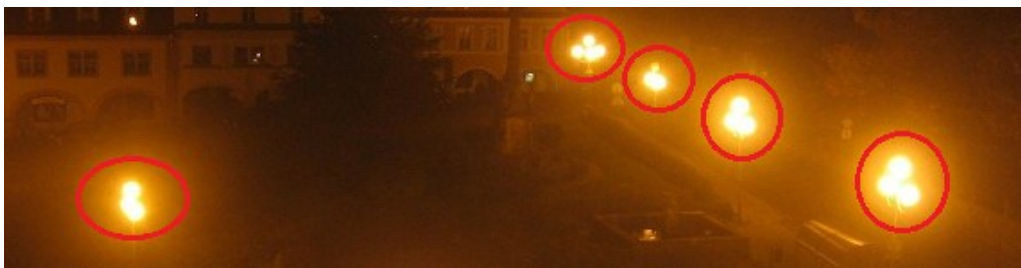
3.1. Problematika veřejného osvětlení

Ve městech a obcích je veřejné osvětlení instalováno za účelem osvětlit silnice, určitá prostranství nebo významné objekty. Také v otázce veřejného osvětlení je problém v tom, že mnohdy podstatná část světelného toku dopadá do míst, která nemusí být osvětlená, nebo dokonce být nemají. Je možné setkat se s nepříjemnými situacemi, kdy by se mělo svítit výlučně na silnice, ale svítí se také do oken obyvatel přilehlých domů. Dalším příkladem může být kostel nasvícený zespona, kde převážná část svítí na oblohu, a mnoho dalších podobných situací.

Chyby začínají už u samotného výběru svítidel. Často se stává, že je použito parametrově nevhodné zařízení, které má nevyhovující křivku svítivosti a zbytečně velký výkon. Dalším případem jsou svítidla instalována v minulosti, která mají velkou spotřebu a malou účinnost. Tzv. časování veřejných osvětlení je jeden ze způsobů, jak ušetřit finance a zároveň zlepšit světelné poměry v noci. V současnosti totiž bývá často svíceno také v pozdních nočních hodinách, ba dokonce i během celé noci, kdy už po ulicích dávno nikdo nechodí. Všechny tyto aspekty vedou ke zbytečnému mrhání elektrickou energií a samozřejmě také nemalých financí v případě veřejného osvětlení. Tyto mnohdy zbytečně prosvícené obecní finance by určitě našly mnohem užitečnější využití pro spokojenost občanů.

V současnosti veřejné osvětlení v České republice disponuje s více než 1,3 miliony provozovanými světelnými zdroji. Celková roční spotřeba elektrická energie veřejného osvětlení se pohybuje kolem závratných 700 GWh za rok. Při současných cenách tarifů pro veřejné osvětlení jsou přibližné roční náklady na veřejné osvětlení v České republice ve výši 2 miliardy korun. Tento stav se však mění velmi pomalu, jelikož mnoho obcí nemá podrobný přehled o stavu svého veřejného osvětlení. Nutná údržba se mnohdy provádí nedostačujícím způsobem, a to i přesto, že velká část veřejného osvětlení je zastaralá, někdy i za hranici své životnosti. Zdařilou přestavbou systému VO se přitom dnes dá ušetřit přes polovinu provozních nákladů. [5] [19]

Zarážející je fakt, že v mnoha případech jsou svítidla pro VO volena primárně podle svého vzhledu bez přihlédnutí na to, zda jsou pro aplikaci v dané lokalitě vhodná či nikoliv. Této skutečnosti přispívají vekou mírou architekti a projektanti svou neznalostí dané problematiky rušivého světla. Samozřejmě svůj podíl na celé situaci mají už samotní obchodníci a dodavatelé světelné techniky, kteří se za každou cenu snaží prodat svůj produkt. Klasickou ukázkou je možné vidět na následujícím obrázku, kde jsou použity svítidla kulovitěho tvaru, která jsou stále velmi oblíbená, avšak zcela nevhodná. Svítidla kulovitěho tvaru jsou známá svou velmi špatnou směrovostí světla. Vyzařované světlo tak bez jakéhokoliv užítu uniká mimo osvětlovanou plochu. Až 50% směřuje zbytečně do horního poloprostoru, přímo do nebe. Osvětlení tohoto typu je velmi nevhodné a zároveň je i exemplárním případem zdroje světelného znečištění. [19]



Obrázek 3.1 – Ukázka špatně zvolených svítidel [7]

Velkých finančních úspor a souběžného zlepšení noční oblohy je možné dosáhnout díky regulaci osvětlení v průběhu noci. Hustota provozu není během celého dne stejná, a proto není potřeba během nocí osvětlovat silnice stejnou intenzitou jako během podvečerní dopravní špičky.

Je možné se však setkat i s opačným extrémem ve snaze obcí ušetřit. Dochází totiž ke kompletnímu vypínání veřejného osvětlení na noc. Tuto variantu lze však kvůli bezpečnosti doporučit pouze v místech, kde by tím nedošlo k ohrožení bezpečnosti, ať už chodců či řidičů. V převážné části případů však pro udržení rovnováhy mezi úsporou energie a udržení bezpečnosti postačuje ztlumení osvětlení. Odpovídající technická řešení k dispozici jsou, a to i ve velmi dobré dostupnosti. [8] [5]

3.2. Možnosti řešení veřejného osvětlení

Jak již bylo naznačeno, vhodná volba svítidla může omezit vliv rušivého světla na okolí, aniž by například snížila bezpečnost či komfort na pozemních komunikacích či v pěších zónách. Jako ukázkou lze z velké škály svítidel určených pro osvětlování pozemních komunikací zmínit například svítidla Siteco řady ST, která splňují podmínky pro dostatečné osvětlení pozemních komunikací, a zároveň je u nich minimální ULR, které činí 0,4%. Tento minimální únik světelného toku do horního poloprostoru má za následek lepší využití světla vyzářeného přímo na pozemní komunikaci, z čehož vyplývá nižší konečný příkon a s tím související nižší spotřeba elektrické energie. Lepší parametry se zároveň nižší spotřebou jsou přece ideální kombinací.



Obrázek 3.2 – Svítidlo Siteco ST [7] [20]

Zajímavé porovnání lze provést u dvou totožných svítidel typu SR 50, které se od sebe liší pouze a jen typem spodního krytu svítidla. Zatímco typ SR 50, u kterého je použito ploché sklo, má účinnost 65,5 %, tak stejný typ svítidla od stejného výrobce, dokonce s totožně nastavenou optikou, je schopno

dosáhnout účinnosti 78,3 %, a to pouze díky výměně plochého skla za sklo vypouklé. Přitom i u těchto typů je hodnota ULR 0,41 %, což je opět výborná hodnota z hlediska omezení rušivého světla.

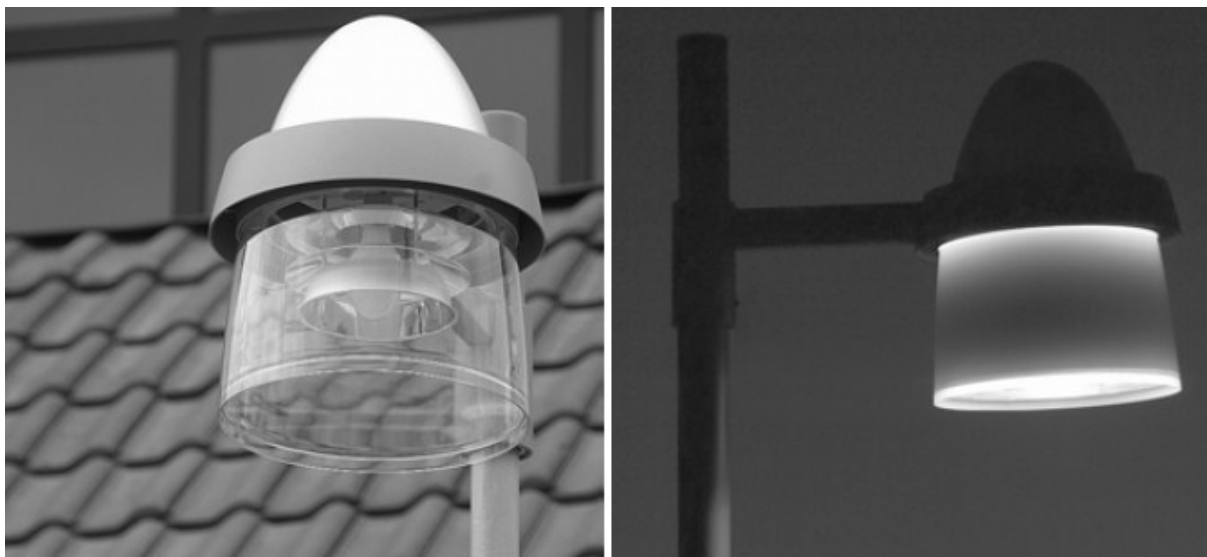
Za zmínku také stojí úvaha, co by tato „banální“ výměna mohla přinést za úspory. První variantu svítidla s plochým sklem lze rozmístit za předpokladu dodržení požadavků na osvětlení pro běžnou komunikaci v intervalech 28,5 metrů. Účinnější variantě téhož svítidla by stačily intervaly 33 metrů. Na první pohled se tento rozdíl nemusí jevit jako zásadní, ale na kilometru již dostáváme rozdíl pěti svítidel. Při představě města o desítkách kilometrových ulic se už tedy dá hovořit o velmi značných úsporách. [7] [20]



Obrázek 3.3 – Svítidlo Siteco SR 50 [20]

Dalších zlepšujících úprav veřejného osvětlení můžeme dosáhnout různými typy clon. Důležité je zmínit, že clonění svítidel veřejného osvětlení je možné provést pouze clonami, které jsou homologované. Je vyloučeno, aby docházelo k nějakým dodatečným úpravám, jako je například přidávání plechových clon, polepení či nabarvení difuzoru nebo v krajních případech jeho úplným odstraněním. Jakoukoliv z těchto úprav se na svítidlo přestává vztahovat prohlášení o shodě, bez které jej není možné na veřejných místech používat.

Svítidlo s vnitřní homologovanou clonou osvětluje komunikaci včetně okolí. To je velmi často požadováno v okolicích parků a v centrech měst. V případech, kdy je světlo unikající do okolí nežádoucí, je možné využít speciálního difuzoru, který omezuje ULR na hodnoty pod 1%. Příkladem může být svítidlo Siteco DL 800 na následujícím obrázku 3.4. [7] [8] [20]



Obrázek 3.4 – Svítidlo Siteco DL 800 [7] [20]

3.3. Problematika architektonického osvětlování

Velký počet měst a obcí také používá tzv. architektonické osvětlení k nasvícení významných objektů na svých územích. Bohužel i zde dochází velmi často ke zbytečnému vzniku rušivého světla, který je zapříčiněn chybným výběrem svítidel a jejich špatným nasměrováním. Velmi často je možné setkat se s případy, kdy převážná část světla zcela míjí svůj cíl a je vyzařována do širokého okolí. Tato pochybení bývají často kompenzována předimenzováním intenzity osvětlení.

