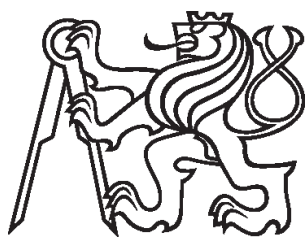


Bakalářská práce



České  
vysoké  
učení technické  
v Praze

**F3**

Fakulta elektrotechnická

## **Koncepce veřejného osvětlení vy- brané lokality**

Jakub Toth

Vedoucí práce: Ing. Marek Bálský, Ph.D.  
2024



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Toth** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **499202**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Specializace: **Aplikovaná elektrotechnika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Koncepce veřejného osvětlení vybrané lokality**

Název bakalářské práce anglicky:

**Public lighting concept of the selected location**

Pokyny pro vypracování:

1. Historie a vývoj elektrického veřejného osvětlení
2. Stávající stav veřejného osvětlení v lokalitě
3. Návrh modernizace veřejného osvětlení
4. Technicko – ekonomické posouzení
5. Skutečné provedení
6. Závěrečná doporučení

Seznam doporučené literatury:

- 1) HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- 2) PLCH, Jiří. Světelná technika v praxi. Praha: IN-EL, 1999. Knižnice Elektro. ISBN 80-86230-09-0.
- 3) SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Marek Bálský, Ph.D. katedra elektroenergetiky FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.09.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **09.01.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: **16.02.2025**

Ing. Marek Bálský, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 4. ledna 2024

.....

Jakub Toth

## Poděkování

Rád bych zde především poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Markovi Bálskému Ph.D. za celý průběh tvorby této práce, poskytování cenných rad a získání mnoha zkušeností ohledně elektrického světla.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a prarodičům za podporu během průběhu celé bakalářské práce.

Na závěr bych rád poděkoval panu Jáchymovi Černému za pomoc s fotkami jednotlivých vzorků světelných zdrojů a panu Bc. Michalovi Vopatovi za pomoc s měřením jednotlivých vzorků světelných zdrojů.

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výzkumem historických a nejnovějších trendů v osvětlování veřejných prostranství s důrazem na bezpečnost, životnost a co nejnižší náklady na provoz veřejného osvětlení. Cílem práce je zkoumání historie elektrického veřejného osvětlení a jeho vývoje v posledních desetiletích, dále návrh nového osvětlení a zhodnocení hlavních výhod veřejného osvětlení a nevýhod této modernizace.

### KLÍČOVÁ SLOVA

veřejné osvětlení, světelné zdroje, LED, stožáry, kabely, svítidla, PC Amber, návrh modernizace

## ABSTRACT

This bachelor's thesis concerns of research on historical and the latest trends in illumination of public spaces with emphasis on safety, durability and the lowest possible costs for the operation of public lighting. The aim of this work is examination of history of electric public lighting and its development over the last few decades, as well as the design of new lighting and the evaluation of the main advantages of public lighting and the disadvantages of this modernization.

### KEY WORDS

public lighting, light sources, LED, masts, cables, lamps, PC Amber, modernization proposal

## Obsah

1. ÚVOD .....	1
2. PRVKY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ A JEJICH VÝVOJ V ČASE .....	2
2.1. Veličiny a vlastnosti světelných zdrojů .....	2
2.1.1. Světelně technické veličiny.....	2
2.1.2. Kolorimetrické vlastnosti světla .....	5
2.2. Světelné zdroje .....	9
2.2.1. Základní principy přeměn elektrické energie na světlo.....	9
2.2.2. Teplotní zdroje.....	9
2.2.3. Výbojkové zdroje .....	10
2.2.4. Luminiscence .....	15
2.3. Svítidla veřejného osvětlení.....	16
2.3.1. Základní části svítidel.....	17
2.3.2. Montáž svítidel veřejného osvětlení .....	19
2.4. Stožáry veřejného osvětlení.....	20
2.5. Kabelové trasy veřejného osvětlení.....	21
3. STÁVAJÍCÍ STAV VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÉ LOKALITĚ .....	24
3.1. Volba lokality .....	24
3.2. Stáří osvětlovací soustavy .....	25
3.3. Osvětlovací soustava .....	26
3.4. Provozní schopnost osvětlovací soustavy.....	27
3.5. Stávající stav veřejného osvětlení.....	29
4. NÁVRH MODERNIZACE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÉ LOKALITĚ	30
4.1. Zatřídění komunikací dle osvětlenosti.....	30
4.1.1. Třídy M.....	31
4.1.2. Třídy P .....	31
4.1.3. Třídy C.....	32
4.2. Návrh použitých komponentů .....	33
4.2.1. Volba svítidel .....	33



4.2.2.	Stožáry veřejného osvětlení .....	34
4.2.3.	Stožárové výzbroje .....	37
4.2.4.	Kabelové vedení .....	38
4.3.	Návrh veřejného osvětlení dle použitých komponentů .....	39
4.4.	Kabelové trasy .....	40
4.5.	Rozvaděč RVO .....	42
5.	TECHNICKO–EKONOMICKÉ POSOUZENÍ .....	43
5.1.	Celkový příkon .....	43
5.1.1.	Výpočet celkového příkonu se svítidly PC AMBER 1700 K .....	43
5.1.2.	Výpočet celkového příkonu se svítidly WW 2700 K .....	43
5.1.3.	Průměrná spotřeba elektrické energie.....	44
5.2.	Porovnání LED světelných zdrojů.....	45
5.2.1.	LED s teplotou chromatičnosti 2700 K .....	45
5.2.2.	LED s teplotou chromatičnosti 1700 K s technologií PC Amber .....	46
5.3.	Osvětlenosti dle Kruithofova diagramu.....	47
6.	ZÁVĚR .....	48
7.	ZDROJE.....	49

## Seznam obrázků

Obr. 2.1: Křivka svítivosti svítidla [12] .....	3
Obr. 2.2: Prostorový úhel [16] .....	3
Obr. 2.3: : Definice jasů dle obrázku [3].....	4
Obr. 2.4: Ukázka různých teplot chromatičnosti [17].....	5
Obr. 2.5: Kruithofův diagram [7] .....	6
Obr. 2.6: : Stárnutí osvětlovací soustavy [10].....	8
Obr. 2.7: Konstrukce wolframové žárovky [13] .....	10
Obr. 2.8: Spektrální diagram klasické žárovky PHILIPS 40 W.....	10
Obr. 2.9: Konstrukce vysokotlaké rtuťové výbojky TESLA RVC (čirá) .....	11
Obr. 2.10: Porovnání spektrálních diagramů rtuťových výbojek TESLA 250 W .....	11
Obr. 2.11: Ukázka směšové výbojky (pohled na rtuťový hořák a wolframové vlákno) [11] ..	12
Obr. 2.12: Konstrukce historické (E40) nízkotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SOX 18 W..	12
Obr. 2.13: Spektrální diagram nízkotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SOX 18 W .....	13
Obr. 2.14: Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SON-T 250 W .....	13
Obr. 2.15: Spektrální diagram vysokotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SON-T 250 W .....	13
Obr. 2.16: : Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky pro přímou náhradu rtuťových výbojek s pomocnou zapalovací elektrodou TESLA SHCP 110 W .....	14
Obr. 2.17: Spektrální diagram vysokotlaké sodíkové výbojky TESLA SHCP 110 W .....	14
Obr. 2.18: Konstrukce MH výbojky PHILIPS CDM-T 150 W .....	15
Obr. 2.19: Spektrální diagram halogenidové výbojky OSRAM HQI 250 W .....	15
Obr. 2.20: Porovnání spektrálních diagramů LED.....	16
Obr. 2.21: IP ochrana a její označení [20].....	17
Obr. 2.22: Princip funkce reflektoru [21].....	17
Obr. 2.23: Příklad zapojení pro vysokotlaké sodíkové a halogenidové výbojky [11] .....	18
Obr. 2.24: Výzbroj výbojkového svítidla Philips Malaga pro 70 W sodíkovou výbojku.....	19
Obr. 2.25: Uliční svítidlo [13].....	20
Obr. 2.26: Parkové svítidlo [13].....	20
Obr. 2.27: Ukázka kabelové spojky před poslední vrstvou izolace .....	22
Obr. 2.28: Ukázka jednofázového RVO pro osvětlení kruhového objezdu v Mariánských Lázních .....	23
Obr. 3.1: Mapa sídliště [22] .....	24
Obr. 3.2: Typy stožárů dle data výstavby [5].....	25

Obr. 3.3: Stávající svítidlo „sadovka“ TYP 446 0571 [14].....	26
Obr. 3.4: původní svítidlo „kužel“ TYP 246 10 B [14] .....	27
Obr. 3.5: Poškozená stará svorkovnice .....	28
Obr. 3.6 Vyměněná RSA svorkovnice .....	28
Obr. 3.7: Explodovaný kompenzační kondenzátor [11] .....	28
Obr. 3.8: Upálený VN vodič k objímce [11].....	28
Obr. 3.9: Stávající stav veřejného osvětlení [15] .....	29
Obr. 4.1: Půdorys sídliště .....	30
Obr. 4.2: : Zatřídění komunikací do tříd M4 a P3 .....	32
Obr. 4.3: Vzhled svítidla pro návrh [12] .....	33
Obr. 4.4: Fotometrie svítidla MARUT M G2 M04 3k0 AMB 27,2 W [12] .....	33
Obr. 4.5: Špatně umístěný sloup v chodníku zabraňující průjezdu (Praha – Podbaba) [23]....	35
Obr. 4.6: Ukázka ukotvení stožárů do země [5].....	35
Obr. 4.7: Stožár a výložník firmy AMAKO [24],[25] .....	36
Obr. 4.8: RSA stožárová výzbroj [13].....	37
Obr. 4.9: Zapojení stožárové výzbroje pro průběžné vedení 2x CYKY-J 4x16 .....	37
Obr. 4.10: Kabelová rýha [5] .....	38
Obr. 4.11: Vyhodnocovací pole pro třídu P3 a P4 v programu DIALux EVO .....	39
Obr. 4.12: Vyhodnocovací pole pro třídu M4 v programu DIALux EVO.....	39
Obr. 4.13: Světelná scéna (hodnoty v luxech).....	40
Obr. 4.14 Kabelové trasy VO .....	41
Obr. 4.15: Schéma rozvaděče RVO pro zvolenou lokalitu .....	42

## Seznam tabulek

Tab. 2.1: Světelně technické veličiny.....	4
Tab. 2.2: Měrné výkony běžných světelných zdrojů.....	7
Tab. 2.3: Kolorimetrické vlastnosti světla .....	8
Tab. 4.1: Zatřídění komunikací třídy M [6] .....	31
Tab. 4.2: Zatřídění komunikací třídy P [6].....	31
Tab. 4.3: Porovnání tříd M, C a P [6].....	32
Tab. 4.4: Parametry svítidel MARUT M G2 [12].....	34
Tab. 4.5: Ochranná pásma inženýrských sítí [30].....	41

## Seznam použitých zkratek

- VO – veřejné osvětlení
- NN – nízké napětí
- VN – vysoké napětí
- RVO – rozvaděč veřejného osvětlení
- NT – nízkotlaká
- VT – vysokotlaká
- MH – metalhalogenidová
- WW – warm white (teplá bílá)
- KD – Kruithofův diagram
- NTL – nízkotlaké
- STL – středotlaké

## Seznam použitých technických norem

ČSN 33 2000-4-41 ed.3 – Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN 73 6005 – Prostorové uspořádání sítí technického vybavení

ČSN 73 6006 – Výstražné fólie k identifikaci podzemních vedení technického vybavení

ČSN 33 2000-5-52 – Výběr soustav a stavba vedení

ČSN EN 12464-1:2022 – Rozdělení prostor

ČSN EN 13 201 1 – Osvětlení pozemních komunikací – návod pro výběr tříd osvětlení

ČSN EN 13 201 3 – Osvětlení pozemních komunikací – výpočet

# 1. ÚVOD

Veřejné osvětlení, nazýváno zkratkou VO, slouží k osvětlování ulic, chodníků, silnic a různých veřejných prostranství. Veřejné osvětlení slouží jako veřejně prospěšná služba. V Česku je zařízení veřejného osvětlení podle zákona o pozemních komunikacích příslušenstvím pozemních komunikací. Proto je nejčastěji vlastní obec či jiný majitel komunikace. Mimo pozemní komunikace, což mohou být školy, nemocnice, areály, nebo železniční stanice, zřizuje osvětlení obvykle vlastník nebo provozovatel pozemku či objektu. Totéž se zpravidla týká i veřejně přístupných účelových komunikací, zejména pokud je nevlastní obec. Pod veřejné osvětlení spadají například i vánoční výzdoby, dekorativní nasvícení budov apod. [29]

Soustavy veřejného osvětlení v České republice jsou z velké části dávno za hranicí své životnosti. Životnost běžné osvětlovací soustavy bývá kolem dvaceti let, v provozu se ovšem lze snadno setkat i se soustavami, které převyšují tuto životnost až třikrát. [8] Takové soustavy bývají často ohrožující pro okolní obyvatelstvo, kdy pád stožáru by mohl někoho vážně zranit, případně by mohlo dojít k úrazu elektrickým proudem z důvodu špatné izolace kabelů. Z těchto důvodů je potřeba každou osvětlovací soustavu po určitém období vyměnit za novou, která bude podléhat nejnovějším požadavkům, právě na návrh nové osvětlovací soustavy se budeme zabývat v kapitole 4.

V bakalářské práci je popsán nejen proces projektové přípravy modernizace VO, ale i různé technické a praktické aspekty, kterými mohou původní (zastaralé) osvětlovací soustavy ovlivnit proces nahrazení moderní osvětlovací soustavou.

## 2.PRVKY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ A JEJICH VÝVOJ V ČASE

Tato část rozdělí veřejné osvětlení do dílčích celků, které jsou mezi sebou provázány. S absencí kteréhokoliv celku by samotné veřejné osvětlení nemohlo existovat. Zmíněné prvky popsané v podkapitolách nalezneme v každé osvětlovací soustavě. Každý z prvků veřejného osvětlení se postupem času vylepšoval dle nejnovějších trendů, což nám ukáží kapitoly 2.2, 2.3, 2.4 a 2.5. Definicí osvětlovací soustavy se rozumí ucelený soubor osvětlovacích prostředků, které vytváří v osvětlovaném prostoru světelné prostředí v závislosti na požadovaných vlastnostech. Pro porozumění vlastností u veřejného osvětlení je potřeba nejprve nadefinovat používané veličiny a vlastnosti.

### 2.1. Veličiny a vlastnosti světelných zdrojů

#### 2.1.1. Světelně technické veličiny

##### Světelný tok $\Phi$

- Vyjadřuje schopnost zářivého toku  $\Phi_e$  způsobit zrakový vjem, resp. kolik světelné energie vyzaří světelný zdroj do okolí.
- Jednotkou je lumen (lm). [1]
- Světelný tok monochromatického záření s vlnovou délkou  $\lambda$  se spočítá dle následujícího vztahu:

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) = K_m \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) \quad (2.1)$$

, kde  $K(\lambda)$  je světelná účinnost monochromatického záření a  $K_m = 683 \text{ lm/W}$  je maximum této veličiny, empiricky stanovené pro normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém (denním) vidění a pro záření základní vlnové délky  $\lambda_m = 555,155 \text{ nm}$ . [1]

- Veličina  $V(\lambda)$  je poměrná světelná účinnost monochromatického záření a je definována jako:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (2.2)$$

, kde  $K(\lambda)$  je světelná účinnost monochromatického záření a  $K_m = 683 \text{ lm/W}$  je maximum této veličiny, empiricky stanovené pro normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém (denním) vidění a pro záření základní vlnové délky  $\lambda_m = 555,155 \text{ nm}$ . [1]



## Svítivost $I$

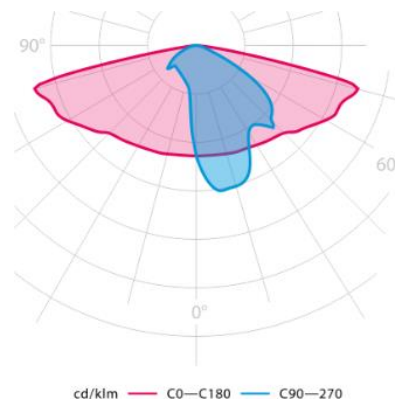
- Představuje veličinu popisující hustotu světelného toku vyzářeného do prostoru.
- Svítivost  $I$  je dána vztahem:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (2.3)$$

, kde  $\Phi$  je světelný tok (lm),  $\Omega$  je prostorový úhel (sr)

- Jednotkou svítivosti je kandela (cd). [1]

Svítivost hojně využíváme pro vytvoření křivek svítivosti svítidel viz Obr. 2.1



Obr. 2.1: Křivka svítivosti svítidla [12]

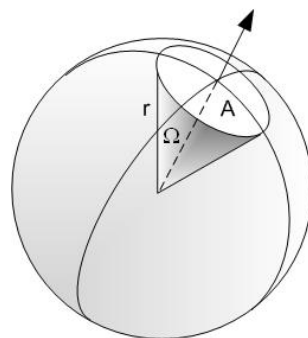
## Prostorový úhel $\Omega$

- Vymezuje část prostoru rotační kuželovou plochou. Každá taková plocha dělí prostor na právě dvě části – prostorové úhly. Prostorový úhel se určuje tak, že se uvažuje kulová plocha o středu ve vrcholu  $V$  a o libovolném poloměru  $r$ , jejíž průnik s prostorovým úhlem je vrchlík na kulové ploše o obsahu  $A$  viz Obr. 2.2. [4]
- Prostorový úhel  $\Omega$  je dán vztahem:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (2.4)$$

, kde  $A$  je plocha ( $m^2$ ),  $r$  je poloměr koule (m)

- Jednotkou je steradián (sr).



Obr. 2.2: Prostorový úhel [16]

### Osvětlenost $E$

- Osvětlenost je definována jako plošná hustota světelného toku dopadlého na plochu.
- Osvětlenost je dána vztahem:

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (2.5)$$

, kde  $\Phi$  je světelný tok (lm),  $A$  je plocha ( $m^2$ )

- Jednotkou je lux (lx).
- Jedná se o jedno z hlavních kritérií pro návrh osvětlení komunikací třídy P.

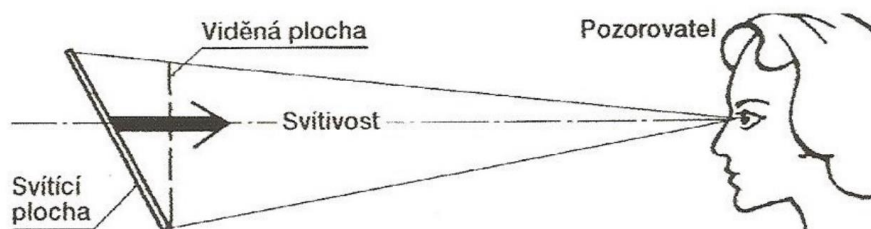
### Jas $L$

- Jedná se o svítivost  $I$  (cd) vyzářenou z plochy  $S_p$  ( $m^2$ ).
- Jas je dán vztahem:

$$L = \frac{dI}{dS_p} \quad (2.6)$$

, kde  $I$  je svítivost (cd),  $S_p$  je průmět svítící plochy ( $m^2$ )

- Jednotkou jasu je  $cd \cdot m^{-2}$ .
- Jas je klíčovým parametrem při návrhu osvětlení komunikace tříd C a M.



Obr. 2.3: : Definice jasu dle obrázku [3]

### Shrnutí světelně technických veličin

Světelně technické veličiny, jejich značení a jednotky přehledně shrnuje Tab. 2.1.

Tab. 2.1: Světelně technické veličiny

	<i>Označení</i>	<i>Jednotka</i>
Světelný tok	$\Phi$	(lm)
Svítivost	$I$	(cd)
Prostorový úhel	$\Omega$	(sr)
Osvětlenost	$E$	(lx)
Jas	$L$	( $cd \cdot m^{-2}$ )

## 2.1.2. Kolorimetrické vlastnosti světla

### Teplota chromatičnosti $T_C$

Teplota chromatičnosti  $T_C$  je popisována jako teplota černého tělesa (zářiče), vyjádřená v kelvinech (K), na kterou by muselo být toto černé těleso zahřáto, aby jeho záření vykazovalo tutéž chromatičnost (teplotu barvy) jako posuzované záření. [1]



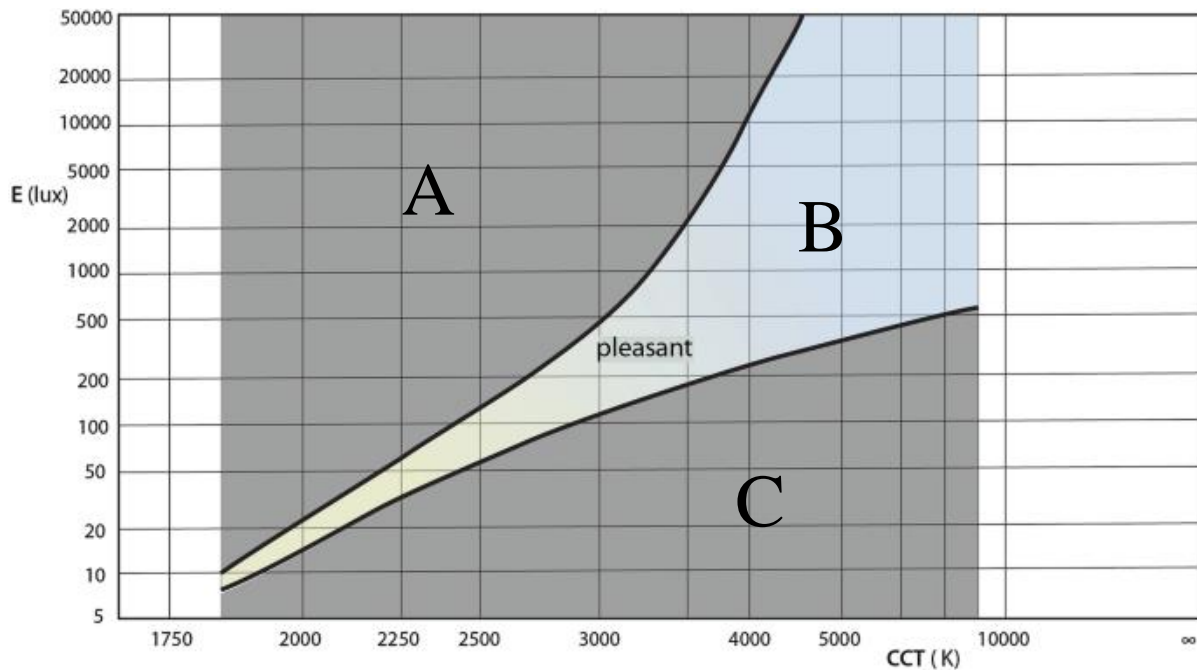
Obr. 2.4: Ukázka různých teplot chromatičnosti [17]

- 1200 K: svíčka
- 2700 K: žárovka, slunce při východu a západu
- 3000 K: studiové osvětlení
- 5000 K: obvyklé denní světlo, zářivky
- 5500 K: fotografické blesky, výbojky
- 6000 K: jasné polední světlo
- 7000 K: lehce zamračená obloha
- 8000 K: oblačno, mlhavo (mraky zabarvují světlo do modra)
- 10 000 K: silně zamračená obloha nebo jen modré nebe bez slunce [7]

Teplotu chromatičnosti označujeme zkratkou CCT (anglicky Correlated Color Temperature).

Ve veřejném osvětlení se nejčastěji nacházejí světelné zdroje s teplotou chromatičnosti v rozmezí 1800 K až 6000 K viz Obr. 2.4.

Problematiku se správnou volbou teploty chromatičnosti popisuje tzv. Kruithofův diagram, který rozděluje osvětlování na tři části dle osvětlenosti závislé na teplotě chromatičnosti. Kruithofův diagram vystihuje Obr. 2.5.



Obr. 2.5: Kruithofův diagram [7]

- A- Oblast pocitu přesevětlení a zkreslení barev.
- B- Oblast pocitu příznivého osvětlení.
- C- Oblast pocitu nedostatečného osvětlení.

