

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2016

Bc. Dominik Schittenhelm



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY**

**A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

**ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## NÁVRH VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ OBCE

PROPOSAL OF THE VILLAGE PUBLIC LIGHTING

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Dominik Schittenhelm**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Jaroslav Štěpánek**

**BRNO 2016**



# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

**Student:** Bc. Dominik Schittenhelm

**ID:** 146951

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2015/16

**NÁZEV TÉMATU:**

## Návrh veřejného osvětlení obce

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Provedte literární rešerši dané problematiky.
2. Zhodnoťte stávající stav osvětlení praktickým měřením v obci.
3. Navrhněte možná řešení osvětlovací soustavy s možností regulace osvětlenosti.
4. Vytvořte grafický návrh osvětlovací soustavy v příslušném softwaru.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 8.2.2016

**Termín odevzdání:** 20.5.2016

**Vedoucí práce:** Ing. Jaroslav Štěpánek

**Konzultant diplomové práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., předseda oborové rady**

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Táto diplomová práca je rozdelená do niekoľkých častí. Prvá časť sa zaoberá teóriou svetelnej techniky a verejného osvetlenia. Druhá časť je zameraná na skúmanie súčasného stavu v obci Bezděkov. V ďalšej časti je návrh verejného osvetlenia s použitím HPS a LED technológie, pričom pre oba prípady sú vytvorené modely obce, na ktorých je možné prakticky vidieť požadovaný stav. Posledná časť práce je venovaná návrhu kabeláže, výberu najužitočnejšej regulácie osvetlenia a ekonomickému zhodnoteniu projektov, pričom sú započítané celkové náklady zahrňujúce ako výstavbu, tak aj prevádzku verejného osvetlenia po dobu 20 rokov.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

svetlo, verejné osvetlenie, vysokotlaková sodíková výbojka, Malaga, Hellux, stĺp verejného osvetlenia, účinnosť svietidla, LED, Siteco, stmievanie

## **ABSTRACT**

The thesis is divided into several parts. The first part is theoretical and its main focus is the description of public lighting and the theory regarding lighting technology. The second part continues with the research of the current state in Bezděkov village. The thesis further describes the proposal for the village public lighting with the use of HPS and LED technology, where village models are made for both options to show the requested result. The last part of the work deals with cables dimensioning, the selection of the most effective regulations for lighting, and finally the economic assessment of both projects, while both the investment expenses and the public lighting service fees for the next 20 years are included.

## **KEYWORDS**

light, public lighting, high pressure sodium light bulb, Malga, Hellux, public lighting mast, luminous efficacy, LED, Siteco, dimming

SCHITTENHELM, Dominik *Návrh veřejného osvětlení obce*: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, 2016. 95 s. Vedúci práce bol Ing. Jaroslav Štěpánek

## PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som svoju diplomovú prácu na tému „Návrh veřejného osvětlení obce“ vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce, s využitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Zb., o autorskom práve, o právach súvisiacich s autorským právom a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia druhej časti, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Zb.

Brno .....

.....

(podpis autora)

## POĎAKOVANIE

V prvom rade by som chcel poďakovať mojim rodičom za to, že to so mnou počas celých rokov štúdia vydržali, vždy ma morálne a finančne podporovali a neustále za mnou stáli. Rád by som ďalej poďakoval vedúcemu mojej práce Ing. Jaroslavovi Štěpánkovi za odborné vedenie, konzultácie, podnetné návrhy k práci a poskytnutú literatúru a Ing. Vojtěchovi Wasserbauerovi za konzultácie, poskytnutie témy a možnosť realizovať praktický reálny projekt.

Brno .....

.....

(podpis autora)