V posledních letech kvůli úsporám, a doufejme, že také pro zlepšení nočního prostředí, přistupují ke zhasínání dekorativního osvětlení v nočních hodinách také velké metropole včetně Prahy, kde je například osvětlení Pražského hradu vypínáno denně v 1:00 h ráno, aniž by tím cokoliv ztratil na své atraktivitě. [7]



Obrázek 3.5 – Ukázka špatné směrovosti dekorativních svítidel [19]

3.4. Problematika komerčního osvětlování

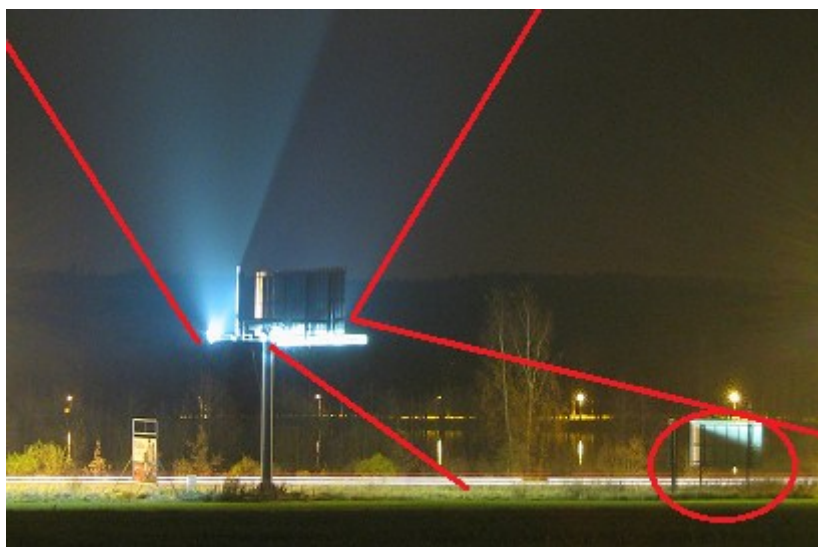
Problematika vzniku rušivého světla zdaleka nesouvisí pouze s veřejným a architektonickým osvětlením. Komerční osvětlování je na tom v mnoha ohledech podobně, jelikož k chybám dochází také při osvětlování billboardů a reklamních log. Především u velkých obchodních center je potenciální náprava relativně snadně dosažitelná, a to pouhým vypínáním nasvětlených venkovních ploch a reklamních bannerů v noci, právě když jsou tyto objekty zavřené.

Tyto soukromé subjekty se už začaly v těchto věcech chovat mnohem ekonomičtěji než obce. Jde jim ale pouze o úspory, nikoliv o snahu omezit případné světelné znečištění během noci.

Stále se však můžeme setkat s prázdnými parkovišti či logy obchodních center, jež jsou plně osvětlovány celou noc. Stejně poznatky platí pro velké reklamní billboardy, které jsou rovněž osvětlovány v průběhu noci. Přitom počet lidí, které v tomto čase osloví, je zanedbatelný. Nezávisle na počtu oslovených lidí však stále způsobuje stejně velké světelné znečištění. [3] [4] [6]

Následující obrázek 3.6 je názornou ukázkou, že negativních důsledků rušivého světla může nastat hned několik najednou. Je zde viditelný značný únik světla do horního poloprostoru, čímž je narušena přírodní noční obloha. A proto by mělo být vyloučeno využití takových reklamních ploch všude mimo nejbenevolentnější environmentální zóny E4.

Především je však v tomto případě potřeba uvědomit si značné bezpečnostní riziko zapříčiněné špatným směřováním svítidel. Silnice je nepříjemně oslňována, což lze vidět i na vzdálenějším billboardu, který je osvětlením rovněž zasažen. Špatné nasměrování v těchto případech může způsobit nepříjemné oslnění projíždějících řidičů a mít za následek dopravní neštěstí. [9] [10] [19]



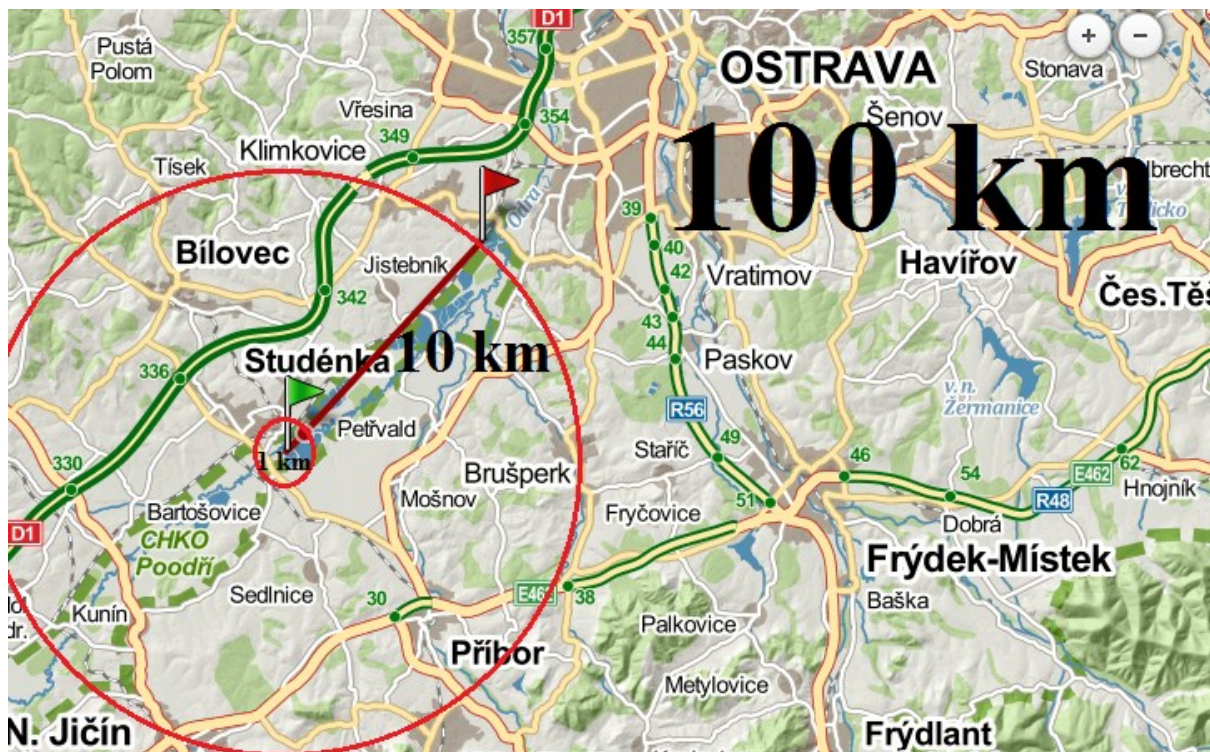
Obrázek 3.6 – Světelné znečištění reklamním billboardem [19]

4. Posouzení stanovování velikostí jednotlivých environmentálních zón

Dle mého názoru jde od stanovování velikostí jednotlivých environmentálních zón až po konečné zatřídění určitého místa převážně o subjektivní posouzení každého autora.

Při stanovování velikostí environmentálních zón je třeba brát v úvahu opět limity nastavené normou. Jak již bylo zmíněno v kapitole druhé, norma udává vzdálenosti hranic vůči vztažnému bodu na 1, 10 a 100 km, bráno od E1 po E4. Je třeba racionálně se zamyslet, zda je v dnešní vyspělé době vůbec reálné tyto hodnoty vždy dodržet. V mnoha místech ČR to reálné není, což lze názorně ukázat na zkoumaném městě Studénka.

Podle těchto požadavků nastává komplikace v podobě právě definovaných minimálních délek hranice v těchto místech. Na následujícím obrázku 4.1 jsou vyobrazeny dvě pomyslné minimální hranice. Při definování vztažného bodu, který v tomto zkoumání představuje průmyslová zóna ve Studénce, je z následujícího obrázku patrné, kam až pomyslné hranice zón zasahují.



Obrázek 4.1 – Rozložení hranic mezi environmentálními zónami [21]

Komplikace zde nastávají již u první, nejpřísnější hranice v okolí 1 km od referenčního bodu. V této vzdálenosti už totiž narazíme na CHKO Poodří, podle čehož by osvětlení této průmyslové zóny muselo splňovat nejpřísnější kritéria dle příslušné normy. Podle předepsaných vzdáleností je to však jediná odpovídající možnost.

V případě, že by autorem byla průmyslové zóně přiřazena environmentální zóna EZ 3, CHKO by měla být od tohoto bodu dle normy nejméně 11 km, čili součet mezních vzdáleností E1-E3. V tomto konkrétním případě je jasné vidět, že tato možnost není přípustná. Nastává tedy otázka, zda by nebylo nejvhodnějším řešením pro spokojenost všech stran zaměřit se na případné zařazení lokality do environmentální zóny EZ 2 s tím faktem, že by se jednalo o zařazení s jistými ústupky v podobě zkrácení předepsaných délek jednotlivých hranic.

V následující kapitole je bráno v úvahu zohlednění veškerých aspektů, po kterých je teprve možné dojít ke konečnému rozhodnutí.

Případem města Studénka, který určitě není a nebude ojedinělý, se dostáváme k otázce, do jaké míry je reálné přesné dodržování těchto normou předepsaných vzdáleností a do jaké míry by bylo užitečné a výhodné být v určité míře benevolentní pro případné a nutné ústupky.

Dle mého názoru by do budoucna neměly být definovány pouze hodnoty délek hranic, jejichž dodržování je v určitých oblastech nerealizovatelné, ale měla by se řešit také otázka jisté benevolentnosti. Případné ústupky určitých vzdálenostních intervalů by umožňovaly, aby bylo možné osvětlovací systavy budovat i ve specifitějších lokalitách.

Samozřejmostí však musí být důkladná projektová činnost, díky které bude zaručena instalace odpovídajících svítidel, která budou schopna plnit přísné podmínky, čímž vykompenzují případné vzdálenostní ústupky.