#### Index podání barev $R_a$ (CRI)

Jedná se o věrnost barevného vjemu osvětlovaných předmětů. Velmi závisí na spektrálním složení zdrojů světla, který lze charakterizovat pomocí vlnových délek spektrálních barev a výskytu množství dílčích barev ve spektru vyzařovaného světla. [1]

Hodnoty indexu se pohybují v intervalu 0 až 100. Hodnota 100 (nejvěrnější podání barev) dosahují všechny teplotní zdroje – žárovky apod. [7]

### Měrný výkon $\eta$

Veličina charakterizuje efektivnost přeměny elektrické energie na světelnou, jedná se tedy o základní ukazatel jakosti zdroje. [8]

$$\eta = \frac{\Phi_{sv}}{P_{sv}} \quad (2.7)$$

, kde  $\Phi_{sv}$  je světelný tok světelného zdroje (lm),  $P_{sv}$  je příkon světelného zdroje (W)

- Jednotka měrného výkonu je lm/W

Měrné výkony běžných dostupných světelných zdrojů znázorňuje Tab. 2.2.

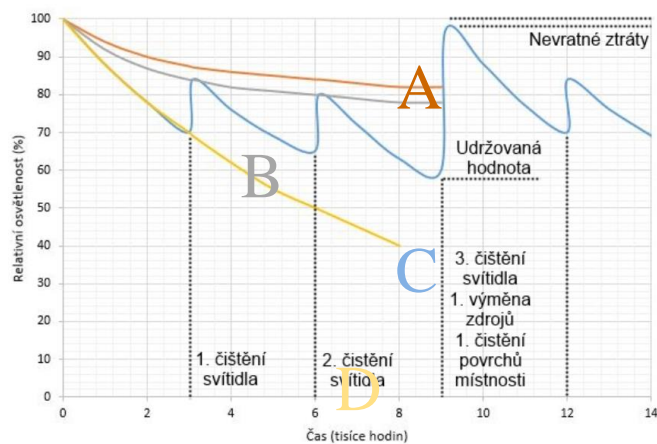
Tab. 2.2: Měrné výkony běžných světelných zdrojů

<b>Světelný zdroj</b>	<b>Měrný výkon (lm/W)</b>
obyčejné žárovky	10 až 18
halogenové žárovky	20 až 30
světelné diody (LED)	60 až 200 *
směšové výbojky	20 až 28
VT rtuťové výbojky	40 až 60
NT rtuťové výbojky	50 až 100
VT sodíkové výbojky	70 až 150
NT sodíkové výbojky	100 až 200
MH výbojky	50 až 130

\*Tato skupina světelných zdrojů se stále vyvíjí a lze tedy očekávat stále vyšších dosažených měrných výkonů. [1]

### Životnost světelných zdrojů a osvětlovací soustavy

Všechny osvětlovací soustavy a světelné zdroje se od okamžiku uvedení do provozu postupně znehodnocují. Ztráty jsou způsobené znečišťováním svítidla, stárnutím světelných zdrojů a svítidel. Pokud tento jev nebudeme brát do úvahy, osvětlenost se sníží na příliš nízké hodnoty a soustava se stane energeticky neúčinnou a nebezpečnou. Ztrátu světelného toku v čase je nutné odhadnout už v etapě navrhování soustavy a do výpočtu zahrnout tuto opravu ve formě udržovacího činitele, který je závislý na typu soustavy, prostředí a plánem údržby. [10]



Obr. 2.6: : Stárnutí osvětlovací soustavy [10]

A- Křivka stárnutí povrchů místnosti.

B- Křivka stárnutí světelného zdroje.

C- Křivka stárnutí svítidla.

D- Křivka neudržované soustavy.

Pro řešení máme tzv. udržovací součinitel  $f_M$ , který navrhujeme v rozmezí hodnot 0,5 – 0,8.

Tato hodnota je předepsána normou. [10]

$$f_M = f_{LLM} \cdot f_{LS} \cdot f_{LM} \cdot f_{RSM} \quad (2.4)$$

,kde  $f_{LLM}$  – činitel poklesu světelného toku,  $f_{MF}$  – činitel znečištění svítidel,  $f_{RSM}$  – činitel znečištění ploch,  $f_{LS}$  – činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů [10]

### Shrnutí kolorimetrických vlastností

Kolorimetrické vlastnosti, jejich značení a jednotky přehledně shrnuje Tab. 2.3.

Tab. 2.3: Kolorimetrické vlastnosti světla

	<i>Označení</i>	<i>Jednotka</i>
Teplota chromatičnosti	$T_c$	(K)
Index podání barev	$R_a$	(-)
Měrný výkon	$\eta$	(lm/W)
Doba života	t	(hod)

## 2.2. Světelné zdroje

### 2.2.1. Základní principy přeměn elektrické energie na světlo

Zatím všechny elektrické přeměny fungují na základních principech třech přeměn:

- a) vyzařování světla vyvolané tepelným buzením
- b) vybuzení atomů plynu nebo par kovů v elektromagnetickém poli
- c) luminiscence pevných látek

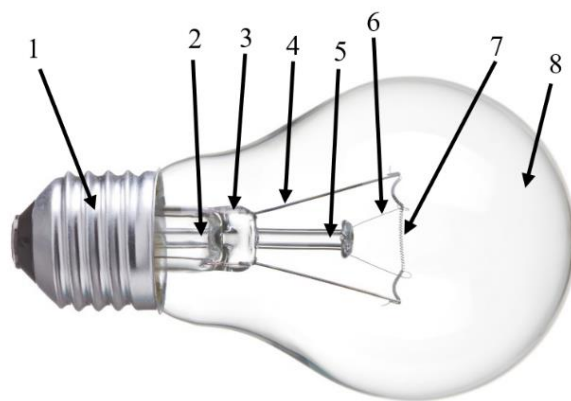
První způsob je pro všechny neznámější, představuje klasický teplotní zdroj (žárovku), který pracuje na principu inkandescence neboli tepelného záření. Při tomto principu se vyžaduje, aby byl materiál tepelně zahříván, a na základě jeho teploty závisí barva vyzařovaného světla. K zahřívání u těchto zdrojů dochází průchodem elektrického proudu.

Druhý způsob přeměny elektrické energie na světelnou energii představuje výbojkový zdroj, který pracuje na principu přeměny elektrické na kinetickou energii pohybujících se elektronů. Při tomto jevu dochází ke srážkám s molekulami plynné náplně nebo par kovů. Při těchto srážkách dochází k emisím optického záření. Výbojkový zdroj světla patřil k nejvýznamnějším zdrojům pro využití ve veřejném osvětlení.

Posledním způsobem je luminiscence: Jedná se o jev, při kterém hmota vysílá záření, jehož intenzita je větší než teplotní záření hmoty za stejné teploty. Vznik světla spočívá ve vybuzení a následném odbuzení atomů nebo molekul vhodných látek. Jedná se o svítící diody, lasery apod. Tato přeměna má pro nás zatím největší budoucnost a zcela ovládla v posledních letech všechny osvětlovací soustavy. [1]

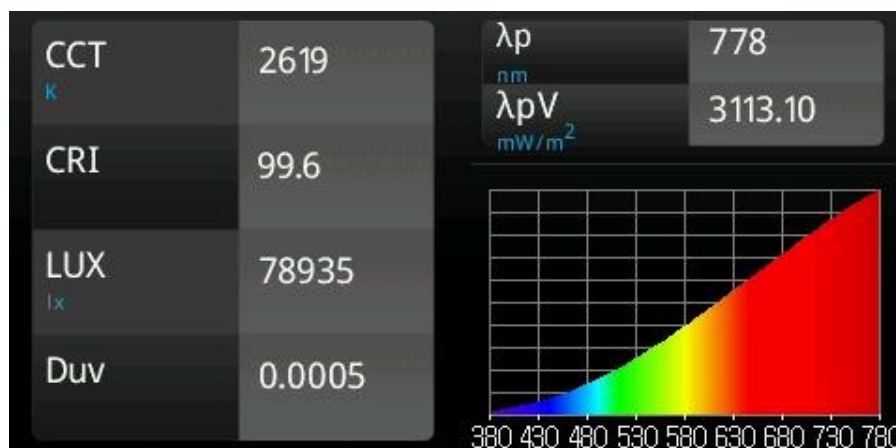
### 2.2.2. Teplotní zdroje

Zde se budeme zabývat klasickými žárovkami s wolframovým vláknem. Tato skupina patří do světelných zdrojů s nejnižší hodnotou účinnosti do 5 %, což znamená, že pouhých 5% spotřebované energie se promění na energii světelnou a zbylých 95 % se přemění v odvedené teplo. V dnešní době se teplotní zdroje ve veřejném osvětlení objevují pouze minimálně. Jedná se o skleněnou baňku naplněnou inertním plynem, který slouží především k delší životnosti světelného zdroje. Při průchodu elektrickým proudem přes wolframové vlákno vzniká teplo, které se přeměňuje na světlo. [1]



Obr. 2.7: Konstrukce wolframové žárovky [13]

1 – patice, 2 – evakuační trubička, 3 – těsnicí dráty, 4 – přívodní dráty, 5 – tyčinka, 6 – nosné přídržné dráty, 7 – wolframové vlákno, 8 – skleněná baňka



Obr. 2.8: Spektrální diagram klasické žárovky PHILIPS 40 W

Wolframová žárovka má téměř ideální index podání barev, který dosahuje hodnot až 100, tedy barvy pod světlem z klasické wolframové žárovky nejsou zkreslené. Wolframové klasické žárovky mají střední dobu života mezi 800 až 1000 hodin provozu.

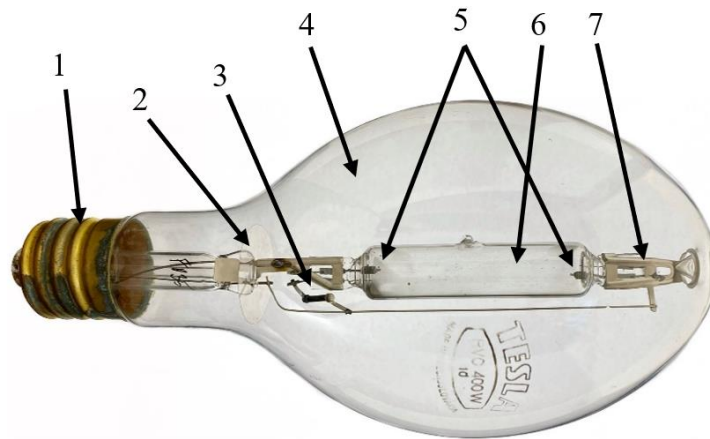
### 2.2.3. Výbojkové zdroje

Výbojkové zdroje světla se dají rozdělit dle mnoha parametrů, jako například dle typu výboje, dle místa vzniku záření a dle tlaku pracovní náplně. Pro veřejné osvětlení se volí mírně odlišné rozdělení. Výbojky rozdělujeme do třech základních skupin.

Výbojky rtuťové: Tyto výbojky jsou svým datem nejstarší, první pokusy byly už ve dvacátých letech dvacátého století. Vysokotlakové rtuťové výbojky se využívaly nejvíce od 60. let do 80. let, kdy se jevíly jako nejlepší způsob pro osvětlování. Jejich měrný výkon bývá kolem 50 lm/W a doba života až 16 000 hodin. [1] Jejich provoz je velmi spolehlivý, neklade se důraz na polohu

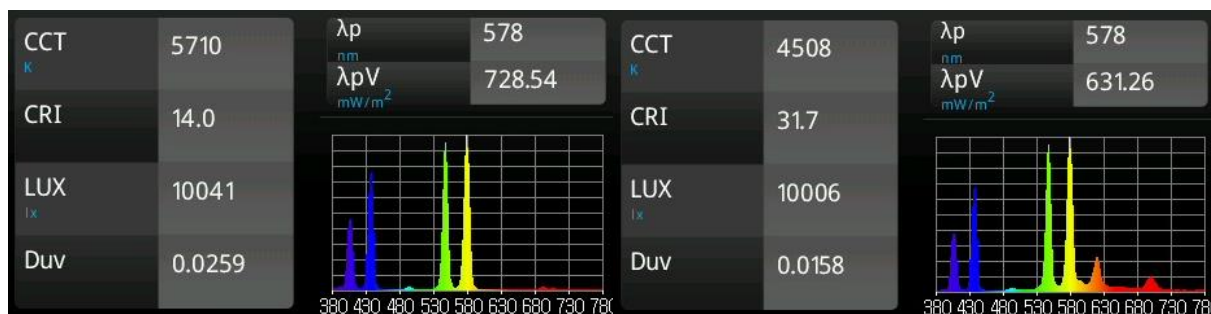


svícení a provozní teploty jsou také téměř bez omezení. Pro provoz je potřeba pouze elektromagnetický předřadník v podobě tlumivky. Nízkotlaké rtuťové výbojky (lineární zářivky) se u veřejného osvětlení v České republice nacházely minimálně, především kvůli nízkým wattážím, velkým rozměrům a vysoké závislosti světelného toku na okolní teplotě. Tyto světelné zdroje lze hojně vidět v Rakousku. Pro provoz nízkotlakých rtuťových výbojek je potřeba zařadit do obvodu startér. Rtuťové výbojky pro veřejné osvětlení se používají především tedy vysokotlaké. Tyto výbojky jsou ve skleněné baňce pokryté luminoforem, který přeměňuje záření par rtuti na viditelné spektrum, konkrétně na červenou barvu. Na pohled vyzařují poměrně příjemné bílé světlo, které pod fotoaparátem má lehce nazelenavou barvu. [2] Ze spektrálního diagramu na Obr. 2.1 lze vidět, že výbojka vyzařuje především krátké vlnové délky na úrovni modré a zelené, je tedy nutné, že bez delších vlnových délek není možné docílit vysokého CRI.



Obr. 2.9: Konstrukce vysokotlaké rtuťové výbojky TESLA RVC (čirá)

1 – patice, 2 – molybdenová fólie, 3 – rezistor, 4 – vnější baňka, 5 – wolframové elektrody, 6 – rtuťový hořák, 7 – nosný rám (delta uchycení)



Obr. 2.10: Porovnání spektrálních diagramů rtuťových výbojek TESLA 250 W

vlevo – rtuťová výbojka bez luminoforu, vpravo – rtuťová výbojka s luminoforem DE LUXE

Velmi zajímavá úprava rtuťové výbojky je výbojka směšová, která nevyžaduje žádný předřadný přístroj díky zařazenému wolframovému vláknu v sérii s hořákem a lze tedy instalovat

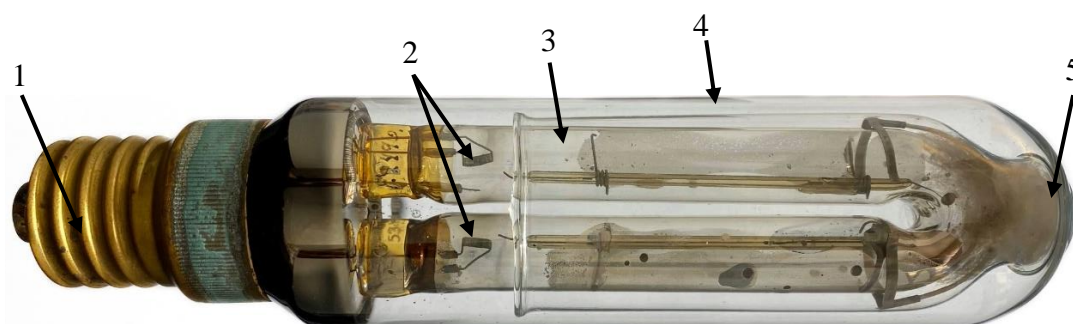
do svítidel určených pro teplotní zdroje. Jedná se o kombinaci klasické wolframové žárovky s výbojkou v jedné baňce viz Obr. 2.11. Doba života směšové výbojky je okolo 10 000 hodin. Mimo výhody provozu bez předřadníku disponují lepším indexem podáním barev.



Obr. 2.11: Ukázka směšové výbojky (pohled na rtuťový hořák a wolframové vlákno) [11]

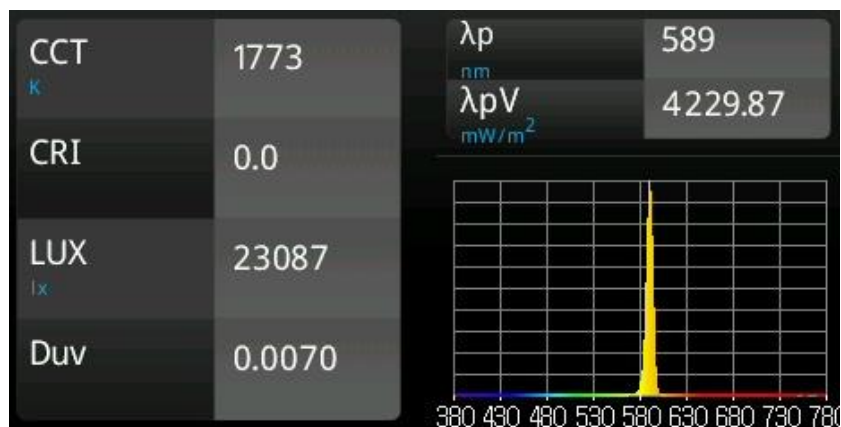
**Sodíkové výbojky:** Jejich využití je ve veřejném osvětlování i přes nárůst LED světelných zdrojů zatím největší. Především kvůli měrnému výkonu, který u vysokotlakých sodíkových výbojek dosahuje kolem 150 lm/W a u nízkotlakých dokonce až 200 lm/W. [1] Jejich hojné nasazení do provozu veřejného osvětlení nastalo kolem 80. let dvacátého století. Tyto výbojky vyzařují na první pohled velmi známé oranžové světlo. Hlavní nevýhodou je tedy index podání barev, kde u nízkotlakých je index podání barev  $R_a$  dokonce roven nule viz Obr. 2.13. Pod takovou výbojkou tedy nelze rozpoznávat barvy.

Nízkotlaké sodíkové výbojky jsou na první pohled odlišné svou velikostí a speciální patičí By22d, kdy pro dosažení vysokých výkonů je potřeba prodloužit hořák na délku. Například typická NT sodíková výbojka používaná pro osvětlování dálnic v Německu s příkonem 135 W dosahuje až 80 cm na délku. Tyto výbojky dosahují běžně doby života 16 tisíc hodin a více. [1]



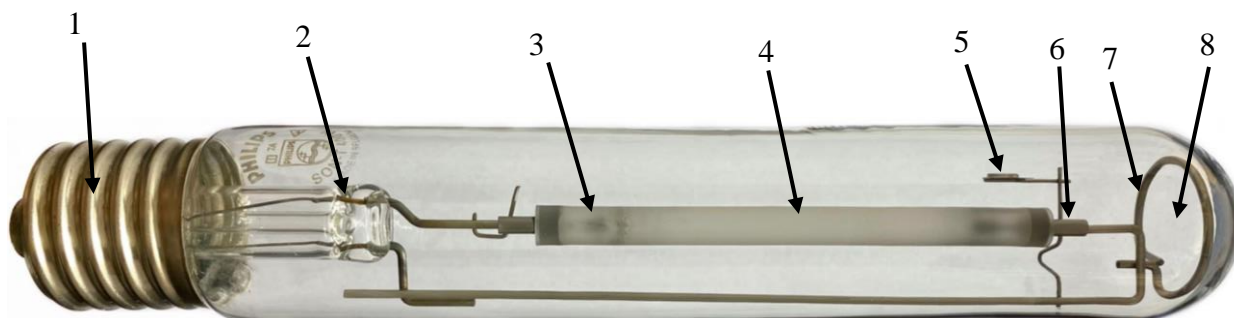
Obr. 2.12: Konstrukce historické (E40) nízkotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SOX 18 W

1 – patice, 2 – elektrody, 3 – NT sodíkový hořák, 4 – vnější baňka, 5 – uchycení hořáku



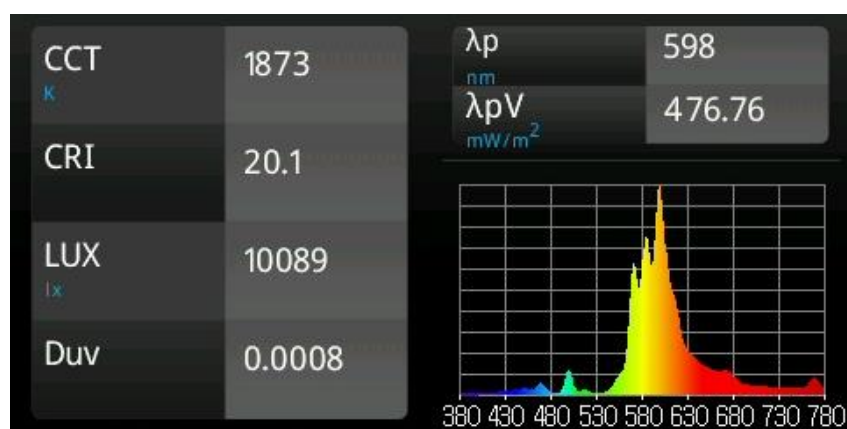
Obr. 2.13: Spektrální diagram nízkotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SOX 18 W

Vysokotlaké sodíkové výbojky dosahují vyšších hodnot v kategorii indexu podání barev. Jedná se zhruba o  $R_a$  rovno dvaceti. Tyto výbojky potřebují pro svou funkci počáteční vysokonapěťový pulz, který zapálí oblouk uvnitř hořáku. Z tohoto důvodu nebylo možné instalovat tyto výbojky místo rtuťových.



Obr. 2.14: Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SON-T 250 W

1 – patice, 2 – přívodní zatavené dráty, 3 – elektroda, 4 – VT sodíkový hořák, 5 – pomocná elektroda, 6 – těsnící kroužek, 7 – nosný rám, 8 – vnější baňka

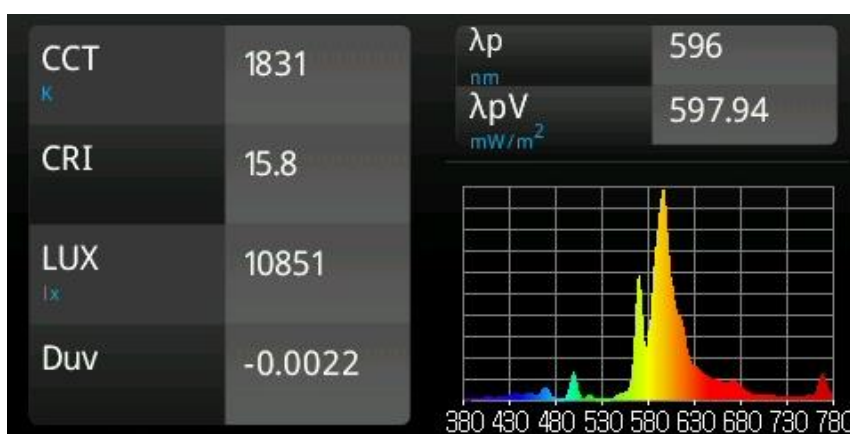


Obr. 2.15: Spektrální diagram vysokotlaké sodíkové výbojky PHILIPS SON-T 250 W

Pouze v jedné výjimce tomu tak je, kdy se snížením příkonu sodíkové výbojky a přidáním pomocné elektrody docílilo, že výbojka dokázala zapálit oblouk i bez VN zapalovače. Jejich doba života přesahuje až 20 000 hodin. [1] Tato výbojka obsahuje tzv. Penningovu směs plynů, což je směs, která obsahuje kovový sodík a malou dávku argonu a neonu pro snadné zapálení výboje.