# OBSAH

Úvod	15
<b>1 TEORETICKÉ ZÁKLADY</b>	<b>16</b>
1.1 Svetelné žiarenie	16
1.2 Základné veličiny a pojmy	16
1.2.1 Svetelný tok	16
1.2.2 Svietivosť a krivky svietivosti	17
1.2.3 Osvetlenosť	17
1.2.4 Jas a kontrast	18
1.2.5 Merný výkon svietidla	19
1.2.6 Index podania farieb	19
1.3 Verejné osvetlenie	20
1.3.1 Základné pojmy	20
1.3.2 Hlavné časti verejného osvetlenia	22
<b>2 SVETELNÉ ZDROJE</b>	<b>28</b>
2.1 Nízkotlakové výbojové svetelné zdroje	28
2.1.1 Žiarivka	28
2.1.2 Nízkotlaková sodíková výbojka	29
2.2 Vysokotlakové výbojové svetelné zdroje	30
2.2.1 Vysokotlaková ortuťová výbojka	30
2.2.2 Vysokotlaková sodíková výbojka	31
2.3 Svetelné diódy LED	33
2.4 Súhrnné porovnanie svetelných zdrojov	34
<b>3 REGULÁCIA VEREJNÉHO OSVETLENIA</b>	<b>35</b>
3.1 DALI digitálne riadenie	35
3.2 PowerLine	36
3.3 Riadenie spínanou fázou	37
3.4 Spínanie verejného osvetlenia	37
<b>4 SÚČASNÝ STAV</b>	<b>40</b>
4.1 Súčasný stav verejného osvetlenia	40
4.1.1 Meranie intenzity osvetlenia	41
4.1.2 Zatriedenie komunikácie	43
4.2 Meranie účinnosti svietidla a krivky svietivosti	46
4.3 Jasová fotografia	49
4.4 Model súčasného stavu	49
4.5 Zmerané hodnoty príkonov	51

<b>5</b>	<b>NÁVRH - HPS</b>	<b>53</b>
5.1	Návrh a zatriedenie ciest a ostatných častí obce do tried . . . . .	53
5.2	Použitý svetelný zdroj . . . . .	58
5.3	Návrh stĺpov verejného osvetlenia . . . . .	59
5.4	Model obce pre návrh osvetlenia vysokotlakovými sodíkovými výbojkami . .	63
5.5	Určenie hodnoty udržiavacieho činiteľa pre HPS . . . . .	65
<b>6</b>	<b>NÁVRH - LED</b>	<b>66</b>
6.1	Výber svietidla . . . . .	66
6.2	Návrh stĺpov verejného osvetlenia pre LED . . . . .	70
6.3	Model obce pre návrh s LED svietidlami . . . . .	72
6.4	Určenie hodnoty udržiavacieho činiteľa pre HPS . . . . .	74
<b>7</b>	<b>Výpočet a návrh kabeláže</b>	<b>75</b>
7.0.1	Rozvody káblov . . . . .	78
<b>8</b>	<b>Výpočet ročnej spotreby a výber regulácie verejného osvetlenia</b>	<b>79</b>
8.1	Pre návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami . . . . .	79
8.1.1	Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín, pre HPS . . . . .	80
8.1.2	Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín s pridaním regulácie, pre HPS . . . . .	80
8.2	Pre návrh s LED svietidlami . . . . .	81
8.2.1	Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín . . . . .	81
8.2.2	Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín s pridaním regulácie, pre LED . . . . .	81
8.3	Návrh regulácie verejného osvetlenia . . . . .	82
8.3.1	Pre návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami . . . . .	82
8.3.2	Pre návrh LED . . . . .	83
<b>9</b>	<b>Ekonomické zhodnotenie</b>	<b>85</b>
9.1	Investičné náklady . . . . .	85
9.2	Prevádzkové náklady . . . . .	85
9.2.1	Náklady na svetelné zdroje . . . . .	85
9.2.2	Náklady na údržbu . . . . .	86
9.3	Výpočet investičných nákladov . . . . .	86
9.4	Výpočet prevádzkových nákladov . . . . .	89
9.5	Celkové náklady na nové verejné osvetlenie . . . . .	90
<b>10</b>	<b>ZÁVER</b>	<b>91</b>
	<b>Literatúra</b>	<b>92</b>



## ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Spektrum viditeľného žiarenia podľa [2]	16
1.2	Krivka svietivosti C- $\gamma$	18
1.3	Rozličné hodnoty indexu Ra podľa [6]	19
1.4	Betónové základy pre kotvenie stožiarov, podľa [10]	26
1.5	Všeobecný popis stožiaru podľa [11]	27
2.1	Konštrukcia žiarivky, podľa [12]	28
2.2	Konštrukcia vysokotlakovej ortuťovej výbojky podľa [16]	31
2.3	Konštrukcia vysokotlakovej sodíkovej výbojky podľa [17]	32
3.1	Zmena svetelného toku DALI riadenia podľa [20]	36
3.2	Rozloženie PowerLine systému podľa [22]	37
3.3	Zmena svetelného toku pri riadení spínanou fázou podľa [20]	38
4.1	Poloha obce Bezděkov v rámci Českej republiky podľa [27]	40
4.2	Príklad rozmiestnenia meracích bodov na komunikácii s dvoma jazdnými pruhmi, podľa [25]	41
4.3	Priebeh veľkosti intenzity osvetlenia $E$ na vozovke	43
4.4	Svietidlo pripravené na meranie	46
4.5	Pripevnené svietidlo na goniofotometer	47
4.6	Fotografia zobrazenia jasu na hlavnej ulici	49
4.7	Model aktuálneho stavu obce - časť A	50
4.8	Model aktuálneho stavu obce - časť B	50
4.9	Model aktuálneho stavu obce - časť C	51
5.1	Fotografia svietidla Malaga od Philipsu, podľa [45]	56
5.2	Fotografia svietidla Hellux 401, podľa [44]	57
5.3	Fotografia svetelného zdroja SON-T PIA Plus, podľa [30]	58
5.4	Spektrum výbojky SON-T PIA Plus, podľa [31]	58
5.5	Prvá mapa veterných oblastí pre českú Republiku, podľa [34]	59
5.6	Nová mapa veterných oblastí pre Českú republiku, podľa [35]	60
5.7	Fotografia výložníka typu "WSt", podľa [32]	60
5.8	Vyhotovenia výložníka WSt, podľa [32]	61
5.9	Fotografia základu F200, podľa [32]	62
5.10	Fotografia modelu obce pri návrhu s HPS. časť A	63
5.11	Fotografia modelu obce pri návrhu s HPS. časť B	64
5.12	Fotografia modelu obce pri návrhu s HPS. časť C	64
6.1	Fotografia svietidla SITECO Streetlight 10mini a jeho modularity, podľa [42]	67
6.2	Fotografia svietidla SITECO Streetlight 10 mini, podľa [42]	68
6.3	Fotografia svietidla SITECO DL® 20 LED, podľa [41]	69
6.4	Fotografia a obrázok špeciálneho nástavca pre svietidlá Siteco, podľa [40]	70
6.5	Náčrt stĺpa pre svietidlo SITECO DL® 20 LED, podľa [41]	71
6.6	Fotografia modelu obce pri návrhu LED, časť A	72

6.7	Fotografia modelu obce pri návrhu LED, časť B . . . . .	72
6.8	Fotografia modelu obce pri návrhu LED, časť B . . . . .	73
8.1	Ukážka astronomického kalendára . . . . .	79
8.2	Ukážka astronomického kalendára s pridaním časov vypnutia a zapnutia . .	79
8.3	Regulátor REVERBERI a jeho vnútorné blokové usporiadanie, podľa [39] .	83
8.4	Spôsob zapojenia spínanej fázy upri svietidlách Siteco, podľa [40] . . . . .	84

## ZOZNAM TABULIEK

1.1	Odporúčané istenie a selektivita . . . . .	22
1.2	Orientačné rozmery základu[7] . . . . .	26
2.1	Porovnanie svetelných zdrojov [20] . . . . .	34
2.2	Výhody a nevýhody svetelných zdrojov [3] . . . . .	34
4.1	Zoznam nainštalovaných svietidiel . . . . .	40
4.2	Hodnoty osvetlenosti na hlavnej ulici . . . . .	42
4.3	Vzor formuláru pre výber osvetlenia podľa normy [26] . . . . .	44
4.4	Odporúčanie pre výber z rozsahu tried osvetlenia podľa [26] . . . . .	45
4.5	Odporúčaný rozsah tried osvetlenia podľa [26] . . . . .	45
4.6	Rada tried osvetlení ME podľa [26] . . . . .	45
4.7	Výsledné údaje merania pre všetky štyri varianty . . . . .	48
4.8	Tabuľka nameraných hodnôt v rozvážači . . . . .	51
5.1	Tabuľka potrebných hodnôt pre triedu ME5 a ME6 . . . . .	54
5.2	Tabuľka potrebných hodnôt pre triedu S3 . . . . .	54
5.3	Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre hlavnú cestu . . . . .	55
5.4	Základné informácie o svietidle malaga, podľa [45] . . . . .	55
5.5	Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre vedľajšiu cestu . . . . .	56
5.6	Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre zvyšné vedľajšie cesty . . . . .	56
5.7	Základné informácie o svietidle Hellux TYP 401, podľa [43] . . . . .	57
5.8	Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre park . . . . .	57
5.9	Hodnoty základnej rýchlosti vetra podľa oblasti, podľa [32] . . . . .	59
5.10	Parametre použitých stĺpov, podľa [32] . . . . .	61
5.11	Rozmery základu F100/200, podľa [32] . . . . .	62
5.12	Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu S3 pri parku . . . . .	65
5.13	Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME5 - hlavná cesta . . . . .	65
5.14	Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME6 - vedľajšie cesty . . . . .	65
6.1	Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre hlavnú cestu . . . . .	67
6.2	Základné informácie o svietidle SITECO Streetlight 10 mini, podľa [42] . . . . .	68
6.3	Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre vedľajšiu cestu . . . . .	68
6.4	Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre zvyšné vedľajšie cesty . . . . .	69
6.5	Základné informácie o svietidle SITECO DL® 20 LED, podľa [41] . . . . .	70
6.6	Parametre stĺpa pre svietidlo SITECO DL® 20 LED, podľa [41] . . . . .	71
6.7	Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu S3 pri parku, pre LED návrh . . . . .	73
6.8	Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME5 - hlavná cesta, pre LED návrh . . . . .	73