5. Návrh zatřídění města Studénky do environmentálních zón

5.1. Problematika zatřídění z pohledu autora práce

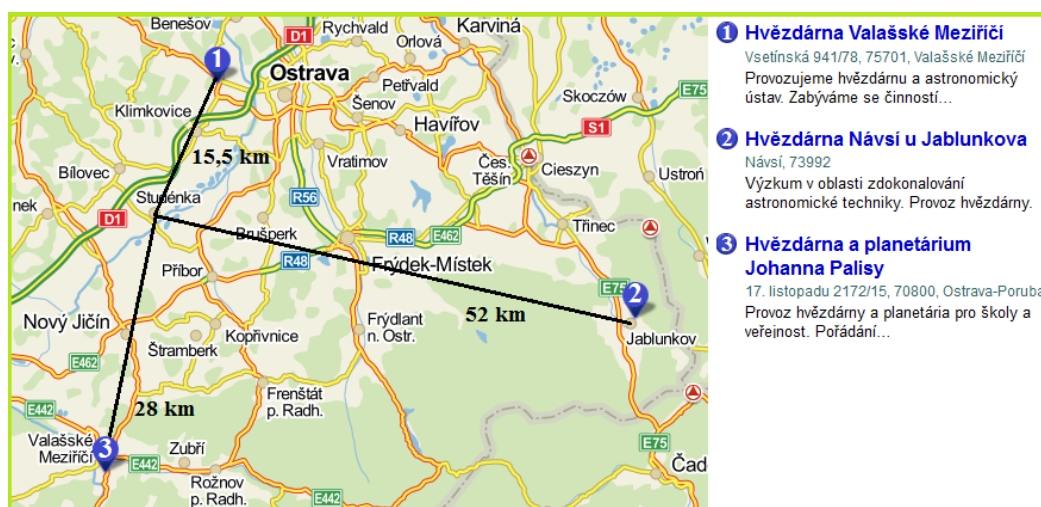
Jak již bylo nastíněno v předchozí kapitole, zatřídění do environmentálních zón z pohledu rušivého světla je věc relativně nová, jsou zde určité situace, při kterých tento proces není zcela jasný. Nastávají komplikace s dodržováním správných rozestupů hranic jednotlivých environmentálních zón. Největší problémy by se daly očekávat při pokusu zatřídít nějakou již stávající lokalitu. Tady by v mnoha případech mohla nastat situace, kdy by centrum města nesplňovalo požadavky vůči nedaleké CHKO či observatoři.

V takových situacích nedodržení určených limitů by nebylo reálné v okamžiku přestavět osvětlovací soustavu města tak, aby limity splňovala. Proto je důležité přesné limitní hodnoty dodržovat zejména u nových výstaveb osvětlovacích soustav správným návrhem a následnou realizací, čemuž musí předcházet včasné zatřídění do příslušné environmentální zóny. Z tohoto hlediska je současným městům dobré určovat příslušné environmentální zóny pro nově plánované stavby. Při zařazování určité lokality

do environmentální zóny je důležité brát v potaz veškeré faktory, které pro začlenění dané oblasti mají význam. Hovoříme především o vzdálenostech vůči problémovým objektům, jako jsou hvězdárny, CHKO a obytné zóny, i když to vždy není snadné. Od těchto stanovení se následně odvíjí rozsah volené environmentální zóny.

5.2. Studénka – hvězdárny

Při zaměření na město Studénka v souvislosti s hvězdárnami přichází v úvahu tři objekty vyznačené na následující mapě, které by světelnými zdroji ve Studénce mohly být ovlivňovány. Jedná se o hvězdárny ve Valašském Meziříčí, Návsi u Jablunkova a především o tu nejbližší - Johanna Palisy v Ostravě-Porubě. Z hlediska negativního vlivu případného rušivého světla na chod hvězdárny, je potřeba zaměřit se na tu nejbližší, kterou je v tomto případě hvězdárna Johanna Palisy v Ostravě-Porubě. Ta je od města Studénky vzdálená pouze 15 km. Druhou nejbližší je hvězdárna ve Valašském Meziříčí, která už je však vzdálená 28 km, čili při přiřazování environmentální zóny městu Studénka bude hrát méně významnou roli. Znázorněná hvězdárna u Jablunkova se nachází ve vzdálenosti 52 km, a proto na ni není potřeba brát zřetel. Podle vzdálenosti hvězdáren od Studénky tedy postačuje Studénce přiřazení mírnější environmentální zóna E3.



Obrázek 5.1 – Hvězdárny v okolí města Studénky [21]

5.3. Studénka – přilehlé obydlené oblasti

Z hlediska sousedících měst a obcí jsou nejbližší Studénky obec Albrechtičky, která je vzdálená 3,3 km. Dále pak Pustějov vzdálený 4 km a Bílovec, který je od Studénky vzdálený něco málo přes 6 km. Z hlediska přilehlých obydlených lokalit je tedy možné Studénce přiřadit environmentální zónu E2. Nejbližší velká města s centry spadajícími do environmentální zóny E4 jsou Nový Jičín a Ostrava, která jsou od Studénky vzdálená přes 20 km.



Obrázek 5.2 – Přilehlé obydlené oblasti [21]

5.4. Studénka – CHKO Poodří

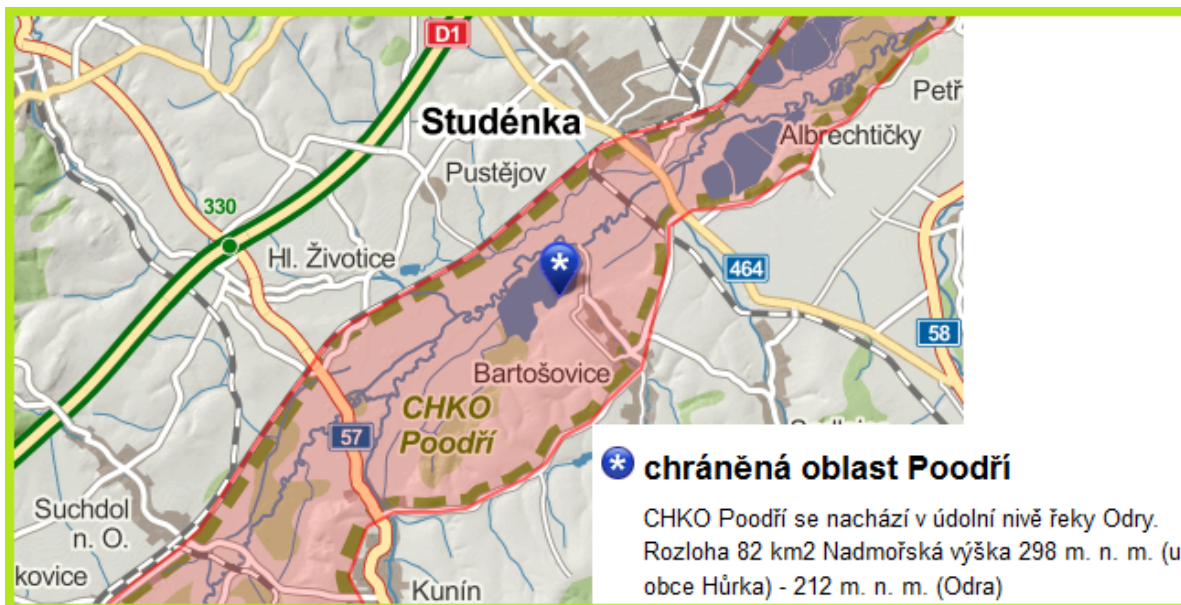
5.4.1. Problematika přilehlé CHKO Poodří

Při bližším zaměření na město Studénka lze zjistit, že je z hlediska environmentálních zón velmi zajímavě situováno. V blízkosti města je totiž hned několik míst silně ovlivňujících konečné zařídění tohoto města do příslušné environmentální zóny.

Studénka je, dá se říci, totiž z jedné strany obklopena až ohraničena CHKO Poodří, čili oblastí s přidělenou nejpřísnější environmentální zónou E1. Jedná se o názornou ukázkou situace, ve které nejde moc dobře dodržet předepsané vzdálenosti hranic jednotlivých environmentálních zón. Jelikož je CHKO Poodří řazena do nejpřísnější environmentální zóny E1, znamená to, že by Studénka podle polohy měla být zaříděna maximálně do environmentální zóny E2, v závislosti ke které městské části by se zařídění provádělo.

Samozřejmě, že CHKO Poodří neohraničuje Studénku celou, jak je patrné z následujícího obrázku 5.3. Nicméně je zrovna v blízkosti části města, která může být z pohledu rušivého světla nejproblémovější. Dá se říci, že pomyslnou hranicí mezi samotným městem a CHKO Poodří tvoří železniční koridor z Ostravy. Samotné nádraží prošlo v minulých letech rozsáhlou rekonstrukcí, po které odpovídá veškerým standardům a požadavkům souvisejících s rušivým světlem.

Dalšími místy, která jsou později detailněji rozebrána, jelikož jsou potenciálními zdroji rušivého světla, jsou průmyslová zóna Vagónka, dále náměstí s veřejným osvětlením a fotbalový stadion, který je hlavním tématem této praktické části.



Obrázek 5.3 – CHKO v okolí města Studénky [21]

Všechna zmíněná místa jsou do kilometru od CHKO Poodří. To podle normy znamená přísné požadavky a zařazení do environmentální zóny E1. Hlavní omezení je třeba dodržet především u úniku světelného toku do horního poloprostoru, který pro environmentální zónu E1 musí být nulový. Otázkou je, zda se správnou instalací a správným výběrem světelných zdrojů dá této hodnoty dosáhnout i v městských lokalitách, nebo je nutno volit mírné ústupky.



Obrázek 5.4 – Diskutované body města Studénky [21]

5.4.2. Studénka – průmyslová zóna

Průmyslová zóna Vagónka města Studénky se nachází přibližně 220 m od hranice s CHKO Poodří a 926 m od jejího středu. Dle obou těchto vzdáleností by měla být průmyslová zóna zařazena do environmentální zóny E1, což je v současnosti nemyslitelné. V této nejstriktnější zóně, kde je nulová

tolerance ULR, si lze jen těžko představit průmyslovou zónu s přilehlou obytnou zástavbou včetně zastaralého veřejného osvětlení. Jedná se o názorný případ, kdy není zcela reálné dodržovat dané vzdálenosti hranic mezi jednotlivými EZ, ale je nutno zvolit jinak. Proto je z hlediska průmyslové zástavby nejrozumnější uvažovat přiřazení environmentální zóny E2.

Je třeba vzít v úvahu fakt, že města jsou řazena většinou do environmentálních zón E3-E4 kvůli velkému úniku světla do horního poloprostoru. V případě Studénky je tedy řeč o poměrně těžkém úkolu z hlediska návrhu osvětlovací soustavy, volby správných svítidel a především jejich přesného nasměrování.