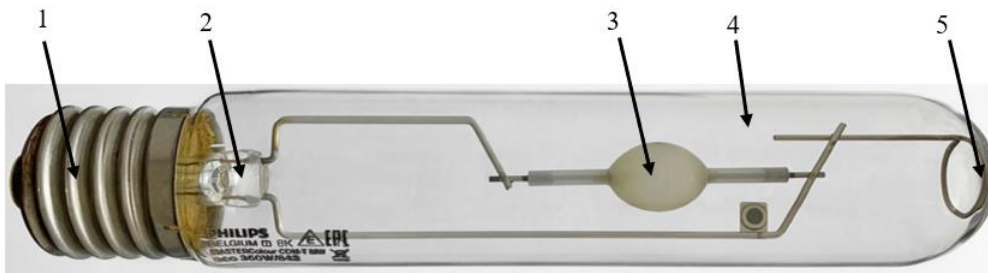


Obr. 2.16: : Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky pro přímou náhradu rtuťových výbojek s pomocnou zapalovací elektrodou TESLA SHCP 110 W



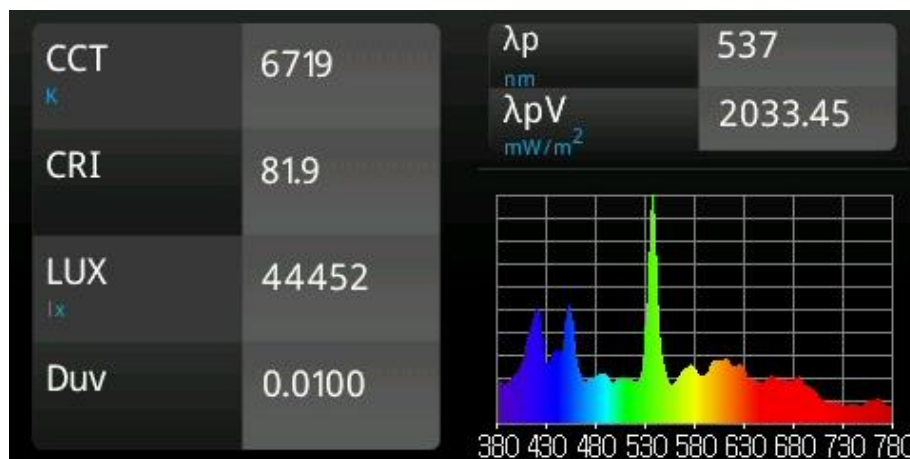
Obr. 2.17: Spektrální diagram vysokotlaké sodíkové výbojky TESLA SHCP 110 W

Halogenidové výbojky: První sériově vyráběné výbojky se začaly využívat počátkem 80. let dvacátého století. Jejich teplota chromatičnosti se pohybuje na celé škále. Pořizovací cena byla ovšem mnohem vyšší než u sodíkových, proto tyto výbojky nedokázaly sodíkové vytlačit z trhu. Používaly se zejména tam, kde byl kladen důraz na kvalitu osvětlení, jako byly sportoviště, přechody pro chodce, haly a náměstí. Jejich doba života bývá o něco nižší než u sodíkových okolo 20 000 hod. Lze volně zaměnit předřadníky se sodíkovými.



Obr. 2.18: Konstrukce MH výbojky PHILIPS CDM-T 150 W

1 – patice, 2 – přívodní zatavené dráty, 3 – MH hořák, 4 – vnější baňka, 5 – nosný rám



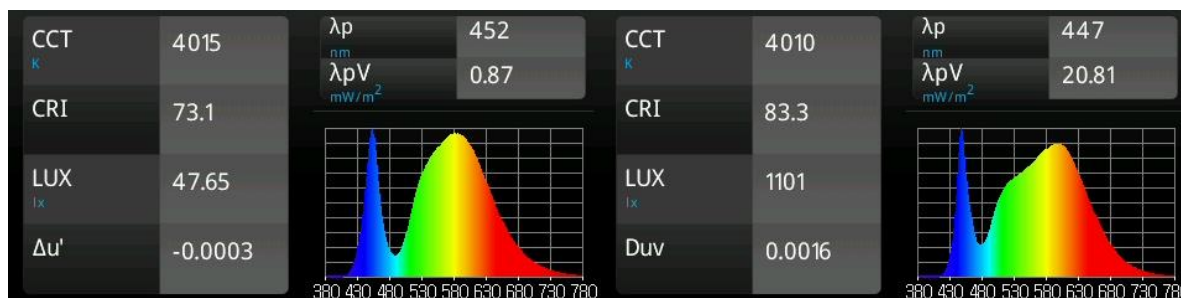
Obr. 2.19: Spektrální diagram halogenidové výbojky OSRAM HQI 250 W

## 2.2.4. Luminiscence

LED diody: Neboli elektroluminiscenční diody jsou polovodičové součástky, fungující na principu přechodu P-N, který jedním směrem propouští elektrický proud. V propustném směru procházejí volné elektrony z části N do části typu P. Část N obsahuje přebytek volných elektronů, část P naopak nedostatek. Přebytečná energie v tomto procesu je vyzářena mimo samotný materiál. Může mít podobu různého záření od infračerveného po ultrafialové, včetně žádoucí viditelné složky. Nelze však emitovat přímo bílé světlo. Starší diody tohoto dosahovaly aditivním míšením barev světla (RGB), současné emitují UV záření, dále upravené vrstvou luminoforu. Chemické složení diody dále ovlivňuje barvu podaného světla. Diody s viditelným spektrem se objevily již v 60. letech, ale vyššího světelného výkonu díky vývoji začaly dosahovat až v posledních dvou desetiletích. Dnes jsou spolu se sodíkovými výbojkami nejrozšířenějším řešením pro veřejné osvětlení. V počátku se používaly především svítidla s vysokou teplotou chromatičnosti (nad 4000 K), kdy je dioda nejefektivnější. V poslední době se řeší více ekologické aspekty barvy světla. Ve městech bývá obvykle teplota chromatičnosti do 3000 K. Důležitým

krokem pro vývoj bude i řešení optiky svítidel, kvůli velké oslnivosti těchto bodových zdrojů. [1]

Využití LED svítidel pro osvětlování komunikací jde směrem vyšších vlnových délek. Obvykle shodné jako u sodíkových výbojek mezi 1700 K až 2200 K pro omezení modré složky.



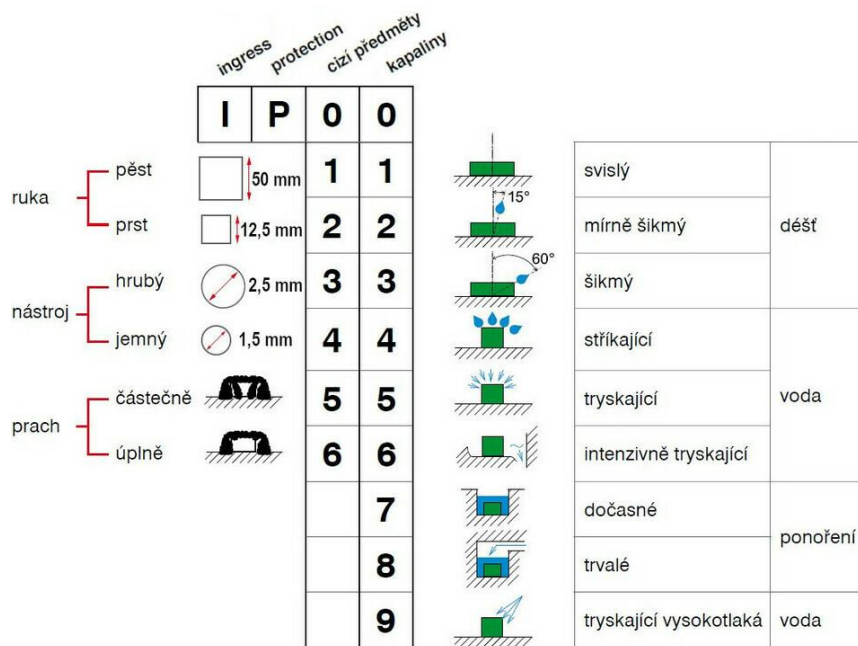
Obr. 2.20: Porovnání spektrálních diagramů LED

*vlevo – LED 740 ( CRI 70,  $T_c$  4000K), vpravo – LED 840 ( CRI 80,  $T_c$  4000 K)*

Z Obr. 2.20 je patrné, že i svítidla se stejnou teplotou chromatičnosti se liší v indexu podání barev. První číslo u označení LED právě značí CRI, tedy vynásobením deseti získáme konečný index podání barev. Například LED 630 značí CRI 60 a teplotu chromatičnosti 3000 K.

### 2.3. Svítidla veřejného osvětlení

Svítidla veřejného osvětlení patří k hlavním prvkům osvětlovací soustavy. Hlavním rozdílem svítidel určených do venkovních prostor je odolnost vůči prostředí, nejčastěji se setkáme s označením IP, které nese další dvě číslice. Každá z číslic udává stupeň odolnosti vůči vniknutí cizích předmětů a vody. Krytí IP ovšem není jedinou podmínkou, kterou musejí svítidla splňovat. Další vlastnost vyplývá z venkovního prostředí. Svítidla musí vyhovět klimatickým podmínkám, jakým je například UV záření či změny teplot.

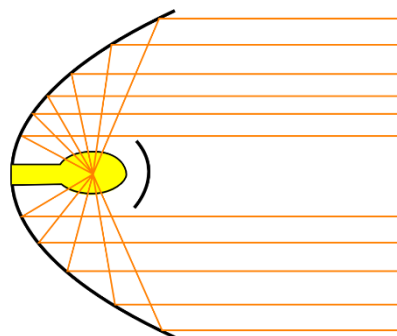


Obr. 2.21: IP ochrana a její označení [20]

### 2.3.1. Základní části svítidel

Svítidlo se skládá z několika základních prvků, jakými jsou světelně činné části, elektrické části a konstrukční části.

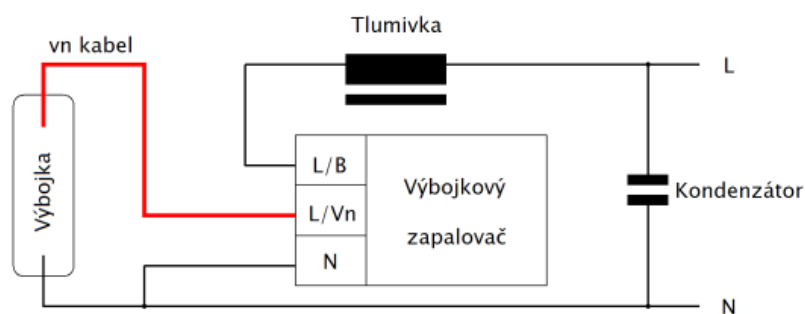
První ze zmiňovaných částí slouží k zajištění základní funkce svítidla, kterou je osvětlování prostoru či budov. Jedná se o části upravující rozložení světelného toku vyzařujícím světelným zdrojem. Světelně činné části mohou světelný tok usměrnit na jedno konkrétní místo, nebo případně rovnoměrně rozptýlit viz Obr. 2.22



Obr. 2.22: Princip funkce reflektoru [21]

Další z částí jsou prvky elektrické. Mezi základní části patří svorkovnice a ochranné svorky, které pak připojuje uživatel. Uzemnění svítidla je nutné u všech svítidel třídy ochrany jedna. Uvnitř svítidla ale nalezneme mnoho dalších částí. Dle světelného zdroje svítidla dělíme na

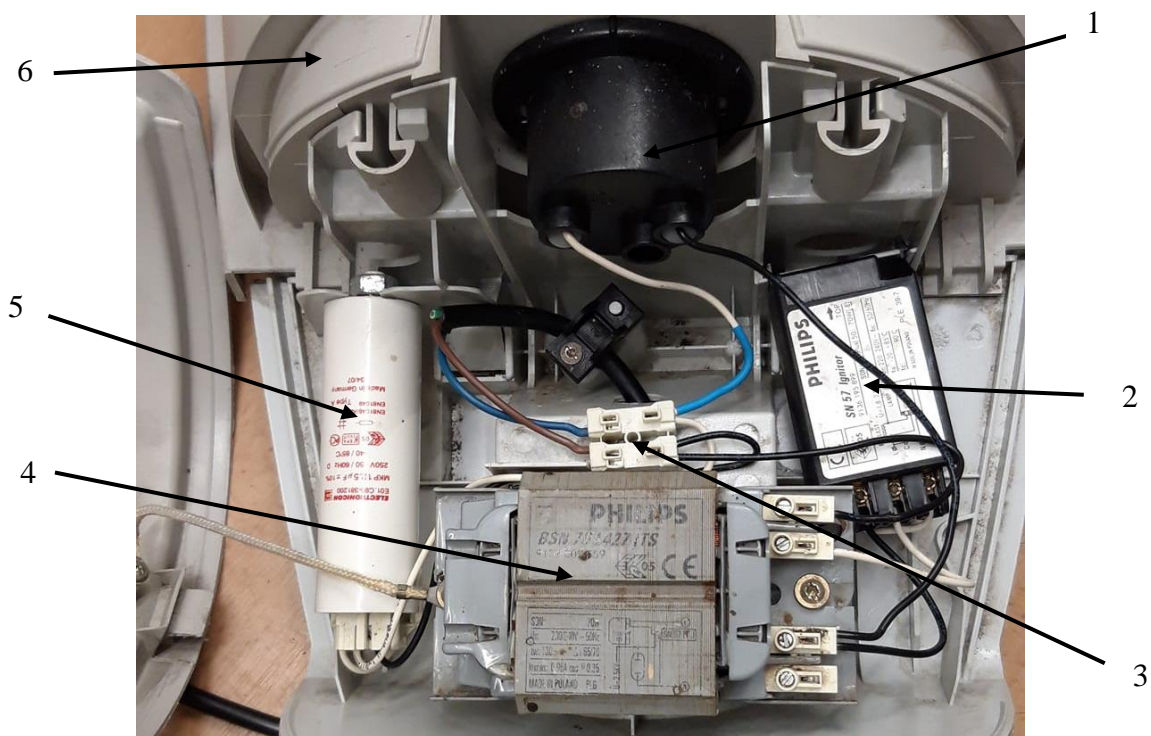
svítidla s nevýměnným světelným zdrojem a svítidla s výměnným světelným zdrojem. U první skupiny se jedná především o nová LED svítidla, která mají instalované světelné zdroje bez možnosti výměny. Druhá skupina je vždy vybavena vhodným komponentem umožňující snadnou výměnu, kterým bývá objímka, či speciální patice jako např. E40, E27, T8, By22d. Dle světelného zdroje můžeme uvnitř nalézt předřadné přístroje, které vyžaduje světelný zdroj pro svůj provoz. Mezi tyto části patří např. tlumivky, zapalovače, elektronické předřadníky a spínané zdroje. Vnitřní zapojení svítidel je provedeno tak, aby byla zajištěna bezpečnost provozu pomocí vhodně zvolených vodičů, kde rozhoduje průřez vodiče, materiál vodiče a jeho izolace. Z vodičů lze použít vodiče pevné a ohebné. Každý z vodičů má své výhody i nevýhody. Pevné vodiče lze hůře tvarovat, ale lze snadno odizolovat a vložit do bezšroubových svorek. Ohebné vodiče se naopak využívají tam, kde dochází k častým pohybům a vibracím, tyto vodiče jsou oproti tuhým vhodnější pro šroubové svorky, které by se mohly díky vibracím uvolnit. U vodičů je nutné zvolit správnou izolaci, která odolá zvýšeným teplotám při provozních i havarijních stavech. U svítidel s vysokotlakou sodíkovou a halogenidovou výbojkou je nutné zvolit vodiče se zesílenou izolací, jelikož při startu je potřeba vyvinout vysokonapěťový impulz pomocí VN zapalovače znázorněného na Obr. 2.23.



Obr. 2.23: Příklad zapojení pro vysokotlaké sodíkové a halogenidové výbojky [11]

Poslední částí jsou konstrukční prvky, které dávají svítidlu jeho vzhled a provozní vlastnosti. Kvůli vnějším vlivům se svítidla v dnešní době vyrábí z antikoročních a UV stabilních materiálů, jako je hliník, termoplast apod. Dříve se velmi často využíval sklolaminát, ten ale po čase také degraduje a následkem jsou pichlavá skelná vlákna na povrchu, tomu lze předejít například ochrannou vrstvou laku. Velmi častým materiálem je dnes hliník, jelikož zároveň slouží jako výborný chladič pro dnes moderní LED svítidla, která potřebují chladit napájecí zdroje.





Obr. 2.24: Výzbroj výbojkového svítidla Philips Malaga pro 70 W sodíkovou výbojku

1 – objímka pro výbojku E27, 2 – VN zapalovač, 3 – bezšroubová svorka, 4 – tlumivka, 5 – kompenzační kondenzátor, 6 – UV stabilní kryt předřadníku

### 2.3.2. Montáž svítidel veřejného osvětlení

Každé svítidlo se musí nainstalovat na vhodný přípravek. Nejčastěji se svítidla dělí na dvě skupiny, kterými jsou svítidla parková (sadová) a svítidla uliční.

První skupina svítidel se instaluje přímo na samotný stožár bez dalších úprav, tato svítidla se instalují většinou od tří metrů do šesti metrů výšky od země. Jak již z názvu vyplývá. Svítidla se instalují tam, kde se nepředpokládá pohyb automobilů, tedy do parků, na různé chodníky, předměstí apod.

Druhá skupina svítidel se instaluje poblíž silnic a velikých ulic, kde je potřeba docílit vysoké kvality osvětlení a zároveň neoslňovat dopravu. Tato svítidla se instalují do výšek mezi šest až dvanáct metrů a ve velké části případů se instalují na výložníky, tedy na další mezikus stožáru. Dnešní doba umožňuje volit u svítidel různé optiky, proto se lze setkat i se svítidly určenými typicky pro montáž na výložník namontovanými přímo na dřík stožáru, toto řešení je velmi elegantní a levnější.



Obr. 2.26: Parkové svítidlo [13]



Obr. 2.25: Uliční svítidlo [13]

## 2.4. Stožáry veřejného osvětlení

Stožáry veřejného osvětlení slouží k umístění svítidla do co nejlepší polohy dle sledovaného účelu. Obecně se jedná o vertikální štíhlou konstrukci, která může být řešena mnoha způsoby, zejména co se týče volby materiálu jako dřevo, ocel, lehké slitiny, vyztužené polymery a beton, dále konstrukce plnostěnné a příhradové, dle příčného řezu: konstantní, stupňovitý, proměnný, kruhový, polygonální. Jako poslední dle účelu a výšky (parkové, cca 3- 6 metrů, uliční – cca 6 – 12 metrů, osvětlovací věže 20 – 32 metrů). Za speciální skupinu můžeme též považovat stožáry historizující, umístované do památkových zón, stožáry pro přechody, nebo stožáry s požadavkem snadné údržby svítidla (sklopné, s navijákem, stupnicemi). Výška stožáru a rozestupy jsou vždy kompromisem mezi rovnoměrností a energetickou hospodárností.

Z počátku provozu elektrického osvětlení se používaly stožáry trubkové ocelové, s odstupňovaným průměrem a litinovými krycími detaily a patičí. Výjimkou nebyly ani stožáry příhradové, nýtované z válcovaných pásů a úhelníků. Od druhé poloviny 20. let se používaly betonové stožáry, které se potom ve zjednodušené podobě šestihránných sloupů používaly masivně

v poválečném období. Označovaly se jako tenkocement a v průběhu 60. let se technologie vyvinula až do dnešní podoby kónických kruhových odstředovaných sloupů. Dřevěné sloupy se používaly od počátku spíše pro méně reprezentativní expozici, osazeny byly ale běžným výložníkem a kladkou pro spouštění svítidla, postupně se jejich používání omezilo pouze na oblasti se vzdušným vedením NN, kde svítidla jsou pouze přidruženou funkcí k elektrickému vedení. Ocelové stožáry se vždy používaly zejména ve městech ve větší míře než betonové. Po opuštění zdobných prvků ve 20. letech se dále používaly trubky „mannesmann“, naprosto rozpoznatelné díky jednolitému přechodu průměrů díky technologii tažení. Takto vyráběné sloupy se osazovaly běžně do 60. let. Pozdější výrobky byly již svařovány z několika průměrů. V 80. letech se ve větší míře začala provádět antikorozi úprava šopováním hliníkem a zinkem, dnes nahrazena žárovým zinkováním.

Právě ocelové pozinkované stožáry jsou dnes pro VO nejběžněji používané. Kotvení může zajišťovat příruba, nebo častěji vetknutí. V úrovni terénu bývá sloup zesílen manžetou. Dominantně se dnes používají stožáry bezpaticové. Samotný sloup může být buď kuželový, nebo jehlanovitý.

## 2.5. Kabelové trasy veřejného osvětlení

Všechny kabelové rozvody musí být prováděny v souladu s ČSN 33 2000-5-52, procesem stavebního povolení a se zohledněním majetkoprávních vztahů v území. Zhotovitel vedení musí před dokončením a zakrytím vedení vždy přizvat správce veřejného osvětlení, případně ostatních inženýrských sítí, vedených v souběhu s ním. Konzultována a odsouhlasena musí být například křížení tras. Záznam o kontrole před zakrytím výkopu se zaznamenává do stavebního deníku.

Při ukládání kabelů je vždy nutné zohlednit zejména mechanickou odolnost a eliminaci rizika porušení. Toho se dosahuje jak zásypem s vhodnými fyzikálními vlastnostmi, tak použitím odlišitelných chrániček. Pod silně namáhanými plochami je nutné například vedení obetonovat.

Ve volném, nepřilíš zatíženém terénu se kabely ukládají do červených plastických trubek. Hloubka uložení je minimálně 50 cm. Při chodnících a zpevněných plochách je hloubka uložení minimálně 80 cm a vedení se pokládá na základový beton a obetonuje. Komunikace se překonávají buď otevřeným výkopem, nebo navrtáním a protlakem, bez porušení svrchních vrstev. Hloubka pod komunikacemi je minimálně 120 cm. Používají se trubky a chráničky z HDPE min. průměru 110 mm. Před zakrytím se do výkopu položí červená výstražná fólie v souladu

s ČSN 73 6006. V nezpevněných plochách parků a ostatních se výkopy zasypávají původní zeminou, v případě komunikací a chodníků se používá písek a šterková drť. Teplota provádění vedení musí být nejméně +4 stupně celsia.



Obr. 2.27: Ukázka kabelové spojky před poslední vrstvou izolace

Každá osvětlovací soustava ke svému dennímu provozu potřebuje spínací bod, ve kterém dojde k sepnutí soustavy v určitý čas, nebo při změně hladiny osvětlení. Z hlediska historie a dřívější technologie docházelo ke spínání ručnímu, kdy chodil pravidelně správce osvětlení ručně sepnout a po rozednění opět vypnout celou osvětlovací soustavu. Tato doba je již dávno za námi a první automatické spínací přístroje byly v provozu od 50. let dvacátého století, kdy se ve velkém instalovaly spínací hodiny firmy F. Křížík, na spínacích hodinách se nastavila doba sepnutí a vypnutí, která se musela doladit vždy dle ročního období. V dnešní době spínací hodiny zcela ovládla kombinace soumrakového spínače s astronomickými hodinami, kdy lze spínat dle hladiny osvětlení a zároveň dle astronomického setmění.

Takové spínací prvky dokáží sepnout pouze jednotky ampér, tudíž s nimi samotnými nelze sepnout celou osvětlovací soustavu, která má z pravidla hodnoty příkonu v kW. Z těchto důvodů je nutné vřadit do obvodu silové stykače, které dokáží sepnout desítky ampér a jsou pro naše využití ideální. Spínací hodiny tedy ovládají pouze cívky stykačů.

V každém městě i vesnici musí mít každé spínací místo svůj odběrný bod, odkud mohou čerpat elektrickou energii, proto bývají většinou spínací místa umístěná blízko trafostanic a vedení distributora energie, což mimo jiné zajišťuje nízkou vstupní impedanci.