6.9	Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME6 - vedľajšie cesty, pre LED návrh . . . . .	74
7.1	Celkový inštalovaný príkon pri návrhu s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami . . . . .	75
7.2	Celkový inštalovaný príkon pri návrhu LED . . . . .	75
7.3	Celkový úbytok napätia na jednotlivých častiach . . . . .	77
7.4	Celkový úbytok napätia na jednotlivých častiach pre LED návrh . . . . .	78
9.1	Tabuľka cien pre návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami . . . . .	86
9.2	Tabuľka cien pre návrh s LED . . . . .	87
9.3	Náklady na montážne práce, výmenu svetelných zdrojov a vyčistenie svietidla	87
9.4	Náklady na jednotlivé káble . . . . .	87
9.5	Náklady na jednotlivé stĺpy a základy pre obidva návrhy . . . . .	88
9.6	Náklady na jednotlivé zvyšné komponenty pre obidva návrhy . . . . .	88

## ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

Značka	Veličina	Jednotky
$a$	Uhol upevnenia armatúry svietidla	$^{\circ}$
$a$	Rozmery bokov základu	$m$
$A \times B$	Rozostup kotviacich skrutiek na základe	$mm$
$D_E$	Priemer stĺpa/stožiaru pri prírubu	$mm$
$E$	Osvetlenosť	$lux$
$E_{avg}$	Priemerná osvetlenosť	$lux$
$E_{celk}$	Ročná spotreba elektrickej energie	$Wh$
$c_e$	Cena elektrickej energie	$Kč/kWh$
$h$	Vzdialenosť stĺpov	$m$
$h$	Hĺbka základu alebo časti stĺpa osadeného do zeme	$m$
$H$	Výška nominálna konštrukcie	$m$
$H_2$	Výška nástavca z výložníkom	$m$
$I$	Prúd tečúci fázou vodiča	$A$
$I$	Svietivosť	$cd$
$I_{26}$	Prepočítaná svietivosť	$cd$
$I_c$	Činná zložka prúdu	$A$
$I_j$	Jalová zložka prúdu	$A$
$I_{str0}$	Stredná svietivosť pásu $\gamma=0$	$cd$
$I_{strpás}$	Stredná svietivosť v páse	$cd$
$K$	Kontrast	–
$K_m$	Max hodnota spektrálneho priebehu $K(\lambda)$	$lm \cdot W^{-1}$
$K(\lambda)$	Svetelný účinok monochromatického žiarenia	$lm \cdot W^{-1}$
$l$	Výška stĺpa	$m$
$l$	Dĺžka káblu	$km$
$L$	Dĺžka upevnenia armatúry svietidla	$mm$
$L$	Jas	$cd \cdot m^{-2}$
$\bar{L}$	Priemerný jas povrchu pozemnej komunikácie	$cd \cdot m^{-2}$
$L_a$	Jas pozorovaného objektu	$cd \cdot m^{-2}$
$L_b$	Jas okolia	$cd \cdot m^{-2}$
$L_{km}$	Indukčnosť káblu na 1 km	$mH/km$
$m$	Váha stĺpa s výbavou (z výložníkom)	$kg$
$M_f$	Moment pri podstave charakterizujúci pevnosť	$kNm$
$M_g$	Moment stability základu	$kNm$
$M_z$	Merný výkon svietidla	$lm \cdot W^{-1}$