Obrázek 5.5 – Průmyslová zóna Studénka [21]

5.4.3. Studénka – centrum města

Pokud by bylo bráno jako vztyčný bod k posuzování hranic environmentálních zón náměstí města Studénky, tak by ani v tomto případě nedošlo k odlišnému výsledku. Vzdálenost mezi náměstím města a hranice s CHKO Poodří je dle následujícího obrázku 5.4 1066 m. Pokud by byla brána v úvahu vzdálenost od náměstí až do středu CHKO Poodří, tak se moc nezmění, jelikož se dostáváme na hodnotu 1839 m. Dle těchto kritérií nelze pro Studénku volit zase jinak než environmentální zónu E2.



Obrázek 5.6 – Náměstí ve Studénce vůči CHKO Poodří [21]

5.5. Vyhodnocení zařídění města Studénky do EZ

Došlo k podrobnému rozboru jednotlivých kritických oblastí města Studénky v otázce zařídění celého města do některé z environmentálních zón. Z jednotlivých poznatků pro správné zařídění je

patrné, že největší vliv na konečnou volbu EZ má přilehlá CHKO Poodří. Právě díky ní dochází k velmi zajímavé situaci, kdy by měl být průmyslový okraj města správně řazen do environmentální zóny E1.

Při pohledu na ostatní srovnávací objekty, kterými v tomto případě byly okolní obydlené oblasti a observatoře, už takto přísné podmínky nebyly nutné kvůli větším vzdálenostem. Při přihlédnutí k významu všech objektů nebylo pro město Studénka možné zvolit environmentální zónu E1.

Hlavní argumenty pro přiřazení zóny E2 městu Studénky:

- Chráněná území se nacházejí v oblasti do 1 km od Města Studénky → E1.
- Nejbližší hvězdárny vzdálené více než 10 km nemají vliv na stanovení zóny pro město Studénka → E3.
- Obce vzdálené více než 1 km dovolují Studénce stanovení environmentální zóny → E2.

Tabulka 5.1 – Zatřídění města Studénky

město Studénka		navržená zóna
Hvězdárny	Valašské Meziříčí	28 km
	Návsí u Jablunkova	52 km
	Ostrava-Poruba	15,5 km
CHKO	Poodří	0,5 km
Obydlená zóna	Albrechtický	3,3 km
	Pustějov	4 km
	Bilovec	6 km
	Ostrava	20 km

E2

Rozhodnutím zatřídít město Studénka do environmentální zóny E2 je nutno řídit se při následném návrhu osvětlení fotbalového stadionu, při kterém se musí dbát hodnot světelných parametrů uvedených v normě pro příslušnou environmentální zónu E2.

6. Osvětlení fotbalového stadionu z pohledu environmentálních zón

6.1. Požadavky na osvětlování sportovišť

Požadavky na osvětlování sportovišť, ať už vnitřních či venkovních, jsou definovány v normě ČSN EN 12193. V praktické pasáži této práce je potřeba zaměřit se na hodnoty určené pro venkovní fotbalový stadion. Norma udává tři základní třídy dělení podle typu využití daného stadionu.

Nejnáročnější požadavky první třídy musí splňovat stadiony, na kterých se odehrávají mezinárodní utkání či zápasy národních soutěží. V souvislosti s tímto musí požadavky splňovat fotbalové stadiony, na kterých dochází k pořizování televizních přenosů, aby bylo dosaženo odpovídající kvality.

Do druhé třídy, ve které jsou požadavky na osvětlovací soustavu mírnější než u třídy první, jsou řazeny fotbalové stadiony nižších národních soutěží. Požadavky mohou být mírnější, jelikož se u těchto soutěží nepočítá s pravidelnými televizními přenosy. Neznamená to však, že by nastavené hodnoty pro druhou třídu jakkoliv snižovaly kvalitu vnímání a orientaci hráčů na hřišti či přihlížejících diváků.

Poslední třetí třída, kterou nám udává norma ČSN EN 12193, je aplikována na fotbalové stadiony, na kterých se odehrávají zápasy okresních přeborů nebo slouží pouze pro tréninkové účely. Minimální dané parametry této třídy vystačí pro dobrou orientaci na hřišti, nelze už však počítat s dobrou viditelností pro diváky z větší vzdálenosti a zcela nevyhovuje pro případné televizní vysílání.

Základními parametry udávanými v normě ČSN EN 12193, které je nezbytné dodržet, jsou v rámci vodorovné osvětlenosti hodnoty \bar{E}_M (udržovací osvětlenost) a hodnota $\frac{E_{MIN}}{\bar{E}_M}$ (rovnoměrnost osvětlení). Dále pak ještě R_a (barevné podání) a GR (činitel oslnění).

Pro správný postup při výpočtu je velmi důležité brát v potaz normou dané rozměry PA (hlavní plocha) a TA (celková plocha). Pod pojmem PA se myslí výhradně hrací plocha fotbalového stadionu, která je vyznačena pomezními čarami. Norma však správně počítá s tím, že nestačí mít osvětlenou výhradně jen tuto plochu, ale je potřeba brát v potaz ještě okolní bezpečnostní prostor. Rozměry tohoto bezpečnostního prostoru kolem hlavní hrací plochy norma definuje a součet jeho rozlohy a rozlohy hlavní hrací plochy nám udává výslednou celkovou plochu TA.

V následující tabulce 6.1, která je součástí normy ČSN EN 12193, jsou uvedeny hodnoty pro všechny výše zmíněné parametry, a to i v závislosti na třídě, do které dané sportoviště spadá.

Tabulka 6.1 – Norma ČSN EN 12193 (osvětlování sportovišť) [2]

Venku		Srovnávací plocha		Počet bodů sítě	
		délka (m)	šířka (m)	délka	šířka
Americký fotbal	PA:	110 až 117,5	55	21	9 až 11
Basketbal	PA:	28	15	13	7
	TA:	32	19	15	9
Fistbal	PA:	50	20	17	7
	TA:	66	32	17	9
Florbal PA:	PA:	40	20	15	7
	TA:	43	22	15	7
Fotbal	PA:	100 až 110	64 až 75	19 až 21	13 až 15
	TA:	108 až 118	72 až 83	21	13 až 15
Tug of War		–	–	–	13 až 15
Házená	PA:	40	20	15	7
	TA:	44	27,5	15	9
Netbal PA:	PA:	30,5	15,3	13	7
	TA:	37,5	22,5	15	9
Rugby	PA:	144	69	23	11
	TA:	154	79	23	11
Volejbal	PA:	24 (viz POZNÁMKA)	15	13 (viz POZNÁMKA)	9
Plážový volejbal					
Třída	Vodorovná osvětlenost		GR	R_a	
	\bar{E}_m (lx)	E_{min}/\bar{E}_m			
I	500	0,7	50	60	
II	200	0,6	50	60	
III	75	0,5	55	20	

POZNÁMKA Pro třídu I mezinárodní soutěže vrcholné úrovně opravňují k ploše 34 m × 19 m pro hlavní plochu (PA). Odpovídající počet bodů sítě potom je 15 × 9.

Jak je uvedeno v normě, bezpečnostní prostor mimo hlavní hrací plochu je vždy na délku i na šířku minimálně 8 m. Zelenou barvou jsou v tabulce 6.1 vyznačeny hodnoty parametrů, podle kterých bylo postupováno při návrhu osvětlení fotbalového stadionu ve Studénce.

6.2. Možnosti konstrukce osvětlování fotbalových hřišť

6.2.1. Základní informace

Podle typu třídy, do které fotbalový stadion dle normy patří, se odvíjí výběr vhodných svítidel a samotná konstrukce. Tato otázka musela být řešena také v této diplomové práci. Obecně platí, že nejrozšířenějšími světelnými zdroji pro osvětlování venkovních sportovišť jsou halogenidové výbojky s příkonem (150 – 2000 W).

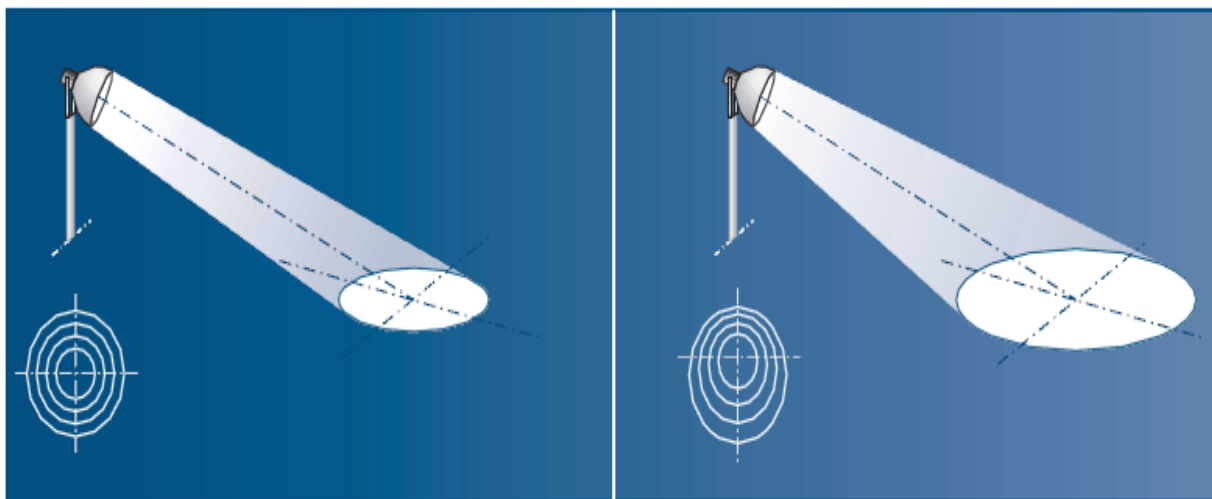
Důležitým faktorem u stadionů s mezinárodním významem, kde se uskutečňují televizní přenosy a nebyl doposud zmíněn, je například světelná modulace. Modulace je schopnost daného osvětlení vystihnout formy a struktury objektů na hřišti. To je důležité převážně pro dobré vnímání hráčů, míče a dalších prvků na hřišti. Účinnost je závislá na nasměrování samotných svítidel, na jejich typu a samozřejmě také počtu. Je rozlišováno tzv. modelování „tvrdé“, které vzniká díky hloubkovým stínům při použití světlometů s úzkým a jednoduchým paprskem, a modelování „měkké“, které vzniká při osvětlování bez stínů. Ideálním řešením je kompromis, jelikož žádný z těchto dvou extrémů není pro sportoviště vhodný. Při návrhu fotbalového stadionu ve Studénce nebylo s televizními přenosy počítáno.

6.2.2. Světlomety

Výběr vhodných světlometů byl v této práci zásadní. Světlomety jsou obecně klasifikovány podle rozložení světla.