Obr. 2.28: Ukázka jednofázového RVO pro osvětlení kruhového objezdu v Mariánských Lázních

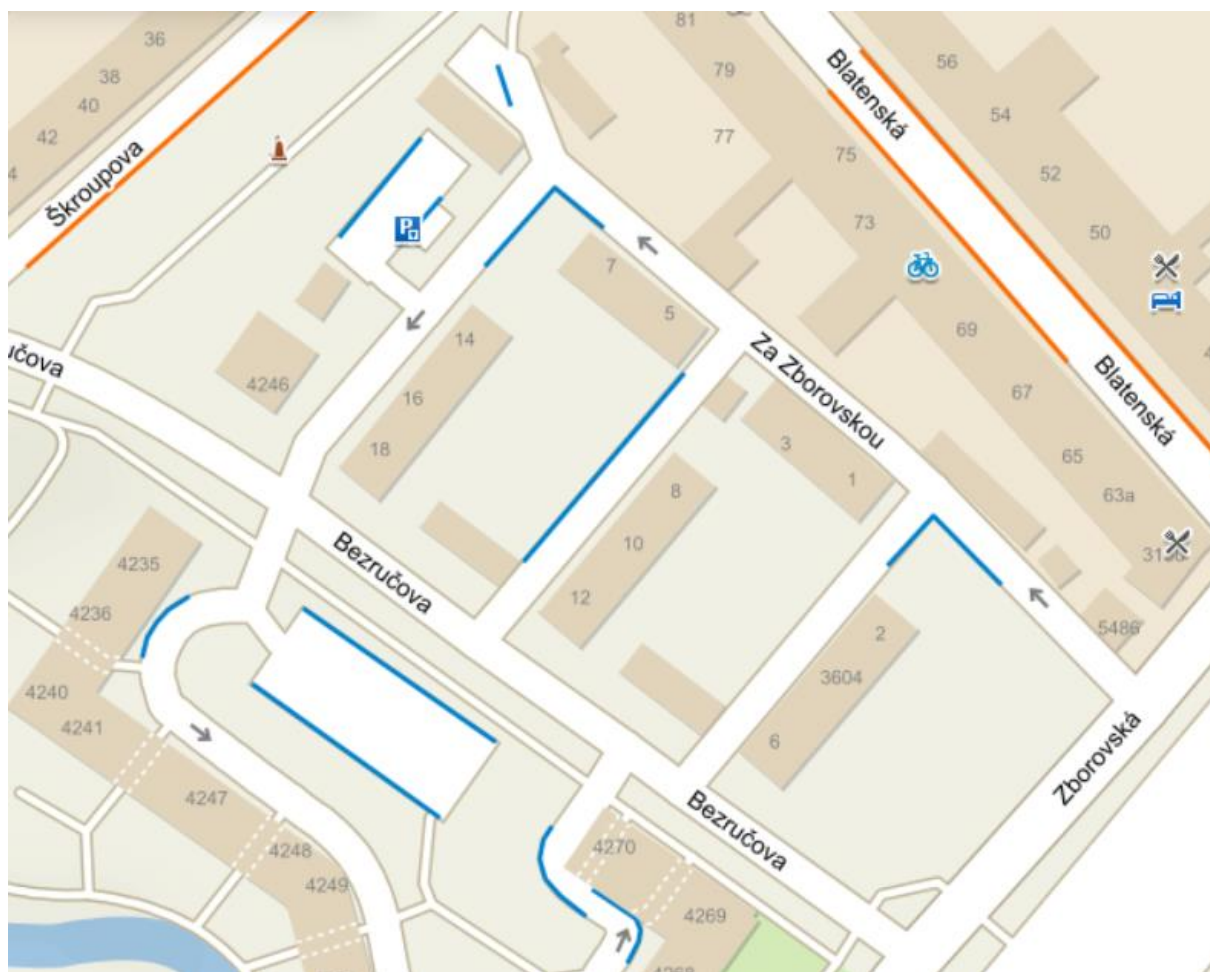
Rozvaděč RVO, který ukazuje Obr. 2.28, je složen ze dvou kompaktních pilířů firmy DCK Holoubkov, kde jeden slouží jako odběrné místo dodavatele a druhý slouží pro ovládání osvětlovací a kamerové soustavy. Rozvaděč je vybaven montážní zásuvkou a světlem, zároveň je vybaven volbou režimů mezi automatickým sepnutím a ručním sepnutím. Pro spolehlivost je zakomponováno zpoždovací relé, které při sepnutí zařadí do obvodu odpor pro omezení proudové náběhové špičky.

## 3. STÁVAJÍCÍ STAV VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÉ LOKALITĚ

Tato část bude obsahovat detailní průzkum stávajícího osvětlení vybrané lokality. V dnešní době došlo k mnohonásobnému vylepšení koncepce veřejného osvětlení. Jako vhodnou lokalitu jsem zvolil sídliště ve městě Chomutov. Konkrétně se jedná o sídliště „Za Zborovskou“ nedaleko centra města.

### 3.1. Volba lokality

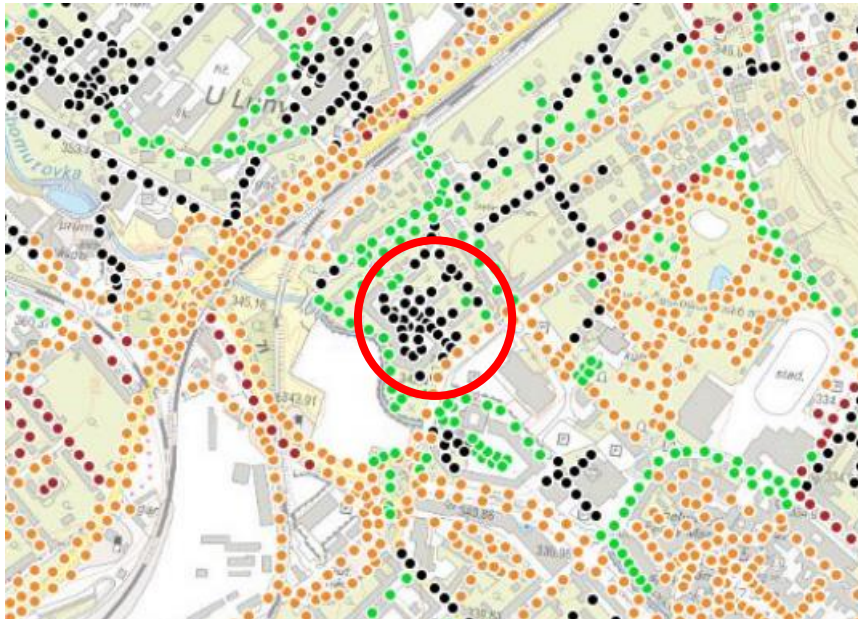
Toto sídliště je vhodné zejména z důvodu, že se jedná o obytnou zónu a k ní přiléhající hlavní silnici, kde se klade vyšší důraz na kvalitní osvětlenost. Celé toto sídliště zároveň prochází kompletní rekonstrukcí všech povrchů z důvodu nedostatku parkovacích míst.



Obr. 3.1: Mapa sídliště [22]

### 3.2. Stáří osvětlovací soustavy

Město Chomutov si průběžně nechává vytvářet průzkumy ohledně stavu a stáří inženýrských sítí. Veřejné osvětlení tedy není výjimkou a dle přiloženého průzkumu lze snadno určit, že zde osvětlovací soustava musí být velmi brzy nahrazenou novou. Na obr. 13 lze vidět, že zrovna v této lokalitě se jedná o nejstarší část veřejného osvětlení, kde jsou původní betonové stožáry ze 60. let dvacátého století.



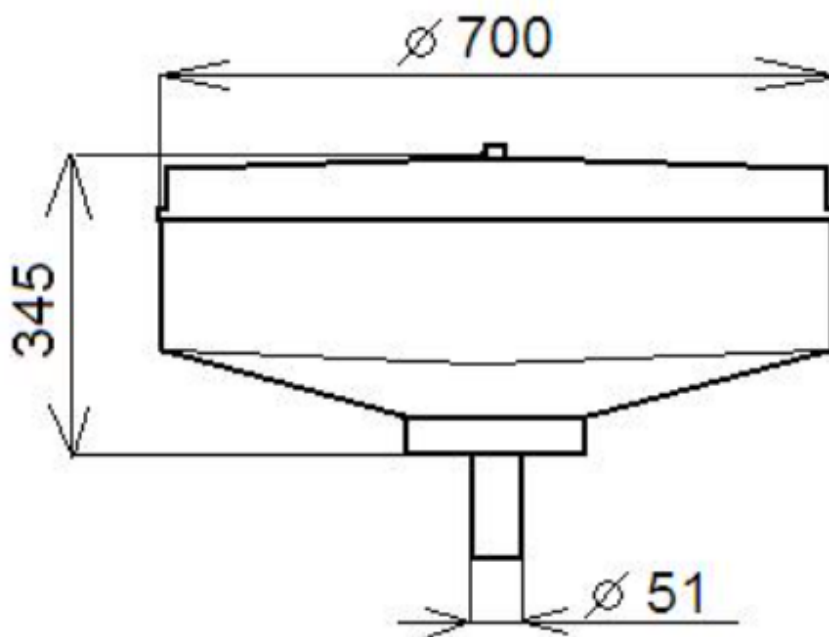
Obr. 3.2: Typy stožárů dle data výstavby [5]

- Stožáry nové nebo instalované v poslední době. Zejména se jedná o stožáry pozinkované, bez známek koroze.
  - Stožáry staršího data, např. z 90. let a krátce po r. 2000, jejichž stav je však pořádku a dalších minimálně 10 let nebudou s velkou pravděpodobností vyžadovat výměnu. Mohou již vykazovat známky povrchové koroze.
  - Stožáry staršího data, např. z 80. let, vykazující již pokročilou korozi. Ochranná manžeta stožáru v místě vetknutí může být korozí poškozena, avšak koroze samotného stožáru je pouze povrchová. Takovéto stožáry není nutno akutně vyměnit, avšak v nejbližších letech se musí s jejich výměnou již počítat.
  - Stožáry určené k přednostní výměně. Jedná se o nejstarší stožáry z 60. a 70. let, které jsou zasaženy již hloubkovou korozí, a dále o stožáry s mechanickými deformacemi. U těchto stožárů hrozí největší riziko pádu. Dále byly do této skupiny zařazeny veškeré betonové stožáry.
- [5]

### 3.3. Osvětlovací soustava

Celé sídliště bylo postavené během let 1962-1968, z této doby pochází také osvětlovací soustava. Hlavní chybou této soustavy bylo využití nízkých betonových stožárů, které se už kdysi nehodily na osvětlení hlavní komunikace. Na tyto 5 metrů vysoké stožáry musí přijít pouze parkové svítidlo, které se nehodí na osvětlení komunikace. Výška stožárů výrazně ovlivňuje jejich vzdálenosti mezi sebou. Tuto problematiku vyřešíme v kapitole 4 o návrhu nové osvětlovací soustavy.

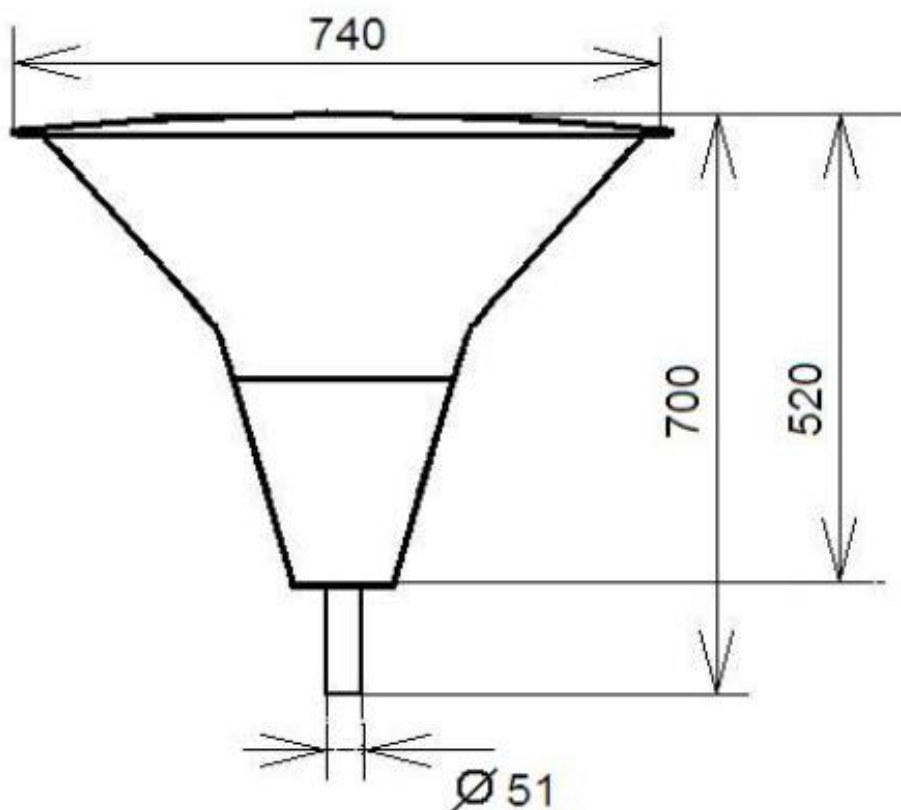
Na celém sídlišti jsou použita parková svítidla, která se dle dostupných informací instalovala v roce 1984 a jsou od tehdejšího nejznámějšího výrobce Elektrosvit Svatobořice. Jedná se o svítidla přezdívaná „sádovka“, případně „UFO“ dle připomínajícího tvaru viz Obr. 3.3. Tyto svítidla jsou určena pro světelný zdroj SHC 70 W s celkovým příkonem 84 W, neboli pro sodíkové výbojky o příkonu 70 W se světelným tokem kolem 6 tisíc lumenů.



Obr. 3.3: Stávající svítidlo „sádovka“ TYP 446 0571 [14]

Tato svítidla nahradila původní přezdívaná „kužel“ viz Obr. 3.4 s instalovaným příkonem 286 W, čímž se výrazně snížil světelný tok. Původní svítidla byla pro zastaralý světelný zdroj RVL 250 W – tedy vysokotlaká rtuťová výbojka se světelným tokem kolem třináct tisíc lumenů.





Obr. 3.4: původní svítidlo „kužel“ TYP 246 10 B [14]

Spínání osvětlovací soustavy probíhá ve skříni RVO4 umístěného na trafostanici pomocí spínacích hodin, které se musí dle ročního období vždy aktuálně přenastavit, aby došlo k sepnutí při setmění.

### 3.4. Provozoschopnost osvětlovací soustavy

Pro každou osvětlovací soustavu je nutné, aby byla vždy při setmění provozuschopná. U této staré soustavy dochází velmi často k poruchám, které způsobují její nefunkčnost.

Provozoschopnost dělíme do dvou skupin na poruchy bránící a nebránící provozu světelné soustavy.

Mezi nejčastější poruchy patří poruchy na kabelovém vedení, kdy téměř 60 let staré kabely postupně ztrácí izolační vlastnosti a dochází k jejich zahoření v zemi. Další častou poruchou bývají vyhořelé svorkovnice v patičkách stožárů, kdy šroubové spoje se pravidelně nedotahují a hliníkové vedení po letech povolí a vznikne přechodový odpor, který způsobí zahoření. Dle měření izolačního stavu vedení na několika místech vycházely hodnoty, které se již vylučují s provozem. Hodnoty izolačního odporu se pohybovaly mezi 0,4 - 0,6 MΩ. Takové závady se musí řešit vždy co nejdříve a důkladně opravit např. kabelovou spojkou v zemi v místě poruchy, případně výměnou celé svorkovnice v patičce stožáru. [5]

Závady nebránící provozu se na tomto sídlišti vyskytují také velmi často. Jedná se o závady běžné, jako je např. nefunkční výbojka, vadný zapalovač, nefunkční tlumivka, nebo prasklý kryt svítidla. Taková závada způsobí pouze nefunkčnost jednoho světelného bodu, který jinak neohroží zbytek osvětlovací soustavy. Ukázky nejběžnějších závad lze vidět na Obr. 3.7 - Obr. 3.5.



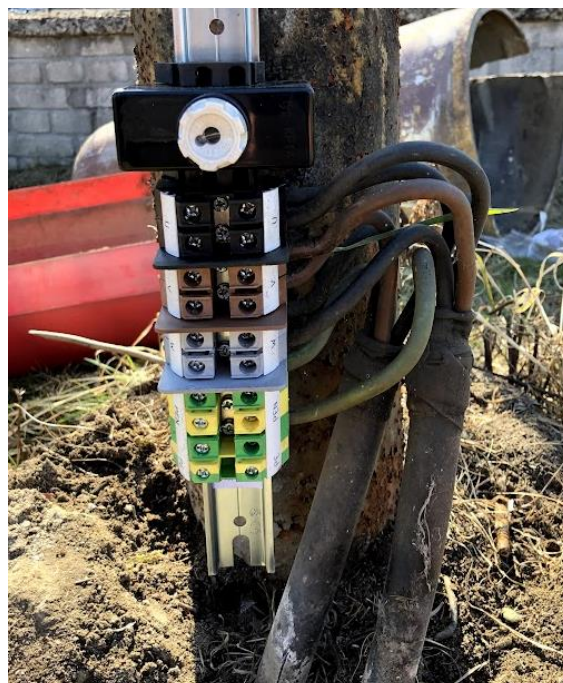
Obr. 3.8: Upálený VN vodič k objímce [11]



Obr. 3.7: Explodovaný kompenzační kondenzátor [11]



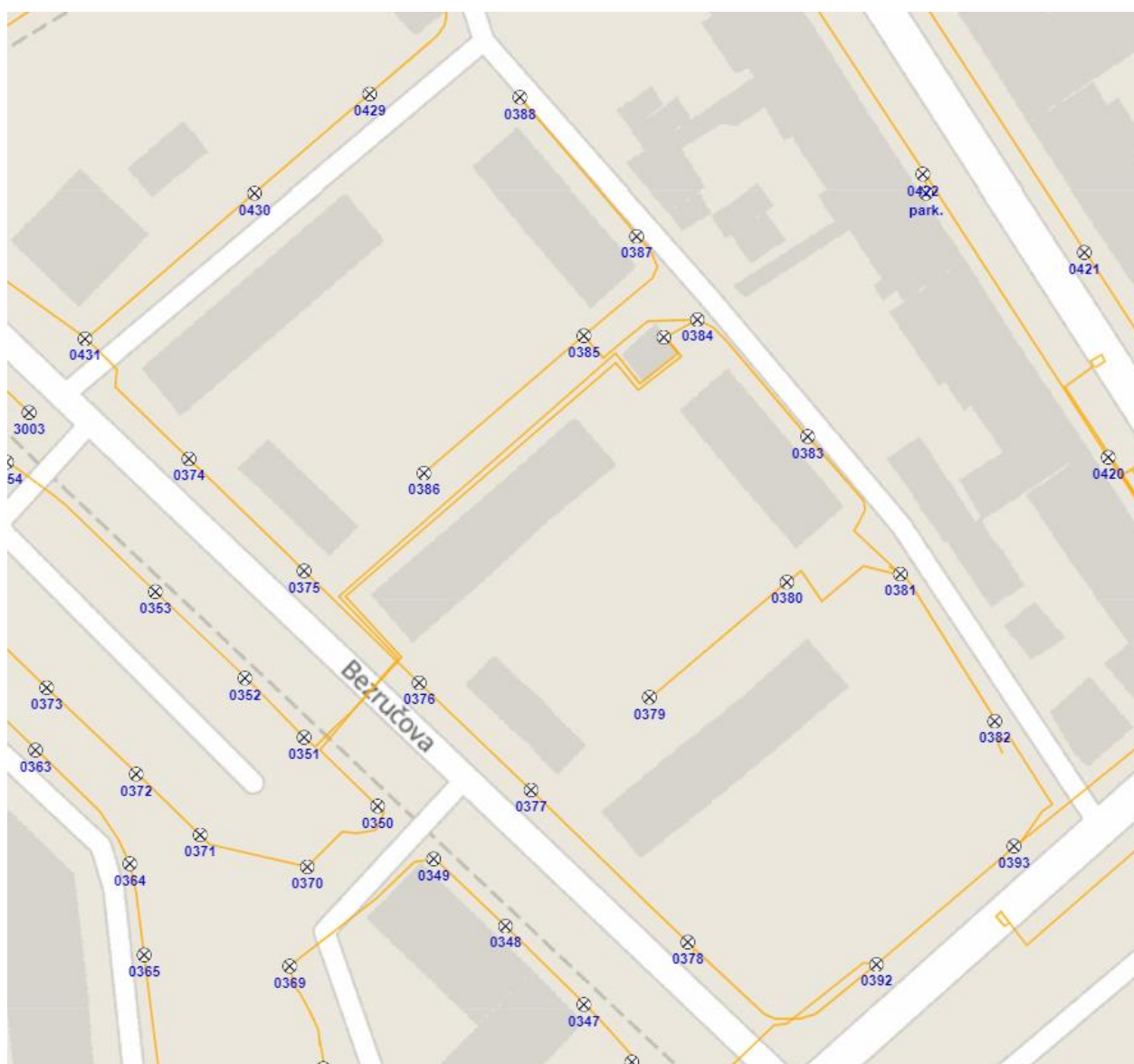
Obr. 3.5: Poškozená stará svorkovnice



Obr. 3.6 Vyměněná RSA svorkovnice

### 3.5. Stávající stav veřejného osvětlení

Na Obr. 3.9 lze vidět aktuální stávající stav osvětlovací soustavy. Již na první pohled je zřetelný neobvykle velmi malý rozestup mezi jednotlivými stožáry na hlavní komunikaci ulice Bezručova. To mohlo mít hned více příčin. V tehdejší době se nekladl takový důraz na osvětlení komunikace, která tam v tu dobu ani nemusela být. Případně se při stavbě zužitkovalo vše, co se hodilo a skladem byly pouze nízké parkové pěti metrové betonové stožáry, tak se pouze přidal jejich počet a zmenšily rozestupy oproti běžným, které bývají kolem třiceti metrů. Každý takový světelný bod nese své evidenční číslo pro snadnou orientaci.

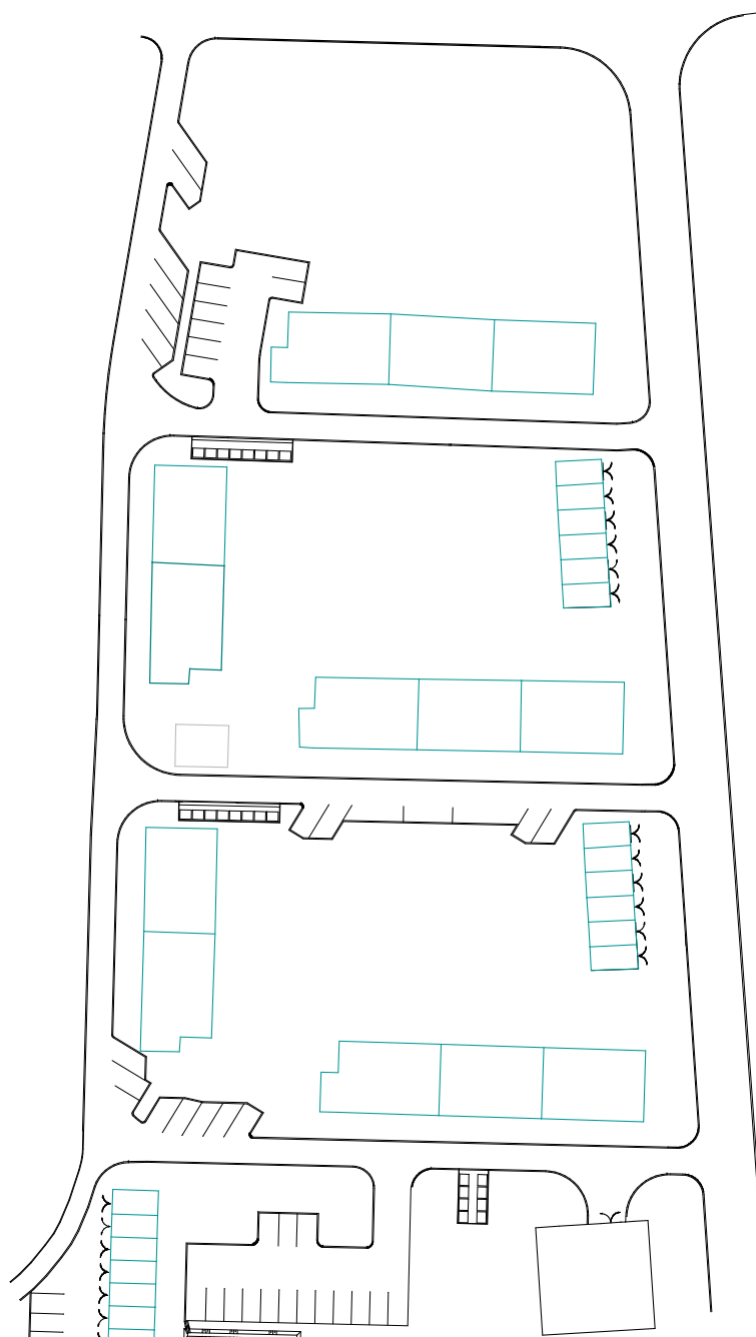


Obr. 3.9: Stávající stav veřejného osvětlení [15]

# 4. NÁVRH MODERNIZACE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÉ LOKALITĚ

## 4.1. Zatřídění komunikací dle osvětlenosti

Pro zřetelnější zatřídění komunikací využijeme grafického zpracování viz Obr. 4.1.



Obr. 4.1: Púdorys sídliště

Jednotlivým komunikacím s přiřazenou třídou osvětlení jsou dle ČSN EN 13201-2 definovány požadavky na osvětlení.

#### 4.1.1. Třídy M

Tyto třídy jsou určeny pro řidiče motorových vozidel na silnicích a v některých zemích také na místních komunikacích povolují střední a vysoké rychlosti dopravy. Podle CEN TR13201-1 je střední rychlost v rozmezí  $40 < v \leq 70$  km/h. [6] Základní požadavky znázorňuje Tab. 4.1.