Značka	Veličina	Jednotky
$n$	Počet kotviacich skrutiek základu	$ks$
$N_E$	Ročný poplatok za elektrickú energiu	$Kč/rok$
$N_{Isv}$	Náklady na svietidla a svetelné zdroje	$Kč$
$N_{Istl}$	Náklady na stĺpy verejného osvetlenia	$Kč$
$N_{Imon}$	Náklady na montáže	$Kč$
$N_{Ikb}$	Náklady na kabeláž	$Kč$
$N_{Ist}$	Náklady na stmievač	$Kč$
$N_{Izvy}$	Zvyšné náklady	$Kč$
$N_{prir}$	Celkové náklady v prípade použitia výklopnej príruby	$Kč$
$N_{Svz}$	Náklady na svetelné zdroje	$Kč/rok$
$N_{sz}$	Náklady na nové svetelné zdroje	$Kč$
$N_{Udr}$	Náklady na údržbu	$Kč/rok$
$N_{votk}$	Celkové náklady v prípade použitia votknutých stĺpov	$Kč$
$N_{vyč}$	Náklady za vyčistenie jedného svietidla	$Kč$
$N_{vym}$	Náklady na výmenu jedného svetelného zdroja	$Kč$
$P$	Elektrický príkon	$W$
$P_{zd}$	Príkon svetelných zdrojov	$W$
$P_{pz}$	Príkon predradníkov	$W$
$PF$	Účinník	–
$r$	Rovnomernosť osvetlenia	–
$R_{km}$	Rezistencia káblu na 1 km	$\Omega/km$
$Ra$	Index podania farieb	–
$S$	Plocha	$m^2$
$S$	Zdanlivý výkon	$VA$
$S$	Vonkajší povrch stĺpa	$m^2$
$SR$	Činiteľ osvetlenia okolia	–
$S_{suc}$	Ročná spotreba verejného osvetlenia pre súčasný stav	$Kč$
$TI$	Prahový prírastok	%
$t_c$	Čas, za ktorý treba svietidlo vyčistiť	$hod$
$t_{cel}$	Celkový čas svietenia verejného osvetlenia	$hod$
$t_{nr}$	Celkový čas svietenia verejného osv. bez regulácie	$hod$
$t_{rr}$	Celkový čas svietenia verejného osv. s reguláciou	$hod$
$t_v$	Čas, za ktorý sa svetelné zdroje vymieňajú	$hod$
$U_o$	Celková rovnomernosť osvetlenia	–
$U_I$	Pozdĺžna rovnomernosť osvetlenia	–
$v$	Rýchlosť	$m \cdot s^{-1}$
$V(\lambda)$	Pomerná svetelná účinnosť monochroma. žiarenia	–

Značka	Veličina	Jednotky
$w$	Vyloženie výložníka	$m$
$Q$	Jalový výkon	$VAr$
$x$	Presah	$m$
$y$	Dĺžka ramena	$m$
$Z$	Zbiehavosť bokov stĺpa	$mm/m$
$\cos\varphi$	Účinník	–
$\alpha$	Sklon výložníka	$^\circ$
$\Delta U$	Úbytok napätia	$V$
$\Delta U_{\%}$	Úbytok napätia v percentách	$\%$
$\Phi$	Svetelný tok	$lm$
$\Phi_e$	Žiarivý tok	$lm$
$\phi_{pás-0}$	Svetelný tok pásom $\gamma=0$ až $\gamma=5$	$lm$
$\phi_{celk}$	Celkový svetelný tok svietidla	$lm$
$\phi_{zad}$	Svetelný tok meraného svietidla	$lm$
$\Phi_D$	Priemer armatúry svietidla	$mm$
$\Phi_M$	Priemer rozstupu skrutiek kotviacich stožiar	$mm$
$\Phi_s$	Priemer kotviacej skrutky	$mm$
$\gamma$	Uhol od normály	$^\circ$
$\eta_{sv}$	Prevádzková účinnosť svietidla	–
$\lambda$	Vlnová dĺžka	$nm$
$\Omega$	Priestorový uhol	$sr$
$\Omega_{0-5}$	Priestorový uhol medzi $\gamma=0$ a $\gamma=5$	$sr$

LLMF	Činiteľ poklesu svetelného toku zdrojov
LMF	Činiteľ znečistenia svietidiel
LSF	Činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov
MF	Udržiavací činiteľ
HPS	Vysokotlaková sodíková výbojka
VO	Verejné osvetlenie

## ÚVOD

Svetlo je neoddeliteľnou súčasťou ľudstva už odpradáвна. Počas dňa bolo vďaka slnku osvetlenia dostatok, problém však nastal v noci, keď vznikla potreba použitia umelého osvetlenia. Pri osvetľovaní vonkajších priestorov sa zozáčiatku používali jednoduché pochodne, ktoré neskôr nahradili plynové svietidlá a s rozvojom techniky sa v štyridsiatych rokoch minulého storočia dostalo do popredia elektrické osvetlenie, ktoré vládne dodnes.