Prvním významným typem, pomocí kterého byl vytvořen jeden z návrhů, jsou světlomety kruhového typu. K osvětlování sportovišť jsou využívány především dva typy kruhových světlometů a to:

- a) Se symetrickým paprskem kuželovitého tvaru. Mohou mít úzký nebo široký paprsek.
- b) S mírně asymetrickým paprskem na svislé rovině. Tento paprsek může být úzký, střední, široký i velmi široký.



Obrázek 6.1 – Kruhové světlomety (symetrický a nesymetrický) [28]

Dalšími významnými typy světlometů, jež se využívají při osvětlování sportovišť a ze kterých byl zvolen zástupce pro druhý návrh osvětlení pro tuto práci, jsou světlometry obdélníkového typu. U tohoto typu se nejčastěji setkáváme s variantami:

- a) S asymetrickým vyzařováním světla do horizontální i vertikální roviny. Zde je paprsek na vodorovné rovině široký, zatímco na svislé rovině může být i úzký.
- b) Se symetrickým rozložením světla na vodorovné rovině a asymetrickým rozložením světla na rovině svislé.



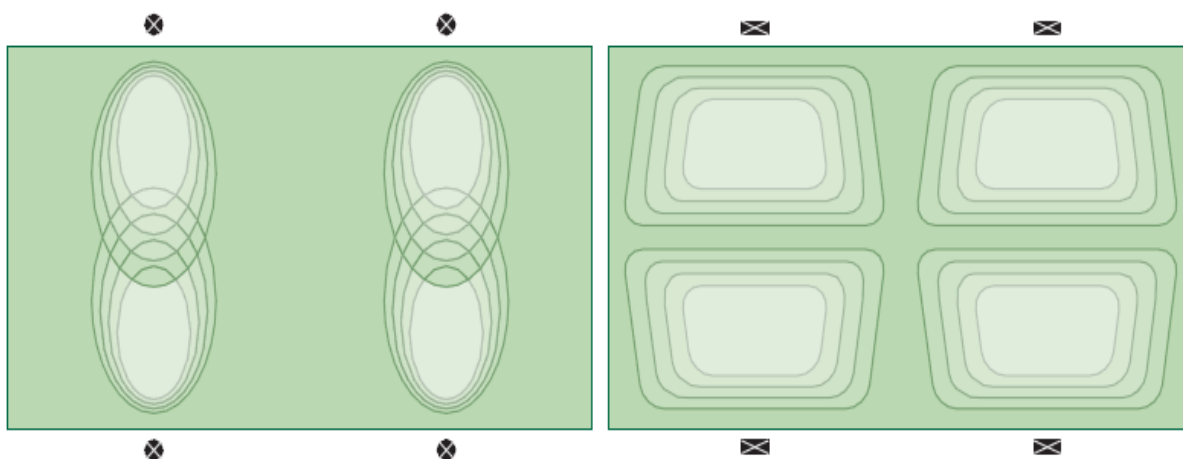
Obrázek 6.2 – Světlometry obdélníkového tvaru (varianty a, b) [28]

6.2.3. Rozmístění

Značné rozdíly jsou rovněž při různém umístění kruhových či obdélníkových světlometů. Při rozmístění podél hřiště je vhodnější použít obdélníkových světlometů, jelikož dochází k mnohem rovnoměrnějšímu rozložení světelného toku.

Světlometry kruhového typu v tomto případě sice pokrývají určitý pás hřiště s vyšší intenzitou, ale vznikají tím místa se zcela nedostatečnou intenzitou osvětlenosti, a tím pádem dochází i k rapidnímu poklesu celkové rovnoměrnosti osvětlenosti celé hrací plochy.

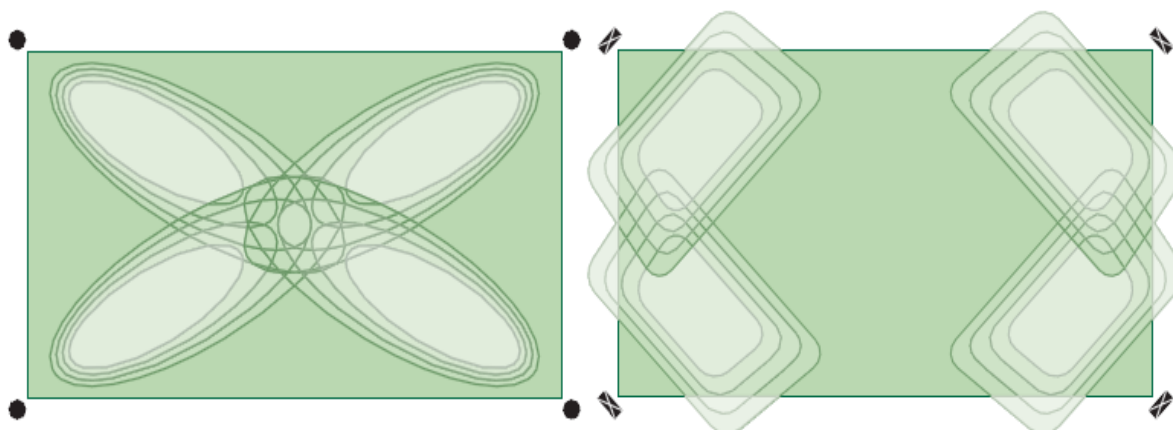
Pro tento způsob rozmístění byl v této práci tedy zvolen obdélníkový typ světlometů pro lepší rozložení osvětlenosti.



Obrázek 6.3 – Ukázka rozmístění světlometů podél hřiště [28]

Zcela opačná situace však platí při rozmístění světlometů v rozích fotbalového stadionu. Pro tuto variantu jsou vhodnější světlometry kruhového typu, díky kterým v tomto případě dochází k jednoznačně lepšímu a rovnoměrnějšímu pokrytí celé hrací plochy.

Podle těchto skutečností bylo postupováno ve druhém návrhu této práce a pro rozmístění v rozích hrací plochy byly zvoleny světlometry kruhového typu.



Obrázek 6.4 – Ukázka rozmístění v rozích hřiště [28]

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že při každé volbě vhodných světlometů, světelných zdrojů či pozice, se požadavky odvíjejí od dané situace a řešeného místa. Po samotném výběru vhodných prvků je potřeba na místě doladit detailní nasměrování jednotlivých světlometů.

V tomto ohledu hrálo i v této práci natočení jednotlivých světlometů o každý stupeň svou roli, jelikož při větší výšce stožáru byl konečný rozdíl měřených hodnot na hrací ploše viditelný. Na obrázku 6.4 lze detailně vidět ukázkou nasměrování obdélníkových světlometů na fotbalovém stadionu.



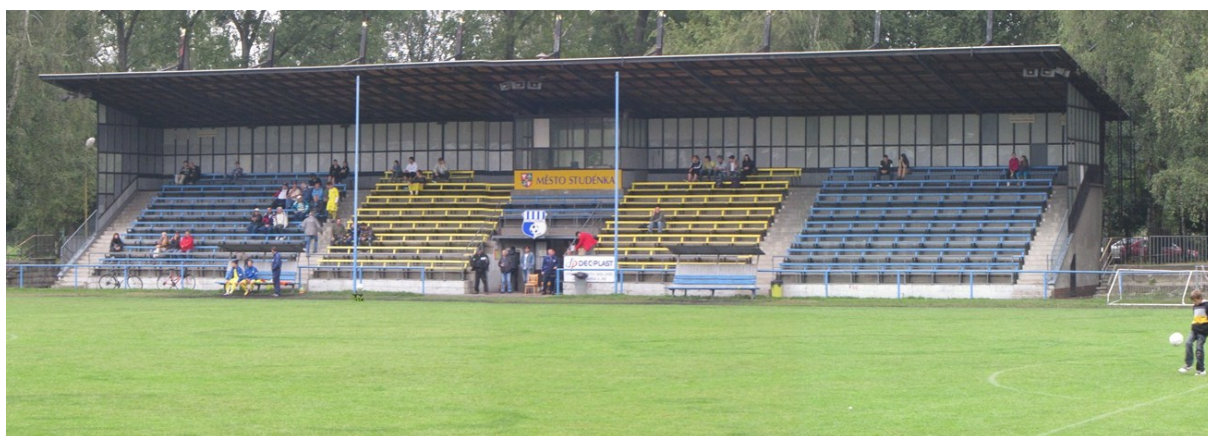
Obrázek 6.5 – Nasměrování světlometů na hřišti v Holicích [27]

6.3. Problematika fotbalového stadionu ve Studénce

Tvorba tohoto projektu pro plánovanou realizaci nové osvětlovací soustavy fotbalového stadionu ve Studénce byla zajímavá hned z několika důvodů. Město Studénka bylo v předchozí pasáži praktické části zařazeno do environmentální zóny E2, což udává poměrně přísné požadavky ohledně návrhu nové osvětlovací soustavy, a to obzvláště u větších objektů, jakým fotbalový stadion bezesporu je.

Zajímavou otázkou také bylo, kterou normu v tuto chvíli vnímat jako primární. Normu ČSN EN 12193, určující pravidla osvětlování venkovních sportovišť, pod kterou návrh fotbalového stadionu samozřejmě spadá, nebo normu ČSN EN 12464-2, která souvisí s požadavky na dodržování limitů s ohledem na environmentální zóny? Samozřejmě, že je nezbytně nutné dodržet obě z těchto norem, ale je skloubení všech těchto požadavků reálné? Pro odpovědi na tyto otázky byly vytvořeny dva typy návrhů v navazujících kapitolách.

Aktuálně se na stadionu ve Studénce hraje Okresní přebor, což pro plánovanou výstavbu osvětlovací soustavy znamená dodržení požadavku III. třídy dle normy ČSN EN 12193.



Obrázek 6.6 – Fotbalový stadion ve Studénce 2013 [26]

V programu Relux byla vytvořena co nejpřesnější studie fotbalového stadionu ve Studénce včetně dodržení všech rozměrů podle dostupné dokumentace pro co nejpřesnější výsledky výpočtů.