Tab. 4.1: Zatřídění komunikací třídy M [6]

Třída osvětlení	$L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )	$U_o$ (-)	$U_I$ (-)	$f_{TI}$ (%)	$R_{EI}$ (-)
M1	2	0,4	0,7	10	0,35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
M3	1	0,4	0,6	15	0,3
M4	0,75	0,4	0,6	15	0,3
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,3
M6	0,3	0,35	0,4	20	0,3

$L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )	Průměrný jas – minimální udržovaná hodnota
$U_o$ (-)	Celková rovnoměrnost – minimální hodnota
$U_I$ (-)	Podélná rovnoměrnost – minimální hodnota
$f_{TI}$ (%)	Prahový přírůstek – maximální hodnota
$R_{EI}$ (-)	Činitel osvětlení okolí – minimální hodnota

#### 4.1.2. Třídy P

Tyto třídy jsou určeny převážně pro chodce a cyklisty pohybujících se po chodnících a cyklostezkách, pro řidiče motorových vozidel pohybujících se nízkou rychlostí na místních komunikacích, pro odstavné a parkovací pruhy a další dopravní prostory, které leží odděleně nebo podél vozovky silnice nebo místní komunikace. [6] Průměrné a minimální hodnoty osvětleností znázorňuje Tab. 4.2.

Tab. 4.2: Zatřídění komunikací třídy P [6]

Třída osvětlení	$E_m$ (lx)	$E_{min}$ (lx)
P1	15	3
P2	10	2
P3	7,5	1,5
P4	5	1
P5	3	0,6
P6	2	0,4

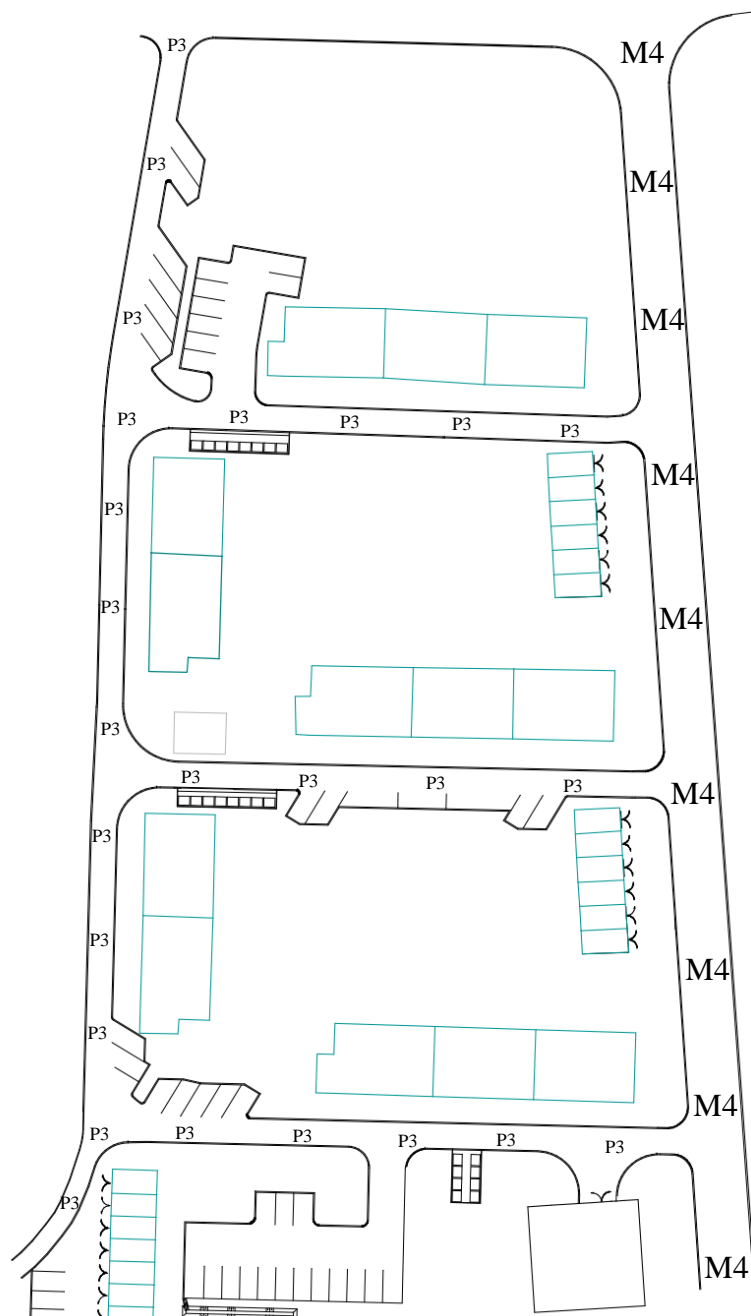
$E_m$ (lx)	Průměrná osvětlenost – minimální udržovaná hodnota
$E_{min}$ (lx)	Minimální osvětlenost – minimální hodnota

### 4.1.3. Třídy C

Pro konfliktní místa zařazení jako jsou křižovatky a přechody zařazujeme do třídy C. Tyto třídy se dají přiřadit třídám M a P dle příslušné tabulky:

Tab. 4.3: Porovnání tříd M, C a P [6]

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6		
C 0	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5			
			P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6



Obr. 4.2: : Zatřídění komunikací do tříd M4 a P3

## 4.2. Návrh použitých komponentů

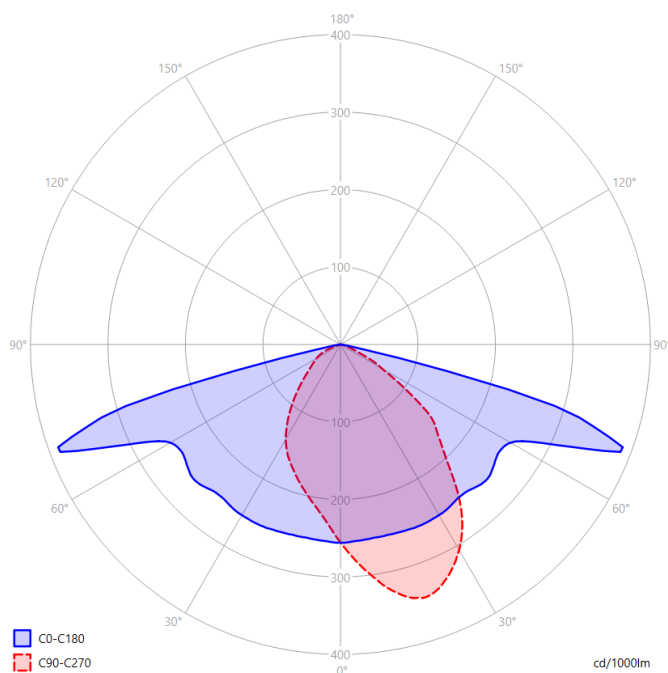
### 4.2.1. Volba svítidel

Dle nejnovějšího vědeckého mezioborového konsenzu bylo zvoleno LED svítidlo od české firmy Elektro-Lumen typu MARUT G2 viz Obr. 4.3, které disponují variantou PC Amber (zbarvení do oranžova) s teplotou chromatičnosti 1700 K a zároveň variantou s teplotou chromatičnosti 2700 K. Svítidla lze montovat na stožáry sadové i silniční pomocí uchycení na výložník.



Obr. 4.3: Vzhled svítidla pro návrh [12]

- Pro komunikace M4 bylo zvoleno svítidlo MARUT M G2 M04 3k0
- Pro komunikace P3 bylo zvoleno svítidlo MARUT M G2 M04 6k0



Obr. 4.4: Fotometrie svítidla MARUT M G2 M04 3k0 AMB 27,2 W [12]

Tab. 4.4: Parametry svítidel MARUT M G2 [12]

SVÍTIDLO	PC AMBER			TEPLÁ BÍLÁ (WW)		
	P (W)	$\Phi_{\min}$ (lm)	$\Phi_{\max}$ (lm)	P (W)	$\Phi_{\min}$ (lm)	$\Phi_{\max}$ (lm)
MARUT M G2 3k0	27,2	2 510	2 777	13,9	2 510	2 777
MARUT M G2 6k0	62	5 020	5 554	45,5	5 112	5 655

Na první pohled lze z Tab. 4.4 zjistit, že svítidla o stejném světelném toku se odlišují výrazně příkonem. U nižší wattáže se jedná dokonce o dvojnásobek.

#### 4.2.2. Stožáry veřejného osvětlení

Volba stožárů je velmi důležitá pro funkční i estetický vzhled osvětlovací soustavy. Od devadesátých let minulého století se běžně osazují takzvané bezpaticové stožáry, které mají své svorkovnice ukryté vně stožáru za bezpečnostními dvířky uzamčenými speciálním elektromontážním zámekem. Stožáry musejí odolat mechanickému namáhání od svítidla a větru, tak i okolním vlivům, proto osazujeme většinou stožáry ocelové. Výjimečně se lze setkat se stožáry z antikora a hliníku.

U správného návrhu stožárů je potřeba dodržet několik zásad:

- 1) Výběr povrchové úpravy: Jednou ze základních vlastností stožárů je jejich povrchová úprava, která udává jejich dobu života. Jako nejběžnější povrchovou úpravu v dnešní době využíváme žárový pozink, tam je třeba dbát na kvalitu zinkování, jelikož lze zakoupit stožáry v několika třídách kvalit dle tloušťky naneseného zinku. Správně ošetřené pozinkované stožáry dosahují doby života až 30 let. Druhou z variant ošetření je nátěr barvou, která zabraňuje korozi. V ideálním případě se tedy bude jednat o stožár pozinkovaný a následně ošetřený epoxidovým nátěrem, který výrazně prodlužuje dobu života stožárů.
- 2) Vhodná volba délky stožárů: Správnou volbu délky stožárů nám ukáže výpočet osvětlovací soustavy. Do rozsáhlých ulic umístíme stožáry o výškách mezi osmi až dvanácti metry, naopak do menších ulic a parků umístíme stožáry nižší o výšce mezi čtyřmi a šesti metry. Určitě nebudeme instalovat do ulic stožáry výrazně vyšší, než jsou okolní domy, abychom zachovali estetický vzhled ulice. Do menších ulic, cyklostezek, parků apod. také nebudeme dávat stožáry výrazně vyčnívající do okolí.
- 3) Umístění stožárů: Při umístění stožárů musíme nahlédnout do norem o osvětlování veřejných komunikací. Stožár tedy nelze umístit na libovolné místo a je třeba dodržet minimální vzdálenost stožáru a vozovky, kterou norma uvádí na padesát centimetrů od hranice vozovky. Dále nesmíme

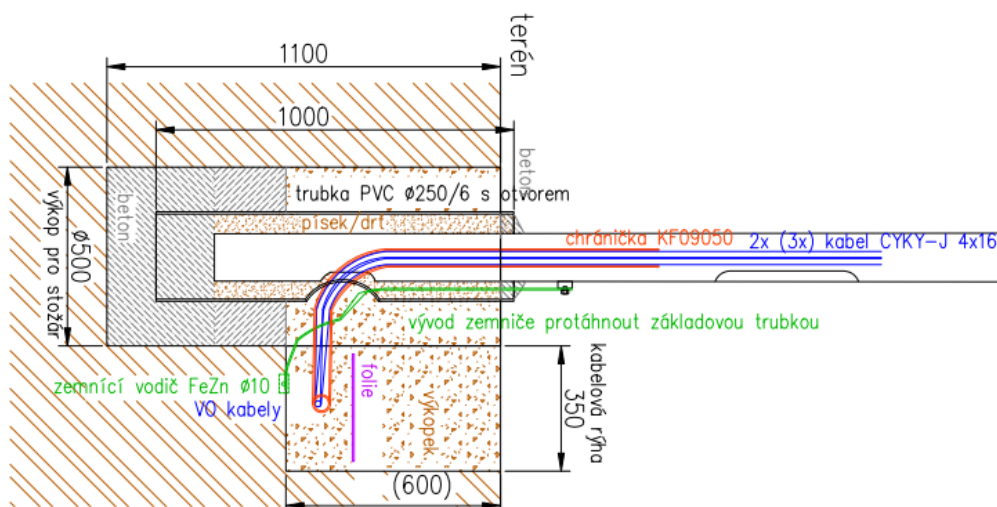


stožářem porušit žádné ochranné pásmo, ať jde o vedení VN, NN, parovodu, plynu apod. Pokud stožář umístíme do chodníku, je třeba opět dodržet minimální průjezdný prostor, aby mohly projet maminky s kočárky a vozidla údržby jako jsou sněhové pluhy ukazující Obr. 4.5. V ulicích, kde domy sousedí s krajem vozovky, není přípustné postavit stožář před vchodové dveře, vjezd a okna. Na místech, kde jsou stožáry vzdáleny od komunikace je třeba zvolit dostatečně dlouhý výložník, aby byla docílena správná osvětlenost, pokud optika svítidla nevyhovuje i montáži na vzdálenější místa od komunikací.



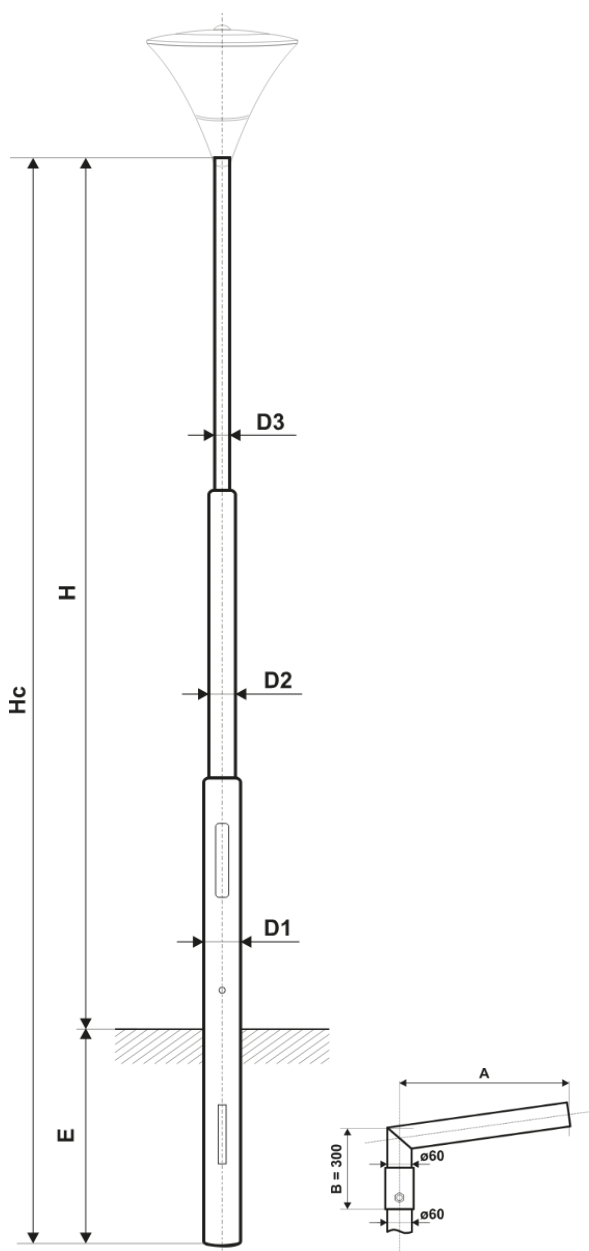
Obr. 4.5: Špatně umístěný sloup v chodníku zabraňující průjezdu (Praha – Podbaba) [23]

- 4) Ukotvení stožárů: Pro ukotvení stožárů existuje několik možností. Nejpoužívanější je však vetknutí stožáru do pouzdra, které je do země zabetonované. Pro zabetonování pouzdra je potřeba dostatečně veliký výkop na šířku i hloubku. Do pouzdra v podobě trubky se zavedou průchodkou kabely a zemnič, poté se zasune stožář, který pomocí klímků srovnáme a následně pouzdro zasypeme jemnou drtí. Na úplný závěr se zabetonuje stožář do „čepice“, která zabrání postupem času vyplavení drtě. Nejběžnější ukotvení stožárů znázorňuje Obr. 4.6.



Obr. 4.6: Ukázka ukotvení stožárů do země [5]

Sídliště za Zborovskou disponuje hlavní silnicí o třídou osvětlenosti M4 a vedlejšími menšími ulicemi s třídou osvětlenosti P3. Dle tříd osvětlenosti lze odhadem stanovit přibližnou výšku stožárů.



Obr. 4.7: Stožár a výložník firmy AMAKO [24],[25]

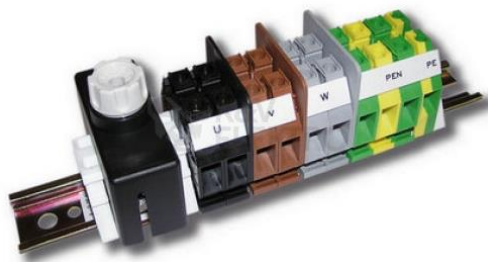
Pro návrh rekonstrukce veřejného osvětlení sídliště budou použity dvě různé výšky stožárů:

- 1) Pro komunikace třídy M4 bude použit stožár typu K 8 s výložníkem SK 2/60 - 1500/60 s náklonem  $5^\circ$  od vodorovné osy.
- 2) Pro komunikace třídy P3 bude použit stožár typu K 6 s výložníkem SK 2/60 - 500/60 s náklonem  $5^\circ$  od vodorovné osy.

### 4.2.3. Stožárové výzbroje

Stožárová výzbroj slouží ke dvěma účelům, prvním účelem je propojení kabelového vedení mezi dalšími světelnými místy, dalším úkolem je odbočení a odjištění svítidla/svítidel příslušnému stožáru. Dnes standardně volíme mezi dvěma typy svorkovnic (výzbrojí) do stožárů jak patičových, tak bezpatičových. První variantou jsou svorkovnice typu RSA (Obr. 4.8), jedná se o řadové svorky na DIN liště, kde se vodiče připojují pomocí šroubové svorkovnice na boční straně. Tyto svorky se vyrábějí v mnoha velikostech a variantách, nejčastěji se setkáme s velikostí RSA 16 pro vodiče do průřezu  $25 \text{ mm}^2$ . [28] Tyto svorkovnice mají vyšší krytí živých částí oproti druhé variantě. Svorkovnice lze libovolně skládat vedle sebe a propojovat pomocí propojovacích lišt.

Druhou variantou jsou svorkovnice se závitovým uchycením, kde se dva vodiče vkládají pod plíšky proti sobě a utahují pomocí matky M8 (Obr. 4.9). Pro zapojení více vodičů je potřeba použití lisovacích ok, které se nasunou na závitovou tyč a utáhnou opět pomocí matky M8. Tyto svorkovnice lze využít i na větší průřezy až do  $35 \text{ mm}^2$  jak hliník, tak i měď. Pro svou jednoduchost na údržby jsou jedny z nejpožívanějších pro město Chomutov.



Obr. 4.8: RSA stožárová výzbroj [13]



Obr. 4.9: Zapojení stožárové výzbroje pro průběžné vedení 2x CYKY-J 4x16

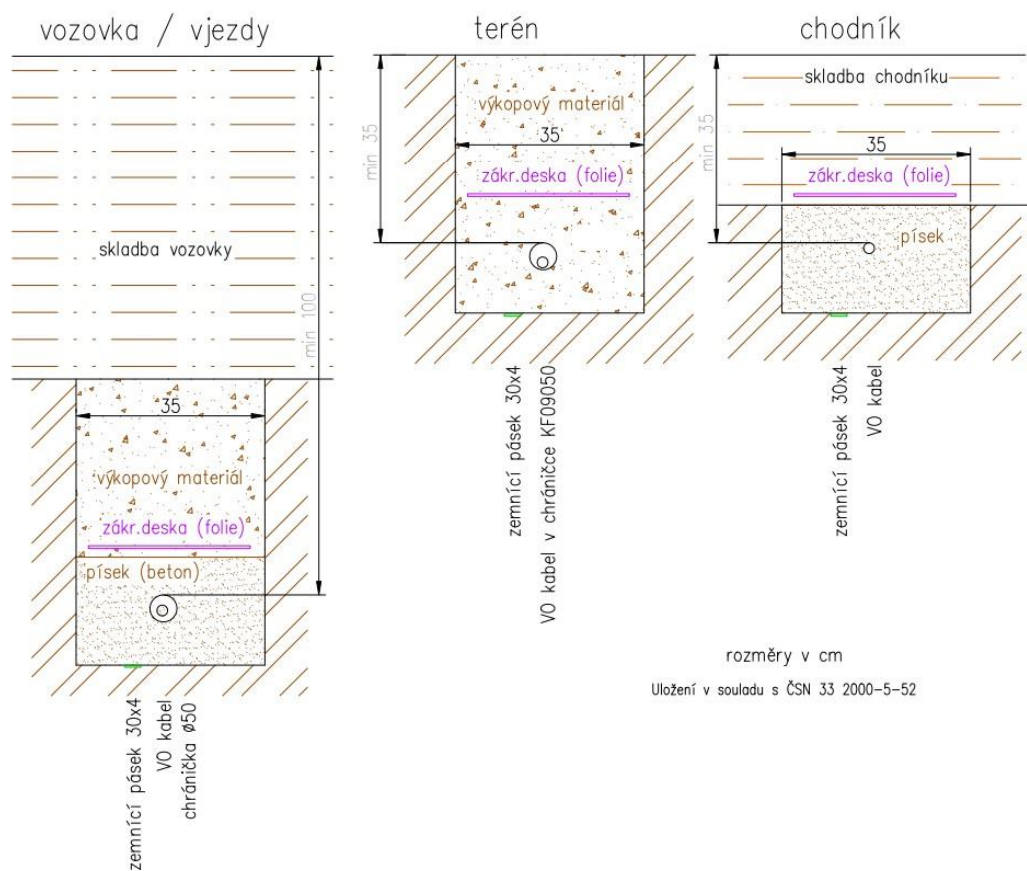
#### 4.2.4. Kabelové vedení

Pro kabelové vedení v zemi platí celá řada kritérií, většina kritérií je předepsána normou ČSN 73 6006 pro jejich uložení a normou ČSN 73 6005 pro označování. Vše shrnuje norma ČSN 33 2000-5-52, dle které popisuje Obr. 4.10 správné uložení kabelů do kabelové rýhy.

Pro ukládání kabelů ve zdech, případně na povrchu nám určuje norma ČSN 33 2130 ed. 3.

Zároveň je potřeba dbát na ochranná pásma ostatních inženýrských sítí, které nelze porušit. Jedná se především o plynová vedení, topná vedení apod.

Nedílným požadavkem z hlediska údržby a montáže je snaha o co nejmenší počet kabelů vstupujících do stožárů. Bezpaticové stožáry jsou výrazně omezené místem. Typické svorkovnice (výzbroje) stožárů jsou určeny pro dva až čtyři kabely. Z pohledu montážního technika je ideální smyčkování, tedy pouze dva kabely na každý stožár. V praxi se takové varianty docílí pouze těžko, jelikož je potřeba tvořit odbočky do vedlejších ulic.



Obr. 4.10: Kabelová rýha [5]

### 4.3. Návrh veřejného osvětlení dle použitých komponentů

Celý návrh je zpracován v programu DIALux EVO 12.0, který patří k nejpoužívanějším programům pro výpočty světelných míst. Do programu se vloží data od výrobců komponent. Dle mapové předlohy se vytvoří výpočtové plochy a umístí jednotlivé světelné body. Program poté výpočty ověří správnost návrhu v tzv. vyhodnocovacím poli. Pro výpočty se využije činitel údržby 0,8.

#### Komunikace P3

- Stožár AMAKO K6 (rozestup mezi stožáry 23 metrů)
- Montáž svítidla bez výložníku (přesah -50 cm do vozovky)
- Odsazení stožáru od vozovky 50 cm
- Svítidlo MARUT M G2 M04 3k0 (30ks)

Vyhodnocovací pole (P3)	Parkoviště (P3)	Jednosměrné ulice (P3)	Křižení (P3)
$E_m$	[lx] ✓ ≥ 7.50 ≤ 11.25 8.81 ✓	✓ ≥ 7.50 ≤ 11.25 7.71 ✓	✓ ≥ 7.50 ≤ 11.25 10.89 ✓
$E_{min}$	[lx] ✓ ≥ 1.50 4.32 ✓	✓ ≥ 1.50 3.72 ✓	✓ ≥ 1.50 2.68 ✓

Obr. 4.11: Vyhodnocovací pole pro třídu P3 a P4 v programu DIALux EVO

#### Komunikace M4

- Stožár AMAKO K8 (rozestup mezi stožáry 26 metrů)
- Montáž svítidla s výložníkem SK 2/60 - 1500/60 (přesah 100 cm do vozovky)
- Odsazení stožáru od vozovky 50 cm
- Svítidlo MARUT M G2 M04 6k0 (8ks)

Vyhodnocovací pole (M4)	Bezručova (M4)
$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	✓ ≥ 0.75 0.79 ✓
$U_o$	✓ ≥ 0.40 0.45 ✓
$U_l$	✓ ≥ 0.60 0.63 ✓
$TI$ [%]	✓ ≤ 15 12 ✓
$R_{EI}$	✓ ≥ 0.30 0.49 ✓

Obr. 4.12: Vyhodnocovací pole pro třídu M4 v programu DIALux EVO

V celém návrhu je potřeba přidat výpočtové plochy nejen na silnice, tedy horizontální výpočtové plochy, ale i na fasády budov. Požadavky kladou důraz na maximální hodnotu osvětlenosti na fasádách okolních domů. Vertikální osvětlenost na fasádách nesmí překročit hodnotu pět luxů.



Obr. 4.13: Světelná scéna (hodnoty v luxech)

Celý výpočet a návrh osvětlení je shodný pro variantu se svítidly PC AMBER i WW, jelikož svítidla disponují stejným světelným tokem i shodnou optickou částí svítidla. Počty výpočtových bodů jsou zvoleny dle požadavků normy ČSN EN 13 201 3.

#### 4.4. Kabelové trasy

Dovolený úbytek napětí pro rozvody veřejného osvětlení, způsobený zatížením smí být max. 5% jmenovitého napětí sítě dle ČSN EN 13 201. Celkové příkon nalezneme v kapitole 5.1. Proud procházejícím lze spočítat pomocí vztahu 4.1 pro jednofázovou síť a vztahu 4.2 pro trojfázovou síť. Úbytek napětí je potřeba pečlivě ověřovat u delších kabelových tras.

$$I = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi} \quad (4.1)$$

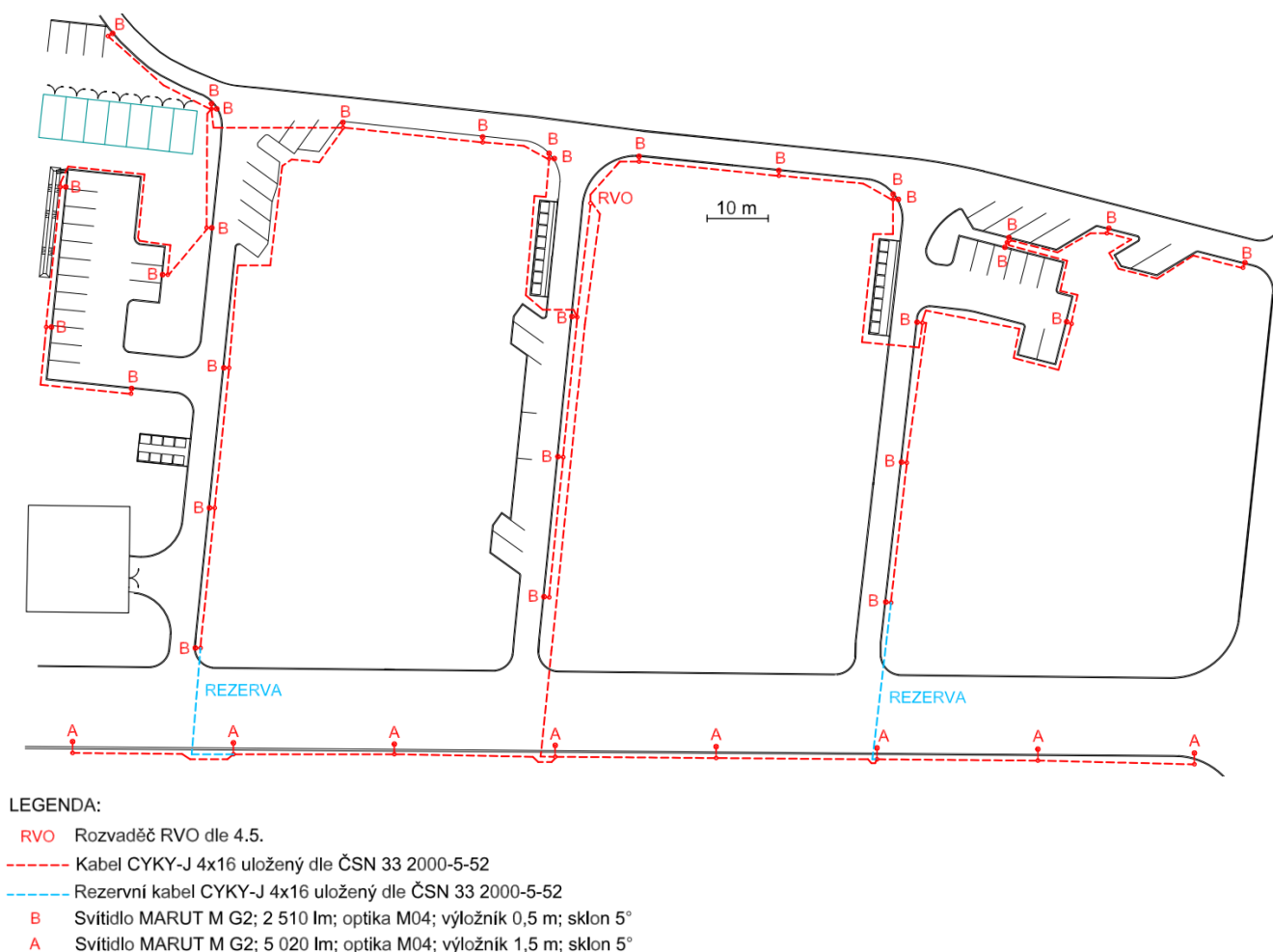
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (4.2)$$

, kde  $P$  je celkový příkon,  $U_f$  je fázové napětí a  $U_s$  je sdružené napětí,  $\cos \varphi$  je účinník svítidel

Vedení kabelů v zemi je navrženo tak, aby bylo nataženo nejkratší možnou cestou s co nejméně překážkami v cestě. Vedení je navrženo kabelem CYKY-J 4x16 uloženého dle ČSN 33 2000-5-52 viz. kapitola 2.5 z důvodu dostatečné rezervy a dosažení co nejmenší impedance. Výsledný návrh kabelových tras je znázorněn na Obr. 4.14. Kabelové trasy jsou z velké části uloženy ve volném terénu, kde jsou v případě poruchy nejlépe přístupné. Ochranná pásma inženýrských sítí vystihuje Tab. 4.5. Souběžně s kabelem bude uložen di výkopu zemnicí pásek FeZn 30x4 a každý stožár bude na přizemněn pomocí drátu FeZn 10 na zemnicí pásek.

Tab. 4.5: Ochranná pásma inženýrských sítí [30]

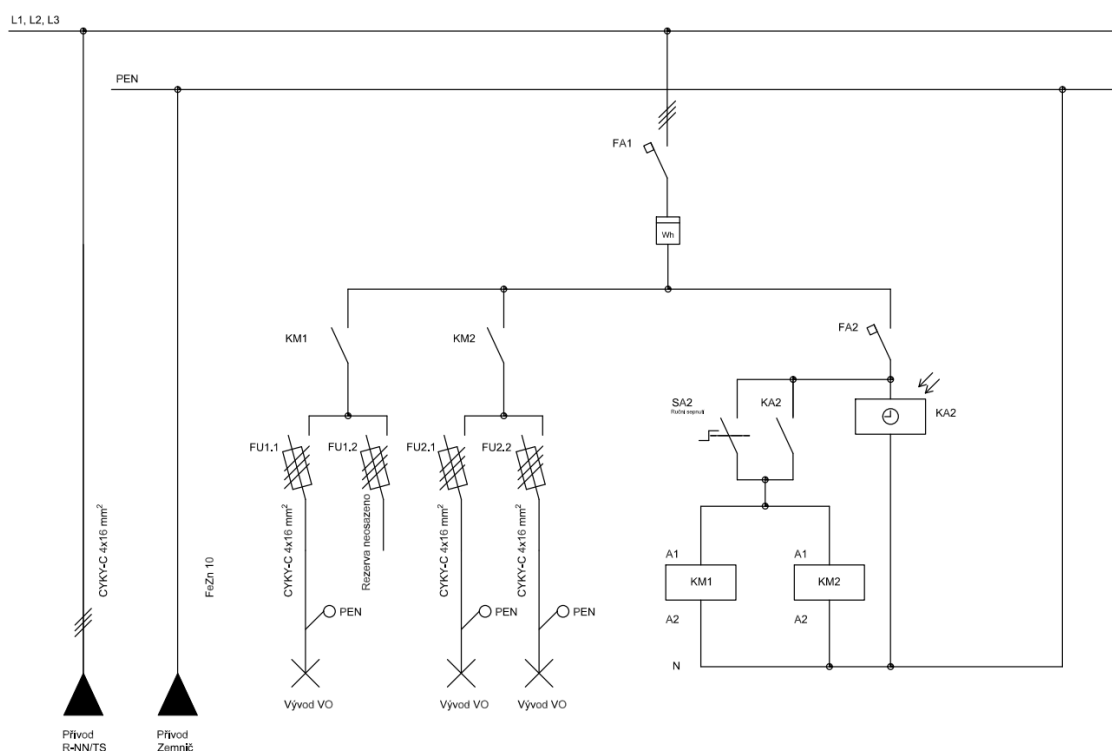
Druh sítě	Ochranné pásmo - vzdálenost od povrchu sítě m
Vodovod do DN 500	1,5
Vodovod nad DN 500	2,5
Kanalizace do DN 500	1,5
Kanalizace nad DN 500	2,5
Nízkotlaký nebo středotlaký plynovod	1,0
Tepelná síť	2,5
Elektrický kabel do 110 kV	1,0



Obr. 4.14 Kabelové trasy VO

## 4.5. Rozvaděč RVO

Rozvaděče veřejného osvětlení je navržen dle počtu vývodů dle kabelových tras. RVO je umístěn na místě starého RVO, kde je také odběrné místo distributora. Rozvaděč je složen ze dvou kompaktních pilířů určených pro venkovní použití. První z pilířů slouží jako odběrné místo distributora a jedná se tedy o elektroměrovou část. Druhá část slouží jako spínací bod pro veřejné osvětlení. Vybavení rozvaděče je složeno z části pro spínání a další částí pro jistiění. Pro návrh rekonstrukce do rozvaděče vstupují tři okruhy kabelů z VO, proto je vybaven čtyřmi jističnými výstupy s jednou rezervou do budoucna. Pro pravidelné údržby je přidán spínač ručního sepnutí, který umožní zapnutí soustavy i během dne. Pro pravidelné spínání jsou využity astrohodiny vybavené soumrakovým čidlem. Veškerá silová část rozvaděče je spínána přes silové stykače. Každý kabelový výstup je odjištěn pojistkovými odpínači. Schéma zapojení rozvaděče „RVO“ je znázorněno na Obr. 4.15.



Obr. 4.15: Schéma rozvaděče RVO pro zvolenou lokalitu



## 5. TECHNICKO–EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Na porovnání verzí návrhu se svítidly PC Amber a WW lze pohlížet ze dvou pohledů, první pohled je provozní, kde nás bude zajímat zejména spotřeba elektrické energie a doba života svítidel. Životnost světelných zdrojů je uváděná výrobcem u obou variant shodně přes 100 000 hodin. [12] Tímto se tedy musíme poohlédnout po spotřebě elektrické energie, která je u každého světelného zdroje odlišná. Druhý pohled na věc je dopad na životní prostředí.

### 5.1. Celkový příkon

Celkový příkon osvětlovací soustavy lze obecně spočítat dle vztahu:

$$P_{celk} = \sum_{i=0}^n P_i \quad (5.1)$$

, kde  $P_{celk}$  je celkový příkon osvětlovací soustavy,  $P_i$  je jednotlivý příkon každého svítidla,  $n$  je počet svítidel

#### 5.1.1. Výpočet celkového příkonu se svítidly PC AMBER 1700 K

Pro tuto variantu byly použity tyto svítidla:

30 kusů ( $n$ ) MARUT M G2 M04 3k0 1700 K s příkonem  $P_n = 27,2$  W viz Tab. 4.4

8 kusů ( $m$ ) MARUT M G2 M04 6k0 1700 K s příkonem  $P_m = 62$  W viz Tab. 4.4

Celkový příkon lze tedy spočítat vztahem 5.2

$$P_{celk1700K} = \sum_{i=0}^n P_{in} + \sum_{i=0}^m P_{im} = \sum_{i=0}^{30} 27,2 + \sum_{i=0}^8 62 = 1\,312 \text{ W} \quad (5.2)$$

#### 5.1.2. Výpočet celkového příkonu se svítidly WW 2700 K

Pro tuto variantu byly použity tyto svítidla:

30 kusů MARUT M G2 M04 3k0 2700 K s příkonem  $P_n = 13,9$  W viz Tab. 4.4

8 kusů MARUT M G2 M04 6k0 2700 K s příkonem  $P_m = 45,5$  W viz Tab. 4.4

Celkový příkon lze tedy spočítat vztahem 5.3

$$P_{celk2700K} = \sum_{i=0}^n P_{in} + \sum_{i=0}^m P_{im} = \sum_{i=0}^{30} 13,9 + \sum_{i=0}^8 45,5 = 781 \text{ W} \quad (5.3)$$

Pokud zvolíme variantu se svítidly 2700 K jako referenční, lze spočítat faktor, kolikrát bude energeticky náročnější provozovat soustavu se svítidly 1700 K pouhým podělením vyššího příkonu nižším.

$$\frac{P_{\text{vyšší}}}{P_{\text{nižší}}} = \frac{P_{\text{celk1700K}}}{P_{\text{celk2700K}}} = \frac{1\,312}{781} = 1,68 \quad (5.4)$$

Výsledkem tedy máme, že provozování soustavy se svítidly o teplotě chromatičnosti 1700 K bude 1,68x energeticky náročnější oproti svídlům s teplotou chromatičnosti 2700 K při zachování stejných parametrů pro osvětlenost komunikací.

### 5.1.3. Průměrná spotřeba elektrické energie

V České republice je stanovena průměrná doba svícení veřejného osvětlení v roce na 4 100 hodin. [31] Pomocí této hodnoty lze určit odhadovanou spotřebu elektrické energie jednotlivých variant.

Spotřebu elektrické energie na rok lze spočítat jako celkový příkon spotřebičů vynásobený dobou provozu spotřebiče v roce. Jednotkou se uvádí kilowatthodina.

$$W = P_{\text{celk}} \cdot t_{\text{celk}} \quad (5.5)$$

Varianta PC Amber 1700 K:

$$W_{1700K} = P_{\text{celk1700K}} \cdot t_{\text{prům}} = 1,312 \cdot 4\,100 = 5\,379,2 \text{ kWh} \quad (5.6)$$

Varianta WW 2700 K:

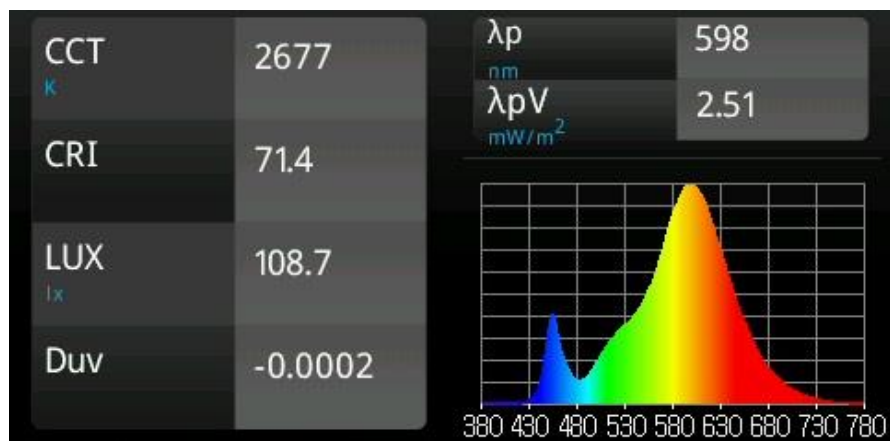
$$W_{2700K} = P_{\text{celk2700K}} \cdot t_{\text{prům}} = 0,781 \cdot 4\,100 = 3\,202,1 \text{ kWh} \quad (5.7)$$

Varianta s teple bílými svítidly 2700K nám tedy ročně průměrně ušetří 2 177,1 kWh oproti variantě s LED PC Amber 1700K.

## 5.2. Porovnání LED světelných zdrojů

Mezi hlavními rozdíly celého návrhu se svítidly typu PC Amber a WW je tedy na první pohled rozdílná teplota chromatičnosti. Pro detailnější zkoumání je potřeba zhodnotit spektrální diagramy obou svítidel.

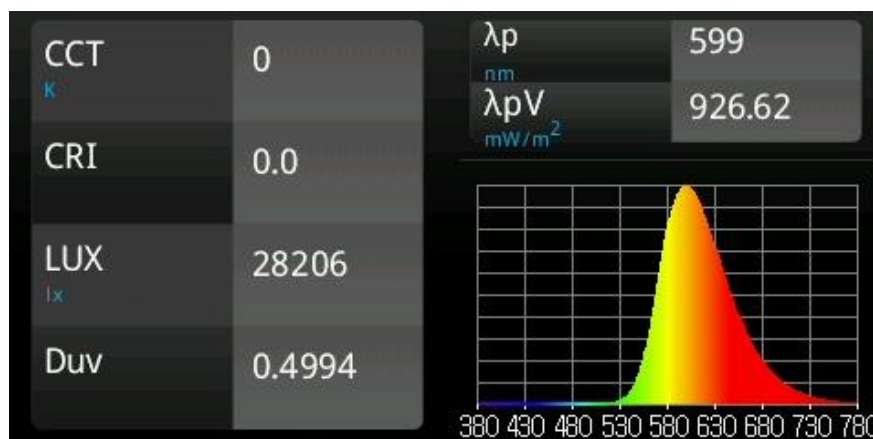
### 5.2.1. LED s teplotou chromatičnosti 2700 K



Obrázek 5.1: Spektrální diagram LED 2700K WW

Na spektrálním diagramu lze pozorovat klasické vlnové délky jako u běžných LED z kapitoly 2.2.4. První položka CCT (anglicky Correlated Color Temperature) nám určuje náhradní teplotu chromatičnosti. V našem případě odpovídá hodnotě 2677 K, což se blíží uváděné hodnotě 2700 K. Druhá položka CRI (anglicky Color Rendering Index) udává index podání barev známý jako  $R_a$ . Výrobce udává v katalogu hodnotu 70, naměřeno dokonce 71,4. Na první pohled je zřetelná modrá složka a její hojné zastoupení. Tato složka s kombinací ostatních barev skládá teple bílou barvu.

## 5.2.2. LED s teplotou chromatičnosti 1700 K s technologií PC Amber



Obrázek 5.2: Spektrální diagram svítidla LED 1700K PC Amber

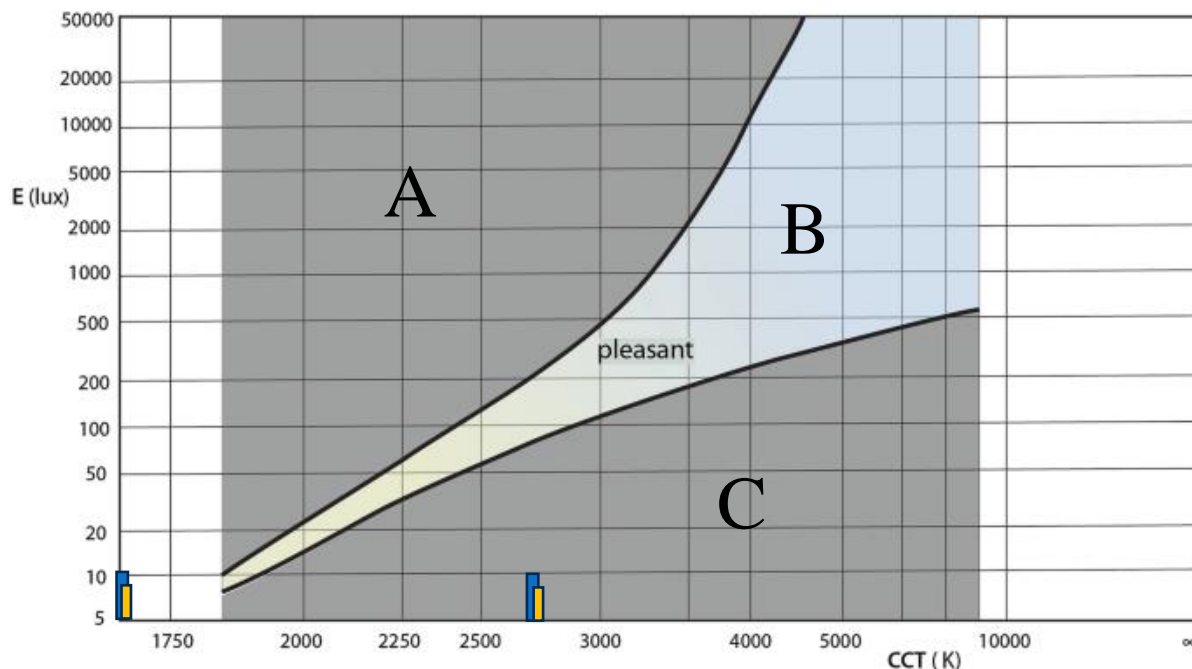
Spektrální diagram pro PC Amber LED je na první pohled odlišný od běžných LED, jelikož je zde výrazně potlačena modrá složka světla. Je tedy zřejmé, že výsledkem nemůže být bílá barva, nýbrž oranžová. Spektrometry bohužel nedokáží spolehlivě změřit náhradní teplotu chromatičnosti a zároveň index podání barev pro zdroje s  $T_c$  menší než 2000 K. Dle dostupných naměřených hodnot se jedná o CCT 1676 K a CRI 56,9. [26]

Pro omezení rušivého světla je potřeba svítidla správně umístit, ale především osvětlovat modrou složkou zcela nevhodné. „Je důležité také omezit jeho modrou složku, která se v atmosféře snadněji rozptyluje. Speciálně vyvinutá LED technologie PC-Amber 1700 K, jantarově zbarvené světlo, je budoucností v osvětlování veřejných městských prostorů. V porovnání s vysokotlakou sodíkovou výbojkou (CRI 25) má PC-Amber LED lepší index barevného podání CRI 50. Díky speciálně vyvinuté fosforové vrstvě nevyzařuje LED čip v barvě PC-Amber žádné modré světlo. Svítidla s touto technologií tak minimalizují ve večerních hodinách vliv na kvalitu našeho spánku. Navíc jantarově zbarvené světlo snižuje riziko narušení života nočních živočichů, kteří jsou jinak velmi citliví na modrou složku v umělém osvětlení.“ [27]

Stejného výsledku lze docílit i pomocí svítidla WW 2700 K, pouhým nalepením speciální oranžové fólie přes krycí sklo, případně náhradou běžné optiky svítidla za optiku oranžovou, která omezí modrou složku. Tato řešení mají pouze jednu nevýhodu v poklesu světelného toku zhruba o jednu třetinu. Je tedy potřeba osvětlovací soustavu dostatečně předimenzovat.

### 5.3. Osvětlenosti dle Kruthofova diagramu

Pokud do KD diagramu zaznameneáme osvětlenosti dle tříd a porovnáme teplotu chromatičnosti řešení s PC Amber variantou 1700 K a variantou s teple bílou 2700 K. Třída M4 charakterizuje oblast s osvětleností mezi 2 – 10 lx (modrý obdélník), nižší třída P3 se charakterizuje osvětleností mezi 1,5 – 7 lx (oranžový obdélník).



Obrázek 5.3 – Zakreslení hodnot do KD [7]

- A- Oblast pocitu přesvětlení a zkreslení barev.
- B- Oblast pocitu příznivého osvětlení.
- C- Oblast pocitu nedostatečného osvětlení.

S variantou teplé bílé 2700 K se dostáváme do oblasti typu C – tedy pocit nedostatečné osvětlenosti. Pro veřejné osvětlení je i tato hodnota osvětlenosti dostačující a běžně se dnes navrhuje osvětlovací soustavy se stejnými parametry. K zajímavým údajům se dostáváme při použití varianty PC Amber, která disponuje náhradní teplotou chromatičnosti 1700 K, kterou sice KD nemá uvedenou, ale s velkou pravděpodobností se dostaneme dokonce až do oblasti pocitu přesvětlenosti při stejné osvětlenosti jako u varianty s teple bílou. Lze tedy konstatovat, že pro lidské oko a pocit příznivého osvětlení by s PC Amber svítidly stačila nižší osvětlenost oproti navržené, a tím by se docílilo především nižšího příkonu.