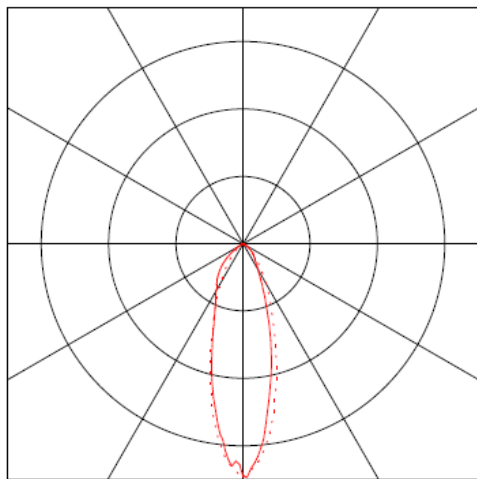


Obrázek 6.7 – Realizace fotbalového stadionu ve Studénce v programu RELUX

6.4. Řešení v programu RELUX se svítidly SATURNO II

První varianta řešení byla provedena pomocí svítidel Saturno II HQI-TS 2000 W DS od společnosti OSRAM. Bližší informace o svítidle níže:

Údaje o svítidle		Osazeno	
Účinnost svítidla	: 73.6%	Počet	: 1
	: ↓ 99.2% ↑ 0.8%	Označení	: 8°
Předřadník	: CONVENTIONAL CONTROL GEAR (CCG)	Výkon	: 2000 W
Celkový příkon systému	: 2000 W	Barva	: -/
Délka	: 520 mm	Světelný tok	: 200000 lm
Šířka	: 360 mm		
Výška	: 580 mm		

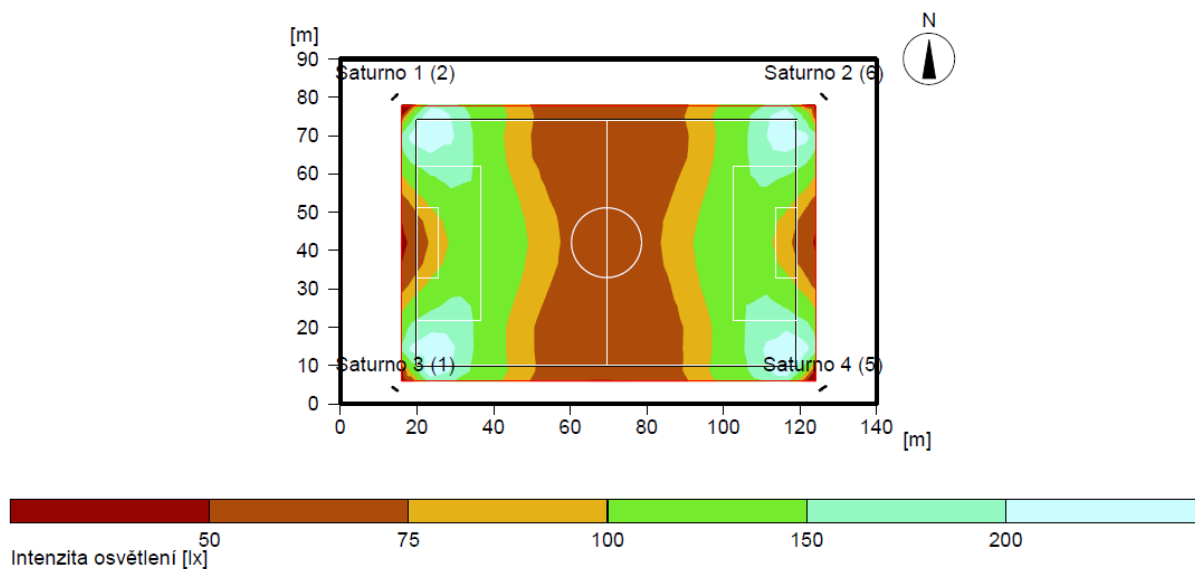


Graf 6.1 – Výstup z programu RELUX (informace o svítidle SATURNO)

Jelikož se jedná o svítidlo kruhového typu, čemuž odpovídá také jeho charakteristika vyzařování, bylo pro tento návrh zvoleno umístění v rozích hrací plochy. V každém rohu je počítáno se 4 svítidly. Dohromady je tedy použito 16 těchto svítidel na stožárech ve výšce 15 metrů.

Byly splněny požadavky na udržovací osvětlenost, její rovnoměrnost a oslnění. Kvůli nutným natočením jednotlivých svítidel však dochází k nadměrným únikům světla do horního poloprostoru, což není v souladu s ohledem na environmentální zóny.

Na následujícím grafu jsou zobrazeny základní vypočtené hodnoty programem RELUX. Kompletní protokol o této simulaci včetně všech hodnot a grafů je součástí přílohy této diplomové práce (soubor s názvem „Příloha_DP_Lazecký.pdf“).



Obecně

Použitý algoritmus výpočtu	Složka přímá
Výška hodnotící plochy	0.01 m
Udržovací činitel	0.70
Celkový světelný tok všech zdrojů	3200000 lm
Celkový výkon	32000 W
Celkový výkon na ploše (12600.00 m ²)	2.54 W/m ²

Intenzity osvětlení

Udržovaná osvětlenost	Em	104 lx
Rovnoměrnost g1	E _{min} /E _m	1:1.88 (0.53)

Graf 6.2 – Výstup z programu RELUX (intenzity osvětlení svítidel SATURNO)

Předchozí výstup z programu RELUX ukazuje uspokojivé výsledky udržovací osvětlenosti a její rovnoměrnosti. Obě tyto naměřené hodnoty vyhovují požadavkům normy z hlediska osvětlení fotbalového stadionu III. třídy.

Co se týče dalšího důležitého měřeného parametru, kterým je oslnění na hřišti, tak i tento požadavek byl při tomto návrhu dodržen. Přesné hodnoty po celé měřené ploše jsou vyobrazeny v příloze. Norma v těchto případech dovoluje maximální hodnotu oslnění 55. Při tomto návrhu byla maximální hodnota oslnění 54 při měření z východní světové strany. Měření bylo uvažováno ve výšce 1,5 m nad zemí.

6.5. Řešení v programu RELUX se svítidly CHAMPION

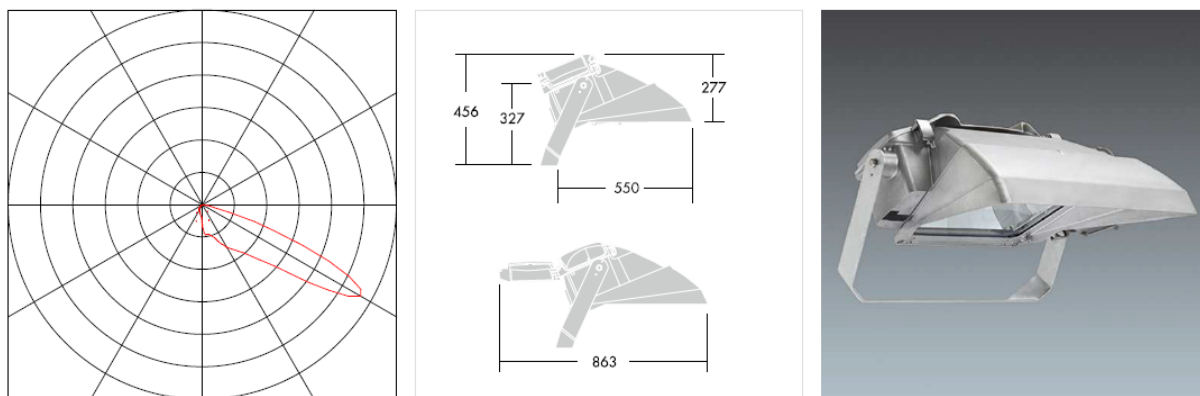
Druhá varianta řešení byla navržena pomocí vhodnějšího typu svítidla pro tento typ stadionu nižší třídy v environmentální zóně E2. Jedná se o svítidla Champion 1kW E40 HST od společnosti Thorn. Bližší informace níže:

Údaje o svítidle

Účinnost svítidla	: 66.8% (A20)
	↓ 100.0% ↑ 0.0%
Předřadník	:
Celkový příkon systému	: 1051 W
Délka	: 598 mm
Šířka	: 720 mm
Výška	: 448 mm

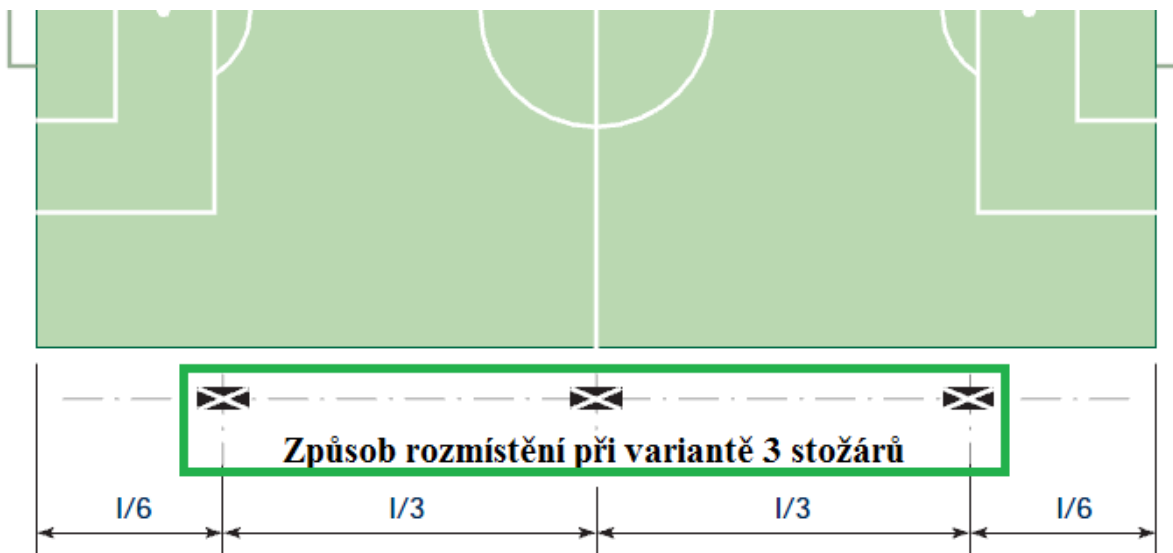
Osazeno

Počet	: 1
Označení	: HST
Výkon	: 1000 W
Barva	:
Světelný tok	: 120000 lm



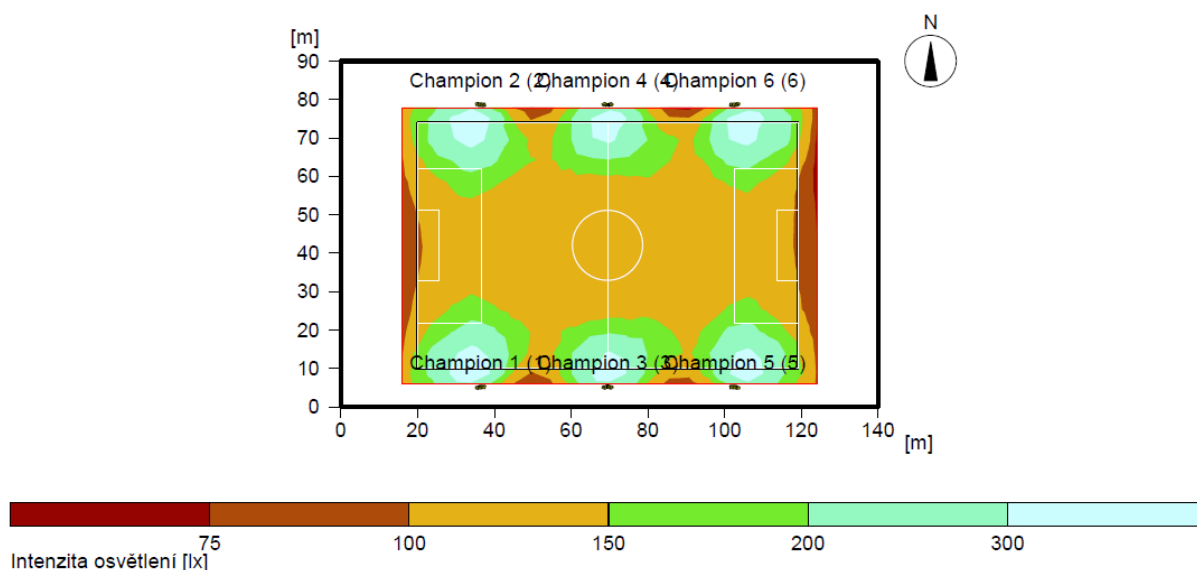
Graf 6.5 – Výstup z programu RELUX (informace CHAMPION)