## 6. ZÁVĚR

Na základě rozboru teorie pro veřejné osvětlení jsme zjistili, že pro osvětlování ve městech a obcích se nejvíce hodí LED světelné zdroje, které dosahují nejlepších hodnot měrného výkonu a velmi dobrým indexem podání barev. Pro konkrétní sídliště byly navrženy dvě odlišné varianty.

První varianta je osazena svítidly od značky ELEKTRO-LUMEN typem MARUT M G2 teplé bílé barvy s teplotou chromatičnosti 2700 K. Tato varianta disponuje nižším celkovým příkonem a její provoz bude z hlediska spotřeby elektrické energie příznivější. Z průměrných ročních hodnot vyšlo, že tato soustava nám oproti druhé variantě ušetří okolo 2 200 kWh elektrické energie. Pokud tento údaj porovnáme s celkovou průměrnou spotřebou druhé varianty, vyjde nám, že úspora elektrické energie s variantou 2700 K bude 40 % oproti druhé variantě.

Druhá varianta je osazena svítidly od značky ELEKTRO-LUMEN typem MARUT M G2 jantarové barvy s teplotou chromatičnosti 1700 K. Tato varianta je sice pro provoz dražší, ale převyšuje první variantu v potlačení modré složky do okolí. Na tento fakt zatím není kladen dostatečný důraz, ale je velmi pravděpodobné, že se již brzy tento faktor zařadí do norem. Modrá složka se pro osvětlování veřejných prostranství silně nehodí viz kapitola 5.2.2.

Je tedy zatím na každém z nás, kterou variantu bychom zvolili jako finální. Obě tyto varianty splňují aktuální požadavky pro rok 2024.

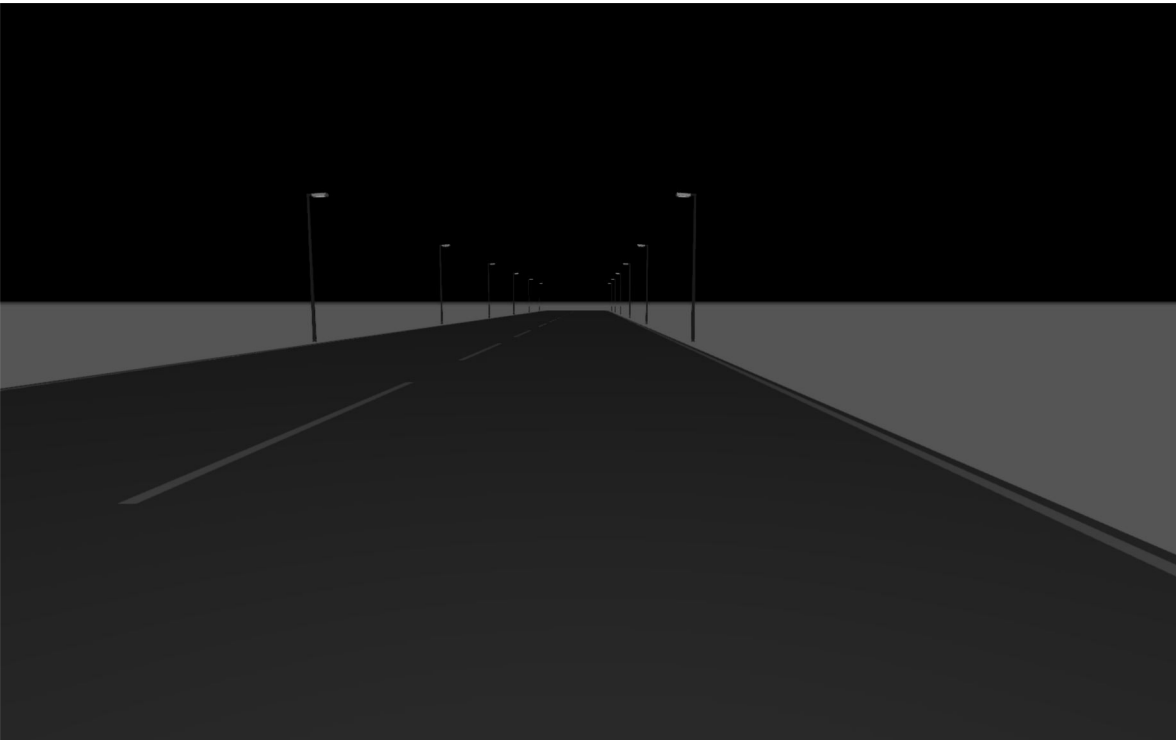
## 7.ZDROJE

- [1] HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] PLCH, Jiří. Světelná technika v praxi. Praha: IN-EL, 1999. Knižnice Elektro. ISBN 80-86230-09-0.
- [3] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Praha: České Vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9
- [4] Prostorový úhel [online]. [cit. 24. 10. 2023] Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorov%C3%BD\\_%C3%BAhel](https://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorov%C3%BD_%C3%BAhel)
- [5] Koncepce VO města Chomutova [online]. [cit. 30. 10. 2023] Dostupné z: <https://mesto.chomutov.cz/sites/default/files/2022-08/koncepce-vo-m-sta-chomutova--b--strategicka-cast.pdf>
- [6] Zatřídění komunikací do tříd osvětlenosti [online]. [cit. 31. 10. 2023] Dostupné z: <https://www.vhodne-uverejneni.cz/index.php?m=xenorders&h=orderdocument&a=download&document=1676788&token=>
- [7] Teorie osvětlování [online]. [cit. 6. 11. 2023] Dostupné z: [http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz2/cviceni/uloha\\_12/osvetleni\\_podklady.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz2/cviceni/uloha_12/osvetleni_podklady.pdf)
- [8] PONOMARENKO, M., Návrh venkovního (veřejného) osvětlení. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.
- [9] VANOVIČ, A., Návrh osvětlení pozemní komunikace. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT v Praze.
- [10] Udržovací činitel světelné soustavy [online]. [cit. 6. 11. 2023] Dostupné z: <https://www.top-osvetleni.cz/clanky/udrzovaci-cinitel-svetelne-soustavy>
- [11] Přehled, výhody a nevýhody a zapojení výbojek [online]. [cit. 7. 11. 2023] Dostupné z: <https://www.mylms.cz/prehled-vyhody-nevyhody-a-zapojeni-vybojek/>
- [12] Venkovní svítidla [online]. [cit. 7. 11. 2023] Dostupné z: <https://www.el-lumen.cz/marut-m-g2>
- [13] Svítidla VO [online]. [cit. 7. 11. 2023] Dostupné z: <https://www.kvelektro.cz/>
- [14] Přehled výbojkových svítidel [online]. [cit. 7. 12. 2023] Dostupné z: [www.vo.wbs.cz](http://www.vo.wbs.cz)
- [15] Mapa VO Chomutov [online]. [cit. 7. 12. 2023] Dostupné z: [www.gis.chomutov.cz](http://www.gis.chomutov.cz)
- [16] Prostorový úhel [online]. [cit. 14. 12. 2023] Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorov%C3%BD\\_%C3%BAhel#/media/Soubor:Solid\\_Angle.png](https://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorov%C3%BD_%C3%BAhel#/media/Soubor:Solid_Angle.png)
- [17] Barva světla [online]. [cit. 10. 10. 2023] Dostupné z: <https://www.goled.cz/blog/barva-svetla/>
- [18] Kruithofův diagram [online]. [cit. 12. 10. 2023] Dostupné z: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-27851-8\\_135-12](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-27851-8_135-12)

- [19] Směšové výbojky [online]. [cit. 12. 10. 2023] Dostupné z: <https://www.mylms.cz/wp-content/uploads/2012/03/vybojky-12.jpg>
- [20] Krytí IP [cit. 6. 11. 2023] Dostupné z: <http://www.emp-slavkov.cz/faqs/co-je-stupen-kryti-ip>
- [21] Princip reflektoru [online]. [cit. 6. 11. 2023] Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlomet#/media/Soubor:Parabolic\\_Mirror.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlomet#/media/Soubor:Parabolic_Mirror.svg)
- [22] Mapový podklad [online]. [cit. 6. 11. 2023] Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.4093286&y=50.4642541&z=18>
- [23] Umístění stožárů VO [online]. [cit. 6. 12. 2023] Dostupné z: <https://www.chodcisobe.cz/index.php?mesto=praha&view=alerts&action=view&id=1698>
- [24] Katalog AMAKO [online]. [cit. 6. 12. 2023] Dostupné z: <https://www.amako.cz/stozar-bezpativcovy-tristupnovy-sadovy-typ-k>
- [25] Katalog AMAKO [online]. [cit. 6. 12. 2023] Dostupné z: <https://www.amako.cz/vyloznik-lomeny-typ-sk-na-stozar-ukonceny-prumerem-60-mm>
- [26] Oranžové veřejné osvětlení se vrací [online]. [cit. 24. 12. 2023] Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ogxVo3DafjE&t=325s>
- [27] Technologie LED PC-Amber jako reálná náhrada sodíkových výbojek [online]. [cit. 24. 12. 2023] Dostupné z: <https://www.holas-lighting.cz/clanek-technologie-led-pc-amber-jako-realna-nahrada-sodikovych-vybojek-109-390>
- [28] RSA svorkovnice [online]. [cit. 24. 12. 2023] Dostupné z: <https://eshop.elektrobecov.cz/svor-nice-rsa-16-a-bila-PID2903.html>
- [29] Veřejné osvětlení [online]. [cit. 24. 12. 2023] Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C5%99ejn%C3%A9\\_osv%C4%9Btlen%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C5%99ejn%C3%A9_osv%C4%9Btlen%C3%AD)
- [30] Ochranná pásma [online]. [cit. 24. 12. 2023] Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vodovodni-pripojky/5170-situace-a-site-technickeho-vybaveni>
- [31] Příručka jak na chytré veřejné osvětlení [online]. [cit. 24. 12. 2023] Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/svetelne\\_znecisteni/\\$FILE/NNO\\_Pri-rucka\\_obce\\_20180911.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/svetelne_znecisteni/$FILE/NNO_Pri-rucka_obce_20180911.pdf)



## PŘÍLOHY



## Osvětlení sídliště Za Zborovskou

## Obsah

Titulní strana .....	1
Obsah .....	2

### Listy s údaji výrobků

Ještě není členem DIALux - MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (1x LED) .....	3
Ještě není členem DIALux - MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire (1x LED) .....	4

### Hlavní komunikace · Alternativa 5

Shrnutí (do EN 13201:2015) .....	5
----------------------------------	---

### Křížení vedlejších komunikací · Alternativa 7

Shrnutí (do EN 13201:2015) .....	8
----------------------------------	---

### Parkoviště veliké · Alternativa 4

Shrnutí (do EN 13201:2015) .....	12
----------------------------------	----

### Plocha 1

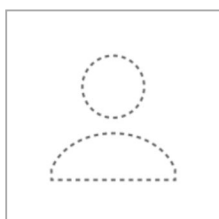
Plán rozmístění svítidel .....	15
Seznam svítidel .....	20
Výpočtové objekty / Světelná scéna 1 .....	21

### Vedlejší komunikace · Alternativa 6

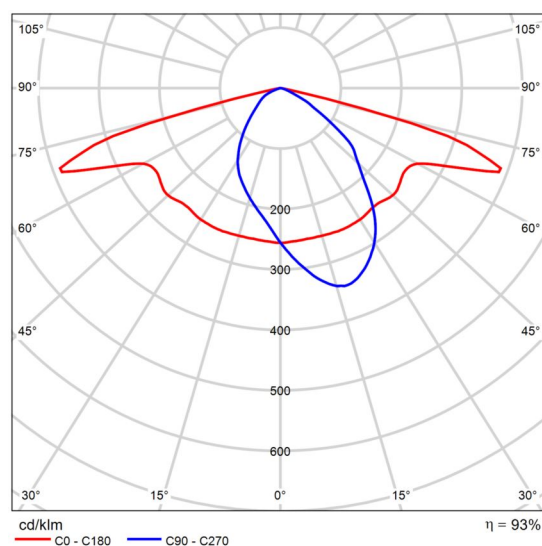
Shrnutí (do EN 13201:2015) .....	23
----------------------------------	----

## Datový list výrobku

Ještě není členem DIALux - MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire



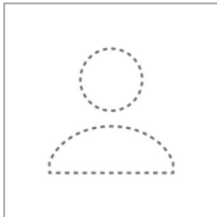
P	27.2 W
$\Phi_{\text{žárovka}}$	3000 lm
$\Phi_{\text{světlo}}$	2775 lm
$\eta$	92.50 %
Světelný výtěžek	102.0 lm/W
CCT	1700 K
CRI	60



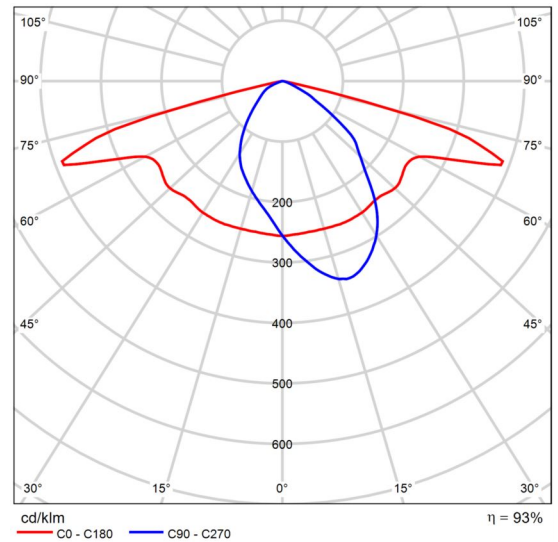
Polární LDC

## Datový list výrobku

Ještě není členem DIALux - MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire



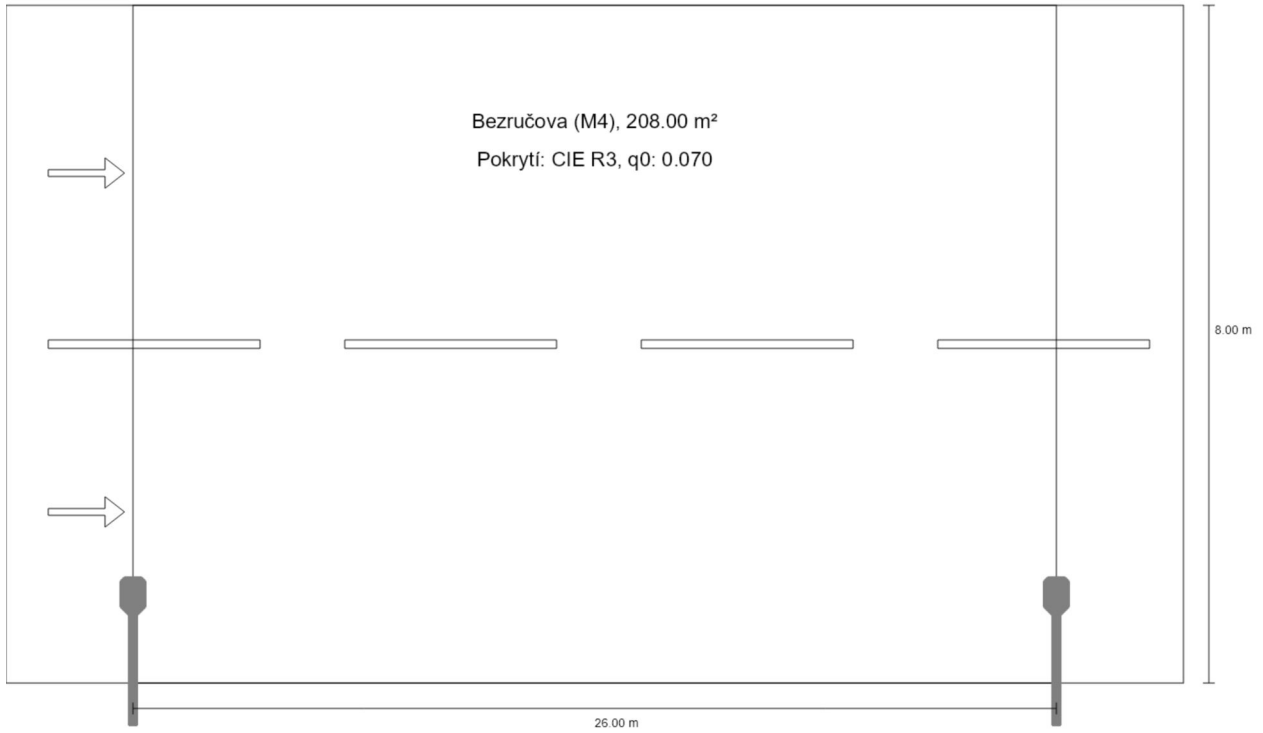
P	62.0 W
$\Phi_{\text{žárovka}}$	6000 lm
$\Phi_{\text{světlo}}$	5550 lm
$\eta$	92.50 %
Světelný výtěžek	89.5 lm/W
CCT	1700 K
CRI	60



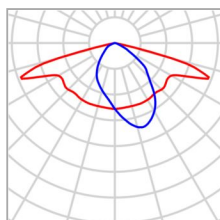
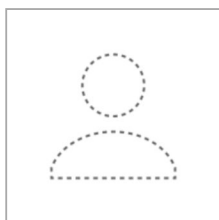
Polární LDC

Hlavní komunikace

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**



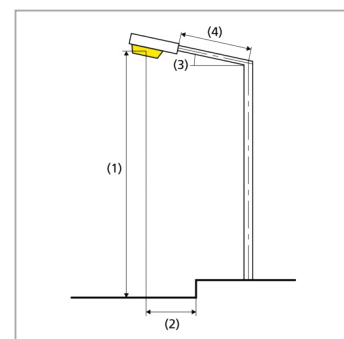
Hlavní komunikace

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

Výrobce	Ještě není členem DIALux	P	62.0 W
Název výrobku	MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire	Φ <sub>žárovka</sub>	6000 lm
Osazení	1x LED	Φ <sub>svítidlo</sub>	5550 lm
		η	92.50 %

MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)

Vzdálenost sloupů	26.000 m
(1) Výška zavěšení osvětlovacího zdroje	8.000 m
(2) Převis osvětlovacího zdroje nad vozovkou	1.000 m
(3) Sklon ramene	0.0°
(4) Délka ramene	1.500 m
Roční provozní hodiny	4000 h: 100.0 %, 62.0 W
Příkon / trasa	2356.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. svítivosti Vždy do všech směrů, které u použitelně nainstalovaného svítidla tvoří stanovený úhel se spodní vertikálou.	≥ 70°: 669 cd/klm ≥ 80°: 30.0 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Třída intenzity světla Hodnoty svítivosti v [cd/klm] pro výpočet třídy svítivosti jsou podle ČSN EN 13201:2015 založeny na světelném toku svítidla.	G*3
Třída indexu oslnění	D.6
MF	0.80



Hlavní komunikace

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

Výsledky pro vyhodnocovací políčka

Pro instalaci se počítalo s činitelem údržby 0.80.

	Velikost	Vypočítáno	Pož.	Kontrola
Bezručova (M4)	$L_m$	0.75 cd/m <sup>2</sup>	≥ 0.75 cd/m <sup>2</sup>	✓
	$U_o$	0.49	≥ 0.40	✓
	$U_l$	0.65	≥ 0.60	✓
	TI	11 %	≤ 15 %	✓
	$R_{EI}$	0.49	≥ 0.30	✓

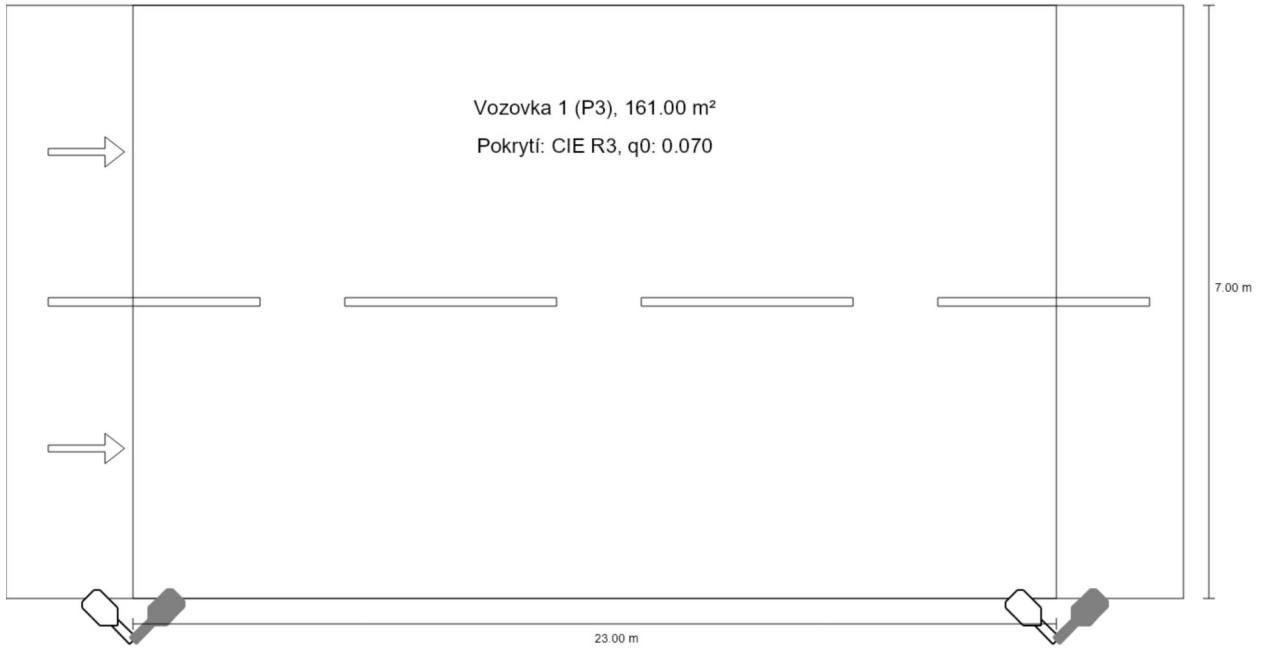
Výsledky pro ukazatele energetické účinnosti

	Velikost	Vypočítáno	Spotřeba energie
Hlavní komunikace	$D_p$	0.026 W/lx*m <sup>2</sup>	-
MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)	$D_e$	1.2 kWh/m <sup>2</sup> yr	248.0 kWh/yr

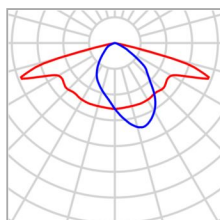
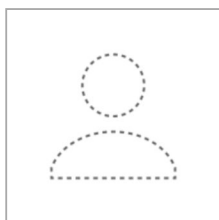


Křížení vedlejších komunikací

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**



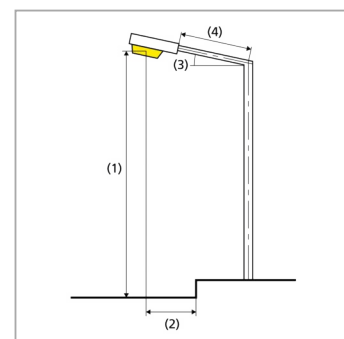
Křížení vedlejších komunikací

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

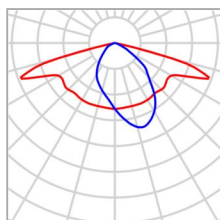
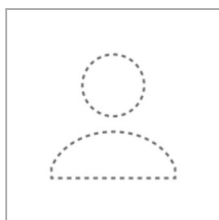
Výrobce	Ještě není členem DIALux	P	27.2 W
Název výrobku	MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire	Φ <sub>žárovka</sub>	3000 lm
Osazení	1x LED	Φ <sub>svítidlo</sub>	2775 lm
		η	92.50 %

MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)

Vzdálenost sloupů	23.000 m
(1) Výška zavěšení osvětlovacího zdroje	6.000 m
(2) Převis osvětlovacího zdroje nad vozovkou	0.008 m
(3) Sklon ramene	5.0°
(4) Délka ramene	0.500 m
Roční provozní hodiny	4000 h: 100.0 %, 27.2 W
Příkon / trasa	1169.6 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. svítivosti Vždy do všech směrů, které u použitelně nainstalovaného svítidla tvoří stanovený úhel se spodní vertikálou.	≥ 70°: 660 cd/klm ≥ 80°: 76.6 cd/klm ≥ 90°: 1.22 cd/klm
Třída intenzity světla Hodnoty svítivosti v [cd/klm] pro výpočet třídy svítivosti jsou podle ČSN EN 13201:2015 založeny na světelném toku svítidla.	G*3
Třída indexu oslnění	D.6
MF	0.80



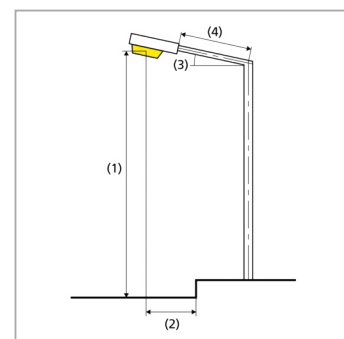
Křížení vedlejších komunikací

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

Výrobce	Ještě není členem DIALux	P	27.2 W
Název výrobku	MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire	Φ <sub>žárovka</sub>	3000 lm
Osazení	1x LED	Φ <sub>svítidlo</sub>	2775 lm
		η	92.50 %

MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)

Vzdálenost sloupů	23.000 m
(1) Výška zavěšení osvětlovacího zdroje	6.000 m
(2) Převis osvětlovacího zdroje nad vozovkou	0.000 m
(3) Sklon ramene	0.0°
(4) Délka ramene	0.500 m
Roční provozní hodiny	4000 h: 100.0 %, 27.2 W
Příkon / trasa	1169.6 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. svítivosti Vždy do všech směrů, které u použitelně nainstalovaného svítidla tvoří stanovený úhel se spodní vertikálou.	≥ 70°: 669 cd/klm ≥ 80°: 30.0 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Třída intenzity světla Hodnoty svítivosti v [cd/klm] pro výpočet třídy svítivosti jsou podle ČSN EN 13201:2015 založeny na světelném toku svítidla.	G*3
Třída indexu oslnění	D.6
MF	0.80



Křížení vedlejších komunikací

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

Výsledky pro vyhodnocovací políčka

Pro instalaci se počítalo s činitelem údržby 0.80.