Pro tento typ svítidel už bylo zvoleno umístění podél hrací plochy. Přesněji řečeno na každé straně hřiště na třech pozicích po pěti svítidlech. Celkem tedy bylo použito 30 kusů. Jelikož je však výkon oproti svítidlu Saturno poloviční (1 kW), je i přes vyšší počet kusů celkový příkon nižší. Navíc nám více kusů svítidel umožňuje lepší nasměrování a dosažení lepší osvětlenosti.



Obrázek 6.8 – Rozmístění svítidel při návrhu se svítidly CHAMPION

Při této variantě byly rovněž splněny požadavky na udržovací osvětlenost a její rovnoměrnost. Vypočtená udržovací osvětlenost je v této variantě návrhu o mnoho lepší, než tomu bylo v případě se svítidly SATURNO. Hodnoty těchto vypočtených veličin jsou vyobrazeny na následujícím grafu z programem RELUX. Kompletní protokol o této variantě měření včetně všech hodnot a grafů je opět součástí přílohy této diplomové práce (soubor s názvem „Příloha_DP_Lazecký.pdf“).



Obecně

Použitý algoritmus výpočtu	Složka přímá
Výška hodnotící plochy	0.01 m
Udržovací činitel	0.70
Celkový světelný tok všech zdrojů	3600000 lm
Celkový výkon	31530 W
Celkový výkon na ploše (12600.00 m ²)	2.50 W/m ²

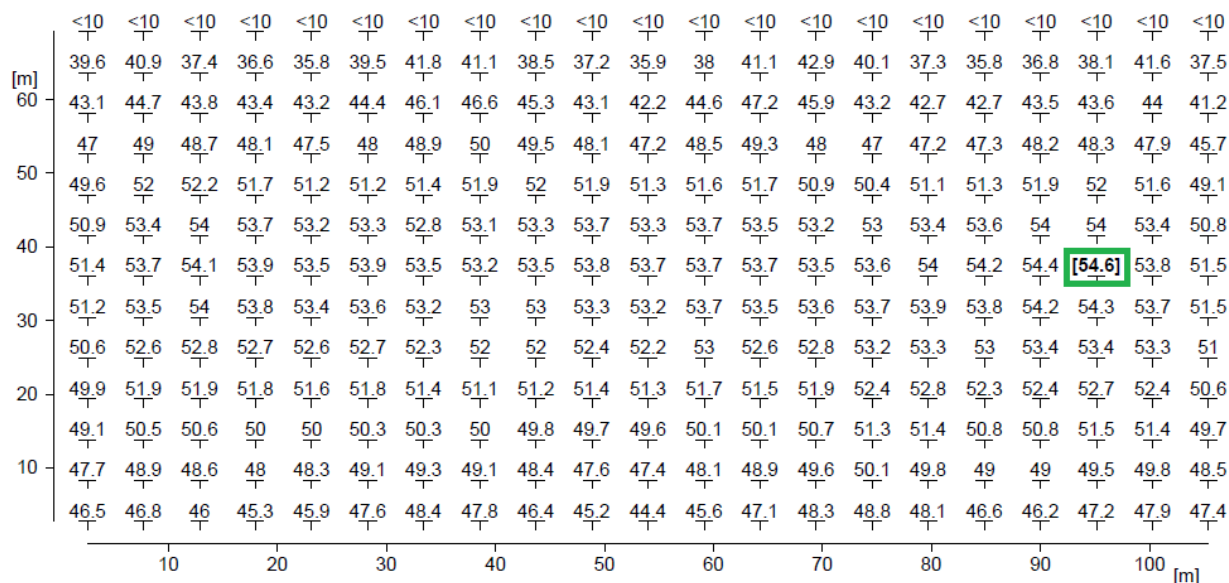
Intenzity osvětlení

Udržovaná osvětlenost	Em	161 lx
Rovnoměrnost g1	E _{min} /E _m	1:1.89 (0.53)

Graf 6.6 – Výstup z programu RELUX (intenzity osvětlení svítidel CHAMPION)

Co se týče oslnění na hřišti, tak i tento ukazatel byl při této variantě splněn. Přesné hodnoty na celé měřené ploše jsou opět vyobrazeny v příloze výstupu programu RELUX.

Při tomto návrhu byla maximální hodnota oslnění 54,6, tentokrát však při měření ze severní světové strany. Měření bylo opět uvažováno ve výšce 1,5 m nad zemí.



Graf 6.7 – Výstup z programu RELUX (oslnění svítidly CHAMPION)

Pro dosažení odpovídající intenzity osvětlení po celé měřené ploše s využitím svítidel CHAMPION nemusela být svítidla natáčena tak moc, jak tomu bylo v případě svítidel SATURNO, a to díky mnohem příznivější křivce svítivosti. Maximální natočení svítidel v této variantě bylo o 17,4°. Při tomto maximálním náklonu zůstal podíl světelného toku do horního poloprostoru nulový. Potvrzující je také simulace křivky svítivosti v programu AutoCad po natočení svítidel Champion.





Graf 6.8 – Výstup z programu AUTOCAD (celkové ULR svítidel CHAMPION)

6.6. Srovnání navrhovaných variant

Následná tabulka 6.2 je shrnutím za oběma provedenými návrhy a vyplývá z ní vhodná varianta pro realizaci nové osvětlovací soustavy pro fotbalový stadion ve Studénce.

Tabulka 6.2 – Porovnání obou navrhovaných variant

	Požadováno				
		SATURNO		CHAMPION	
Udržovací Osvětlenost (lx)	min. 75	104	✓	161	✓
Rovnoměrnost (-)	min. 0,5	0,53	✓	0,53	✓
Ra (-)	min. 20	65	✓	25	✓
GR (-)	max. 55	54	✓	54,6	✓
ULR (%)	max. 5 %	11,8	✗	0	✓

7. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce je objasnit problematiku zařídování venkovních prostorů do environmentálních zón z hlediska rušivého světla. Výraz venkovní osvětlení je velmi široký pojem. Ať už je řeč o jedné lampě veřejného osvětlení nebo o osvětlení velké průmyslové zóny, vždy je nutné řídit se českou normou ČSN EN 12464-2, která určuje podmínky pro venkovní osvětlování.

Po úvodní pasáži, jež je zaměřená na objasnění všech důležitých normativních požadavků, se kterými je nutno pracovat při zařídování venkovních prostorů do environmentálních zón, začíná vlastní přínos této diplomové práce.

Nejprve jsem se zaměřil na objasnění zařídování oblastí do environmentálních zón z pohledu České republiky. U těchto případů je zejména důležité důkladné prozkoumání negativních vlivů eventuálního rušivého světla vůči národním parkům, chráněným krajinným oblastem, observatořím a také vůči přilehlým městům a obcím. Jedná se o komplikovaný proces, jenž někdy není z hlediska normy lehké dodržet. Z důvodu, že se jedná o poměrně novou problematiku, která je řešena „pouze“ normou bez jakýchkoliv upřesňujících kritérií, například v podobě vyhlášky či vládního nařízení, sám jsem se při vypracování této práce setkal s několika nestandardními až mezními situacemi.

Příkladem toho je část mé diplomové práce, ve které jsem řešil zařídění města Studénky do environmentální zóny z pohledu rušivého světla. Jedná se o názornou ukázkou lokality, která disponuje dvěma průmyslovými zónami, osvětleným náměstím a nádražím, a přitom se nachází jen pár metrů od CHKO Poodří. Právě proto jde o velmi specifickou situaci, kterou nelze podle normy ČSN EN 12464-2 řešit zcela striktně.

Při takto malé vzdálenosti od CHKO Poodří má být správně Studénka zaříděna do environmentální zóny E1. To by však bylo unáhlené rozhodnutí vzhledem k zastaralému veřejnému osvětlení, osvětlovaným průmyslovým zónám či centru města. Tato vzniklá situace názorně dokázala, že norma nepočítá s řešením případných kompromisů, se kterými jsem byl nucen přijít v této práci já.

Konkrétně se jedná o ústupek v podobě zanedbání pár desítek metrů u vzdáleností mezi řešenými objekty ve Studénce a přilehlou CHKO Poodří pro možnost zařadit město Studénka do mírnější environmentální zóny E2. Třída E2 dovoluje maximální únik světelného toku do horního poloprostoru 5%, což nepovažuji za závažný problém vůči přilehlé CHKO Poodří, a zároveň se už jedná o hodnotu reálněji splnitelnou z hlediska diskutovaných městských částí.

Zaříděním města Studénky do této zóny se z posledního bodu praktické části mé diplomové práce stal velmi zajímavý, ale zároveň složitý úkol, kterým bylo vytvořit návrh chystaného osvětlení fotbalového stadionu ve Studénce, přičemž jsem postupoval s ohledem na mé předchozí zařídění města Studénky do E2.

Při vytváření obou návrhů jsem musel také dbát na dodržení požadavků normy ČSN EN 12193 udávající hodnoty pro venkovní sportoviště. V první variantě, při které jsem použil svítidla Saturno II, se nepodařilo splnit požadavky obou norem, zatímco pomocí svítidel Champion byl konečný návrh v souladu s oběma normami.

Největším problémem návrhu se svítidly Saturno II se ukázal být při nasměrování svítidel únik světelného toku do horního poloprostoru o hodnotě 11,8%, což je vzhledem k přiřazené environmentální zóně E2 nepřijatelné. U svítidel typu Champion k únikům do horního poloprostoru díky vhodnější křivce svítivosti nedochází.

Také z hlediska dalších určujících parametrů se varianta se svítidly Champion jeví jako vhodnější. Dosáhl jsem v ní udržovací osvětlenosti 161 lx, což je o 57 lx vyšší výsledek, než je při použití svítidel Saturno II. Celkový výkon soustavy se svítidly Champion je přitom menší. Z pohledu rovnoměrnosti intenzity osvětlení dopadly obě mnou navržené varianty shodně s vyhovující hodnotou 0,53. Co se týče hodnot oslnění, požadavky normy splnily opět obě varianty. Ukazatel, ve kterém je výrazněji lepší svítidlo Saturno II, je index podání barev Ra, a to díky využívanému typu světelného zdroje. Po posouzení veškerých aspektů je však stále jedinou vyhovující variantou ve všech ohledech návrh za použití svítidel Champion od společnosti Thorn.

Podařilo se mi tedy vytvořit takový návrh osvětlení fotbalového stadionu ve Studénce, který splňuje veškeré normami požadované limity, a je tedy skutečně realizovatelný právě pro tuto lokalitu v blízkosti CHKO Poodří.

Použitá literatura

- [1] Norma ČSN EN 12464 – 2 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory.
- [2] Norma ČSN EN 12193 - Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť
- [3] HABEL, Jiří; DVOŘÁŘEK, Karel; DVOŘÁŘEK, Vladimír; ŽÁK, Petr: Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public s.r.o., 2013. 624 s. ISBN 978-80-86534-21-3
- [4] PLCH, Martin: Světelná technika v praxi. Praha: IN-EL, spol. s r.o., 1999
- [5] SOKANSKÝ, Karel: Snižování energetické náročnosti venkovních osvětlovacích soustav, 2010
- [6] SOKANSKÝ, Karel; kolektiv: Osvětlování venkovních elektrických stanic, Světlo, 2009
- [7] MAIXNER, Tomáš: *Světelné znečištění?*. Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení, 2010 [online]. [cit. 2014-04-02].
Zdroj: <http://files.srvo.cz/200000240-a7d45a8d01/maixner_rs.pdf>
- [8] MAIXNER, Tomáš: Rušivé světlo – část pátá – Cesty ekologie aneb patero jak na to, Světlo, 2007
- [9] SKOKANSKÝ, Karel a kolektiv: Krajina posedlá tmou aneb vypnuté veřejné osvětlení, světlo, 6/2009.
- [10] SOKANSKÝ, Karel; NOVÁK, Tomáš a kolektiv: Světelná technika. Praha: ČVUT v Praze, 2011. 256 s. ISBN 978-80-01-04941-9
- [11] *Světové velkoměsta bez světelného znečištění* [online]. [cit. 2014-04-02].
Zdroj: <<http://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-major-world-cities-look-like-at-night-minus-the-light-pollution-12087147/?no-ist>>
- [12] ČEPS, a.s.: *Mapa umístění rozvodů v České republice* [online]. [cit. 2014-04-04].
Zdroj: <<http://www.ceps.cz>>

- [13] WOLNY, David: Osvětlování venkovních rozvodů v souvislosti s požadavky na kamerové osvětlení a rušivé světlo, 2013. Diplomová práce na katedře elektroenergetiky, fakulta FEI, VŠB-TUO. Vedoucí diplomové práce Ing. Tomáš Novák, Ph.D.
- [14] LAZECKÝ, Jan: Autentické snímky z rozvodny Kletné, 2013
- [15] *Mapa národních parků a CHKO v České republice* [online]. [cit. 2014-04-04].
Zdroj: <<http://www.beskydy.ochranaprirody.cz>>
- [16] *Mapa znázorňující rozdíl mezi přírodní a uměle osvětlenou oblohou* [online]. [cit. 2014-04-04].
Zdroj: <<http://www.astro-forum.cz>>
- [17] *Souhvězdí Orion při různých magnitudách* [online]. [cit. 2014-04-04].
Zdroj: <<http://halfastro.files.wordpress.com/2009/03/magcharts.jpg>>
- [18] *The night sky in the World* [online]. [cit. 2014-04-16].
Zdroj: <<http://www.lightpollution.it/dmsp/>>
- [19] *Světelné znečištění* [online]. [cit. 2014-04-16].
Zdroj: <<http://www.svetelneznecisteni.cz/>>
- [20] *Materiály k výpočetnímu programu Relux 2007*
Zdroj: součást programu Relux 2007
- [21] *Mapy* [online]. [cit. 2014-04-05].
Zdroj: <<http://www.mapy.cz>>
- [22] *Wikipedia* [online]. [cit. 2014-04-05].
Zdroj: <<http://www.wikipedia.org>>
- [23] MOUDRÁ, Milada; KŘÍČEK, Radek: *Hvězdy a tma nad Českým Švýcarskem, NP České Švýcarsko*, 2013 [online]. [cit. 2014-04-09].
Zdroj: <<http://www.ceskesvycarsko.cz/>>

- [24] Kolektiv autorů: *Sborník odborného semináře Kurz osvětlovací techniky XXX*. Ostrava: VŠB-TUO,2013. 351 s. ISBN 978-80-248-3174-9
- [25] *Abatec CZ, s. r. o.* [online]. [cit. 2014-04-09].
Zdroj: <<http://www.abatec.cz/typova-reseni-osvetleni/fotbalova-hriste/>>
- [26] *Fotbalový klub Studénka* [online]. [cit. 2014-04-29].
Zdroj: <<http://www.fotbalstudenka.cz>>
- [27] *Lumidee (Realizace osvětlení)* [online]. [cit. 2014-04-29].
Zdroj: <<http://www.lumidee.cz/cs/realizace/sportoviste/fotbalovy-stadion-holice-cr>>
- [28] *Lighting engineering 2002*. [online]. [cit. 2014-04-18].
Zdroj: <elektronické soubory PDF>

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 – Závislost zřakového výkonu P na průměrném jasu povrchu komunikace L_{av} [3]	8
Obrázek 1.2 – Důležitost rovnoměrnosti jasů na pozemních komunikacích [3] [10]	8
Obrázek 1.3 – Úhly mezi pohledem pozorovatele a směrem dopadajícího světla ze svítidla [10]	9
Obrázek 1.4 – Grafická ukázka užitečného a neužitečného světla [10]	11
Obrázek 1.5 – Schéma dělení neužitečného světla [3]	12
Obrázek 1.6 – Simulace San Francisca bez rušivého světla [11]	14
Obrázek 1.7 – Reálný pohled na San Francisco v noci [11]	14
Obrázek 2.1 – Mapa rozvodny v ČR [12]	16
Obrázek 2.2 – Osvětlení rozvodny Kletné	17
Obrázek 2.3 – Ukázka správného nasměrování osvětlení rozvodny Kletné	18
Obrázek 2.4 – Národní parky v ČR [15]	19
Obrázek 2.5 – Noční oblohy se znázorněnou mírou světelného znečištění u města Chřibská	19
Obrázek 2.6 – Noční oblohy s mírou světelného znečištění v osadě Zadní Jetřichovice	19
Obrázek 2.7 – Mapa ČR vyjadřující poměry mezi přírodní a uměle osvětlenou oblohou [16]	20
Obrázek 2.8 – Souhvězdí Orion při různých světelných podmínkách [17] [22]	21
Obrázek 3.1 – Ukázka špatně zvolených svítidel [7]	22
Obrázek 3.2 – Svítidlo Siteco ST [7] [20]	23
Obrázek 3.3 – Svítidlo Siteco SR 50 [20]	24
Obrázek 3.4 – Svítidlo Siteco DL 800 [7] [20]	24
Obrázek 3.5 – Ukázka špatné směrovosti dekorativních svítidel [19]	25
Obrázek 3.6 – Světelné znečištění reklamním billboardem [19]	26
Obrázek 4.1 – Rozložení hranic mezi environmentálními zónami [21]	27
Obrázek 5.1 – Hvězdárny v okolí města Studénky [21]	29
Obrázek 5.2 – Přilehlé obydlené oblasti [21]	30
Obrázek 5.3 – CHKO v okolí města Studénky [21]	31
Obrázek 5.4 – Diskutované body města Studénky [21]	31
Obrázek 5.5 – Průmyslová zóna Studénka [21]	32
Obrázek 5.6 – Náměstí ve Studénce vůči CHKO Poodří [21]	32

Obrázek 6.1 – Kruhové světlomety (symetrický a nesymetrický) [28]	36
Obrázek 6.2 – Světlomety obdélníkového tvaru (varianty a, b) [28]	37
Obrázek 6.3 – Ukázka rozmístění světlometů podél hřiště [28]	37
Obrázek 6.4 – Ukázka rozmístění v rozích hřiště [28]	38
Obrázek 6.5 – Nasměrování světlometů na hřišti v Holicích [27]	38
Obrázek 6.6 – Fotbalový stadion ve Studénce 2013 [26]	39
Obrázek 6.7 – Realizace fotbalového stadionu ve Studénce v programu RELUX	39
Obrázek 6.8 – Rozmístění svítidel při návrhu se svítidly CHAMPION	43

Seznam tabulek

Tabulka 1.1 – Požadavky dle normy ČSN EN 12464-2 [1]	13
Tabulka 2.1 – Podíly úniku světelného toku do horního poloprostoru podle EZ [1]	15
Tabulka 2.2 – Vzdálenosti hranic EZ [1]	16
Tabulka 2.3 – Zatřídění rozvodny Kletné [2]	17
Tabulka 5.1 – Zatřídění města Studénky	33
Tabulka 6.1 – Norma ČSN EN 12193 (osvětlování sportovišť) [2]	35
Tabulka 6.2 – Porovnání obou navrhovaných variant	46

Seznam grafů

Graf 6.1 – Výstup z programu RELUX (informace o svítidle SATURNO)	40
Graf 6.2 – Výstup z programu RELUX (intenzity osvětlení svítidel SATURNO)	41
Graf 6.3 – Výstup z programu RELUX (oslnění svítidly SATURNO)	42
Graf 6.4 – Výstup z programu AUTOCAD (celkové ULR svítidel SATURNO)	42
Graf 6.5 – Výstup z programu RELUX (informace CHAMPION)	43
Graf 6.6 – Výstup z programu RELUX (intenzity osvětlení svítidel CHAMPION)	44
Graf 6.7 – Výstup z programu RELUX (oslnění svítidly CHAMPION)	45
Graf 6.8 – Výstup z programu AUTOCAD (celkové ULR svítidel CHAMPION)	45

Seznam příloh

Příloha_DP_Lazecký.pdf