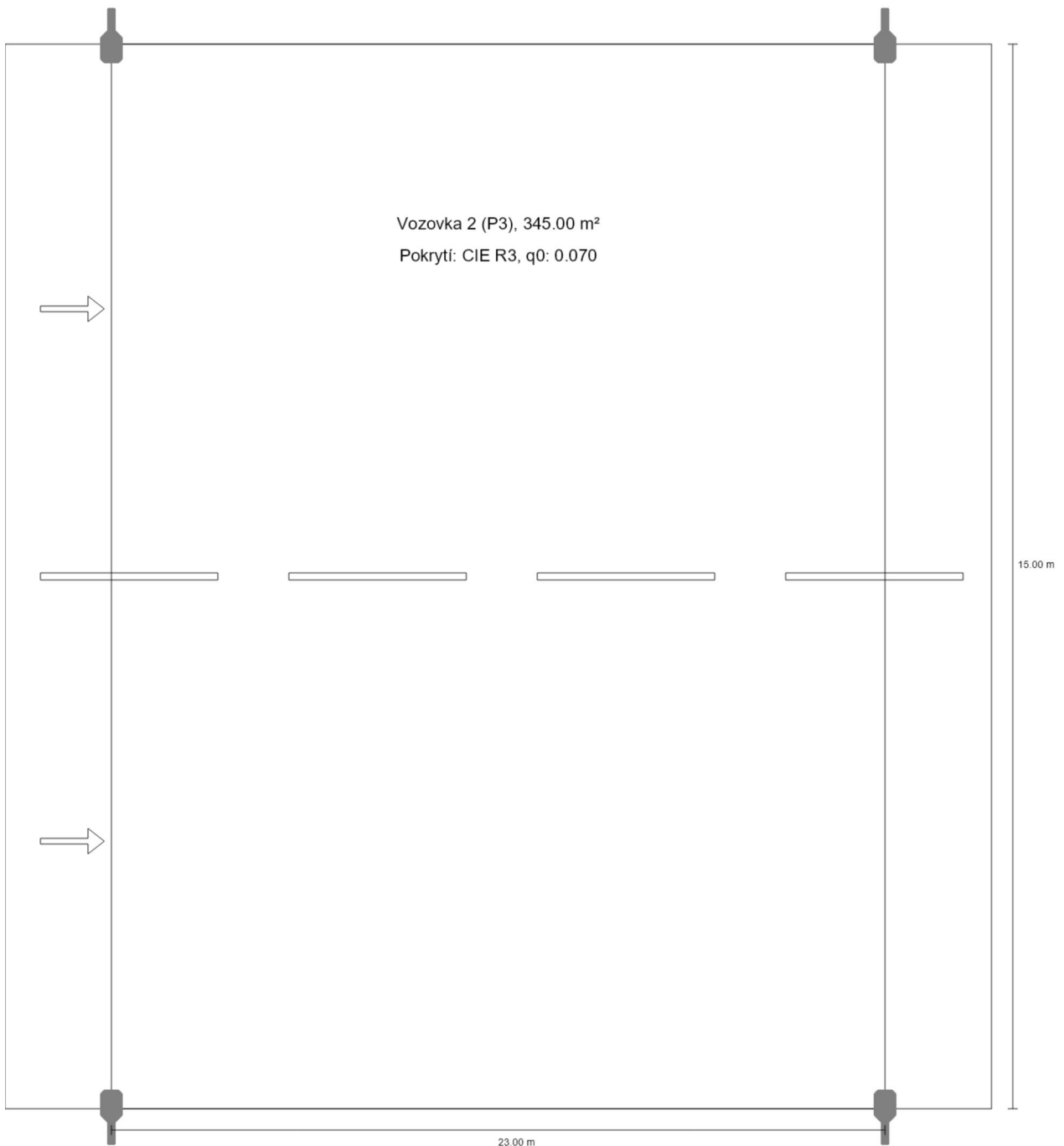
	Velikost	Vypočítáno	Pož.	Kontrola
Křížení (P3)	$E_m$	10.89 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	$E_{min}$	2.68 lx	$\geq 1.50$ lx	✓

Výsledky pro ukazatele energetické účinnosti

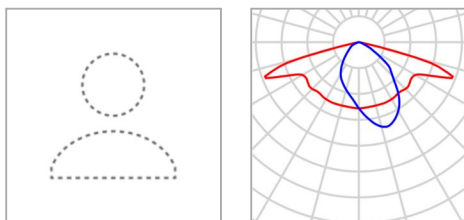
	Velikost	Vypočítáno	Spotřeba energie
Křížení vedlejších komunikací	$D_p$	0.016 W/lx*m <sup>2</sup>	-
MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)	$D_e$	0.7 kWh/m <sup>2</sup> yr	108.8 kWh/yr
MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)	$D_e$	0.7 kWh/m <sup>2</sup> yr	108.8 kWh/yr

Směrnice EN 13201:2015-5 nezahrnuje případ plánování s několikerým rozmístěním svítidel. Výpočet hodnot výkonu proto probíhá jen pro to rozmístění svítidel, jehož vzdálenost sloupů určuje délku vyhodnocovacích polí.

### Shrnutí (do EN 13201:2015)



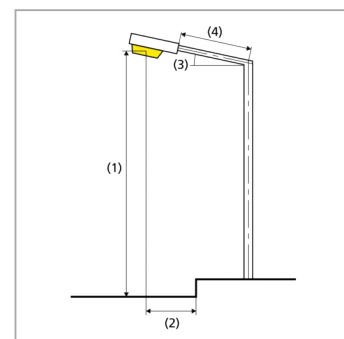
## Shrnutí (do EN 13201:2015)



Výrobce	Ještě není členem DIALux	P	27.2 W
Název výrobku	MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire	ΦŽárovka	3000 lm
Osazení	1x LED	ΦSvítilno	2775 lm
		η	92.50 %

## MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (oboustranně naproti)

Vzdálenost sloupů	23.000 m
(1) Výška zavěšení osvětlovacího zdroje	6.000 m
(2) Převis osvětlovacího zdroje nad vozovkou	0.008 m
(3) Sklon ramene	5.0°
(4) Délka ramene	0.500 m
Roční provozní hodiny	4000 h: 100.0 %, 27.2 W
Příkon / trasa	2339.2 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. svítivosti Vždy do všech směrů, které u použitelně nainstalovaného svítidla tvoří stanovený úhel se spodní vertikálou.	≥ 70°: 660 cd/klm ≥ 80°: 76.6 cd/klm ≥ 90°: 1.22 cd/klm
Třída intenzity světla Hodnoty svítivosti v [cd/klm] pro výpočet třídy svítivosti jsou podle ČSN EN 13201:2015 založeny na světelném toku svítidla.	G*3
Třída indexu oslnění	D.6
MF	0.80



**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

Výsledky pro vyhodnocovací políčka

Pro instalaci se počítalo s činitelem údržby 0.80.

	Velikost	Vypočítáno	Pož.	Kontrola
Parkoviště (P3)	$E_m$	8.81 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	$E_{min}$	4.32 lx	$\geq 1.50$ lx	✓

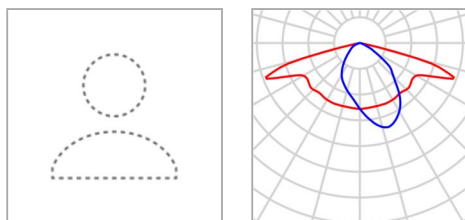
Výsledky pro ukazatele energetické účinnosti

	Velikost	Vypočítáno	Spotřeba energie
Parkoviště veliké	$D_p$	0.018 W/lx*m <sup>2</sup>	-
MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (oboustranně naproti)	$D_e$	0.6 kWh/m <sup>2</sup> yr	217.6 kWh/yr





Plocha 1

**Plán rozmístění svítidel**

Výrobce	Ještě není členem DIALux	P	27.2 W
Název výrobku	MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire	Φ <sub>Svítidlo</sub>	2775 lm
Osazení	1x LED		

3 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítidlo
1. svítidlo (X/Y/Z)	25.551 m / 11.531 m / 6.000 m	25.551 m	11.531 m	6.000 m	15
Směr X	3 ks, Střed - střed, 23.000 m	27.688 m	34.431 m	6.000 m	16
Umístění	A2	29.826 m	57.332 m	6.000 m	17

3 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítidlo
1. svítidlo (X/Y/Z)	82.308 m / 20.357 m / 6.000 m	82.308 m	20.357 m	6.000 m	12
Směr X	3 ks, Střed - střed, 23.000 m	84.491 m	43.253 m	6.000 m	13
Umístění	A3	86.674 m	66.149 m	6.000 m	14

3 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire

Plocha 1

**Plán rozmístění svítidel**

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítilo
1. svítidlo (X/Y/Z)	138.391 m / 19.854 m / 6.000 m	138.391 m	19.854 m	6.000 m	9
Směr X	3 ks, Střed - střed, 23.000 m	140.791 m	42.728 m	6.000 m	10
		143.190 m	65.603 m	6.000 m	11
Umístění	A4				

2 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítilo
1. svítidlo (X/Y/Z)	1.674 m / 63.568 m / 6.000 m	1.674 m	63.568 m	6.000 m	7
Směr X	2 ks, Střed - střed, 23.000 m	3.853 m	86.464 m	6.000 m	8
Umístění	A5				

2 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítilo
1. svítidlo (X/Y/Z)	48.996 m / 97.592 m / 6.000 m	48.996 m	97.592 m	6.000 m	1
Směr X	2 ks, Střed - střed, 23.000 m	71.887 m	95.358 m	6.000 m	2
Umístění	A6				

2 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítilo
1. svítidlo (X/Y/Z)	97.497 m / 92.381 m / 6.000 m	97.497 m	92.381 m	6.000 m	3
Směr X	2 ks, Střed - střed, 23.000 m	120.395 m	90.212 m	6.000 m	4
Umístění	A7				

Plocha 1

**Plán rozmístění svítidel**

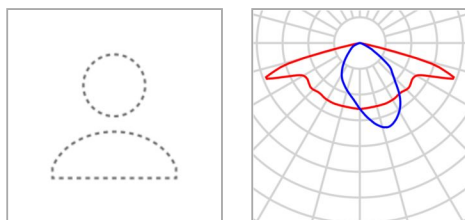
2 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítidlo
1. svítidlo (X/Y/Z)	196.709 m / 75.492 m / 6.000 m	196.709 m	75.492 m	6.000 m	5
Směr X	2 ks, Střed - střed, 23.000 m	174.379 m	81.005 m	6.000 m	6
Umístění	A8				

## Jednotlivá svítidla

X	Y	Montážní výška	Svítidlo
11.203 m	111.825 m	6.000 m	26
28.301 m	99.792 m	6.000 m	27
28.605 m	99.138 m	6.000 m	28
82.774 m	92.578 m	6.000 m	29
83.078 m	91.924 m	6.000 m	30
139.210 m	86.611 m	6.000 m	31
139.514 m	85.957 m	6.000 m	32
158.046 m	79.454 m	6.000 m	33
157.693 m	77.977 m	6.000 m	34
27.684 m	80.398 m	6.000 m	35
167.621 m	65.662 m	6.000 m	36
19.645 m	72.513 m	6.000 m	37
14.886 m	54.029 m	6.000 m	38

Plocha 1

**Plán rozmístění svítidel**

Výrobce	Ještě není členem DIALux	P	62.0 W
Název výrobku	MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire	Φ <sub>světlo</sub>	5550 lm
Osazení	1x LED		

8 x Ještě není členem DIALux MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire

Typ	Uspořádání čar	X	Y	Montážní výška	Svítidlo
1. svítidlo (X/Y/Z)	5.312 m / 1.000 m / 8.000 m	5.312 m	1.000 m	8.000 m	18
Směr X	8 ks, Vnější hrana k vnější hraně, 26.000 m	31.642 m	1.000 m	8.000 m	19
		57.972 m	1.000 m	8.000 m	20
Umístění	A1	84.302 m	1.000 m	8.000 m	21
		110.632 m	1.000 m	8.000 m	22
		136.962 m	1.000 m	8.000 m	23
		163.292 m	1.000 m	8.000 m	24
		189.622 m	1.000 m	8.000 m	25

Plocha 1

**Seznam svítidel** $\Phi_{\text{celkový}}$ 

127650 lm

 $P_{\text{celkový}}$ 

1312.0 W

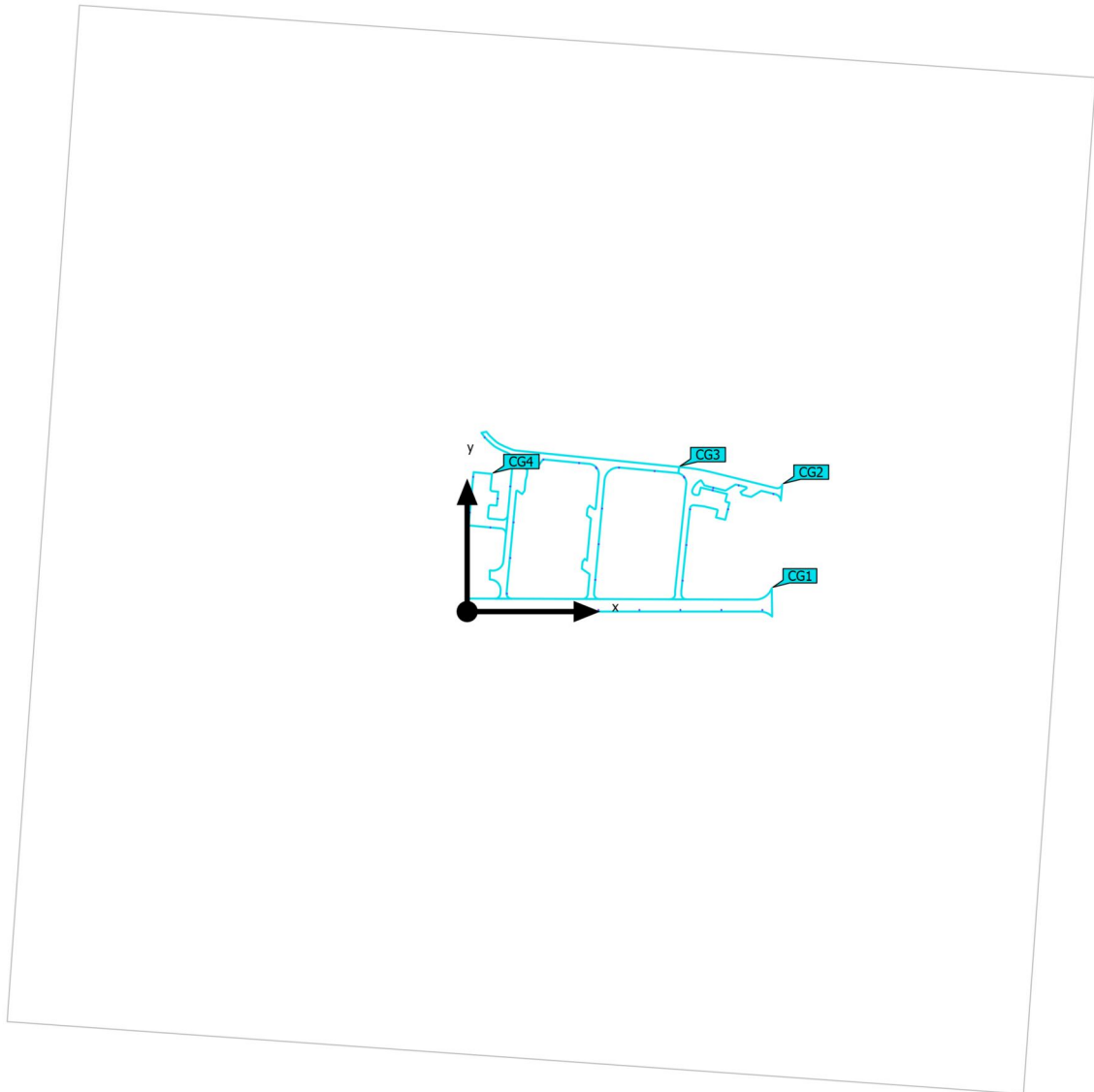
Světelný výtěžek

97.3 lm/W

ks	Výrobce	C. výrobku	Název výrobku	P	$\Phi$	Světelný výtěžek
30	Ještě není členem DIALux		MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire	27.2 W	2775 lm	102.0 lm/W
8	Ještě není členem DIALux		MARUT M G2 M04 6k0 AMB N194; Street luminaire	62.0 W	5550 lm	89.5 lm/W

Plocha 1 (Světelná scéna 1)

### Výpočtové objekty



Plocha 1 (Světelná scéna 1)

**Výpočtové objekty**

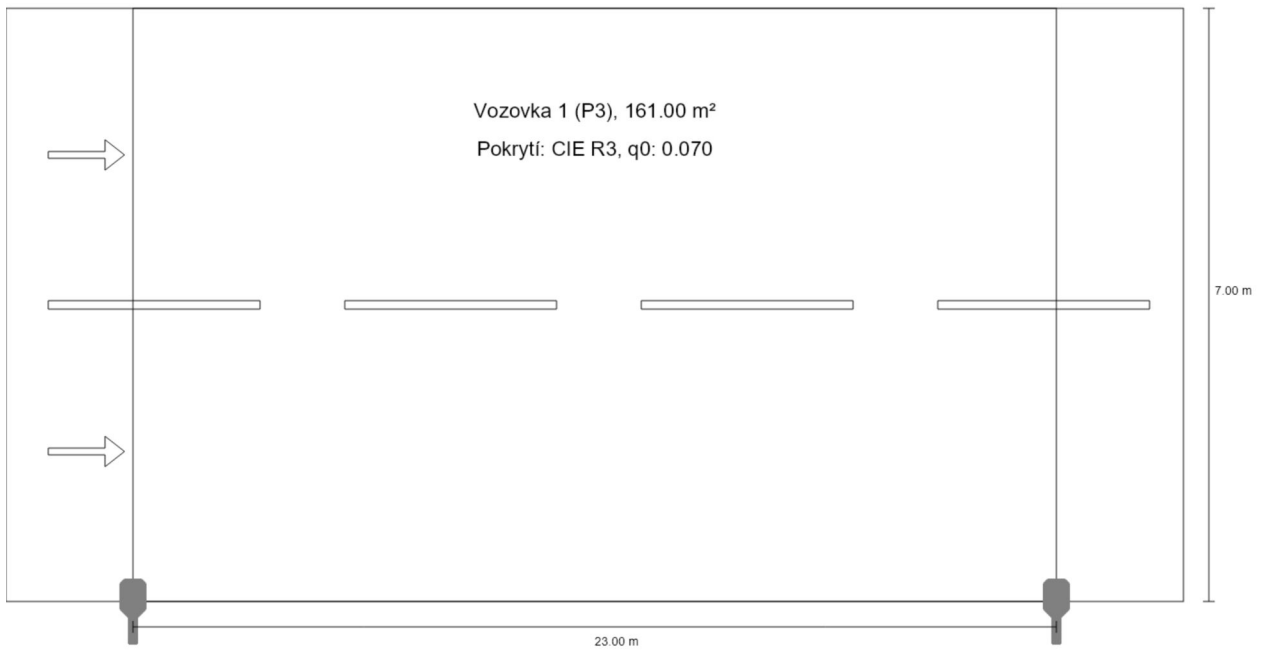
Výpočtové plochy

Vlastnosti	$\bar{E}$	$E_{min}$	$E_{max}$	$U_o (g_1)$	$g_2$	Index
Bezručova Svislá intenzita osvětlení Výška: 0.000 m	12.1 lx	4.12 lx	25.3 lx	0.34	0.16	CG1
Za Zborovskou část b) Svislá intenzita osvětlení Výška: 0.000 m	10.8 lx	1.24 lx	39.7 lx	0.11	0.031	CG2
Za Zborovskou část a) Svislá intenzita osvětlení Výška: 0.000 m	10.5 lx	0.52 lx	37.6 lx	0.050	0.014	CG3
Parkoviště Svislá intenzita osvětlení Výška: 0.000 m	8.75 lx	1.99 lx	21.1 lx	0.23	0.094	CG4

Užitný profil: Přednastavení DIALux (5.1.4 Standard (oblast dopravy ve volném prostoru))

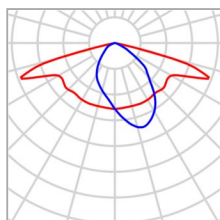
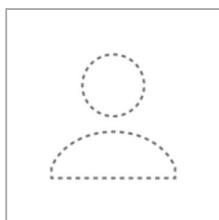
Vedlejší komunikace

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**





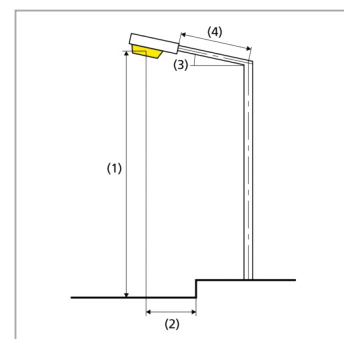
Vedlejší komunikace

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

Výrobce	Ještě není členem DIALux	P	27.2 W
Název výrobku	MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire	Φ <sub>žárovka</sub>	3000 lm
Osazení	1x LED	Φ <sub>svítidlo</sub>	2775 lm
		η	92.50 %

MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)

Vzdálenost sloupů	23.000 m
(1) Výška zavěšení osvětlovacího zdroje	6.000 m
(2) Převis osvětlovacího zdroje nad vozovkou	0.008 m
(3) Sklon ramene	5.0°
(4) Délka ramene	0.500 m
Roční provozní hodiny	4000 h: 100.0 %, 27.2 W
Příkon / trasa	1169.6 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. svítivosti Vždy do všech směrů, které u použitelně nainstalovaného svítidla tvoří stanovený úhel se spodní vertikálou.	≥ 70°: 660 cd/klm ≥ 80°: 76.6 cd/klm ≥ 90°: 1.22 cd/klm
Třída intenzity světla Hodnoty svítivosti v [cd/klm] pro výpočet třídy svítivosti jsou podle ČSN EN 13201:2015 založeny na světelném toku svítidla.	G*3
Třída indexu oslnění	D.6
MF	0.80



Vedlejší komunikace

**Shrnutí (do EN 13201:2015)**

Výsledky pro vyhodnocovací políčka

Pro instalaci se počítalo s činitelem údržby 0.80.

	Velikost	Vypočítáno	Pož.	Kontrola
Jednosměrné ulice (P3)	$E_m$	7.71 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	$E_{min}$	3.72 lx	$\geq 1.50$ lx	✓

Výsledky pro ukazatele energetické účinnosti

	Velikost	Vypočítáno	Spotřeba energie
Vedlejší komunikace	$D_p$	0.022 W/lx*m <sup>2</sup>	–
MARUT M G2 M04 3k0 AMB N194; Street luminaire (jednostranně dole)	$D_e$	0.7 kWh/m <sup>2</sup> yr	108.8 kWh/yr