Avšak jeho úloha nespočíva čisto v osvetľovaní komunikácií a ostatných priestorov. Treba podotknúť, že prispieva aj ku znižovaniu kriminality a takisto sa verejné osvetlenie dá jednoducho popísať ako osvetlenie miest, ktoré sú voľne prístupné verejnosti, či sa jedná o pozemné komunikácie, pešie zóny alebo aj historické objekty, ako sú napríklad zámky a kostoly. Význam verejného osvetlenia narastal hlavne vďaka rozvoju automobilového priemyslu a rýchlo sa rozvíjajúcich miest. Vďaka verejnému osvetľovaniu sa dá zvýšiť aj atraktivnosť obcí.

V dnešnej dobe, kedy sa čoraz viac pozerá na ekonomickú stránku, je pomerne dôležité mať správne navrhnuté verejné osvetlenie. Dôvod je pomerne jednoduchý, v nočných hodinách je verejné osvetlenie podstatným odberateľom elektrickej energie a spôsobov, ako ušetriť náklady na prevádzku, je pomerne dosť. Tu sa naskytuje otázka, či nie je výhodné zmodernizovanie verejného osvetlenia, pri ktorom sa za použitia správnej regulácie môže dosiahnuť značná úspora z verejného rozpočtu obcí a miest.

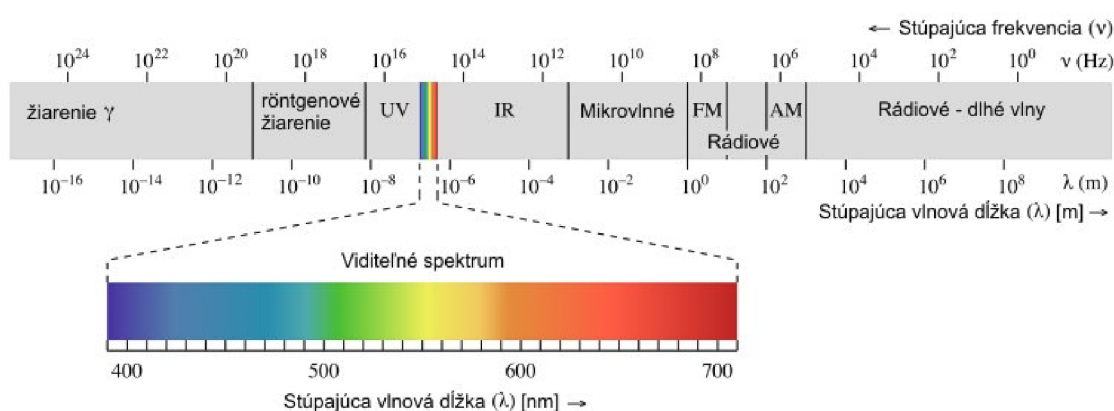


# 1 TEORETICKÉ ZÁKLADY

## 1.1 Svetelné žiarenie

Svetlo sa dá klasifikovať ako elektromagnetické žiarenie, ktoré je schopné vyvolať zrakový vnem v oku pozorovateľa. Každé žiarenie, ktoré je schopné takýto vnem vyvolať, sa nazýva viditeľné žiarenie. Spektrálny rozsah viditeľného žiarenia nie je možné presne stanoviť, pretože je závislý na mnohých faktoroch. Spodná hranica sa väčšinou uvažuje niekde medzi hodnotou 380-400 nm, zatiaľ čo horná hranica má rozsah 760-780 nm [1].

Rôzne vlnové dĺžky, resp. frekvencie svetla, vidíme ako farby. Zloženie viditeľného svetla je zobrazené na obrázku 1.1. Z tohoto obrázku je patrné, že fialové svetlo má vlnovú dĺžku  $\lambda$  najkratšiu a svetlo červené najdlhšiu



Obr. 1.1: Spektrum viditeľného žiarenia podľa [2]

## 1.2 Základné veličiny a pojmy

Pre správne pochopenie všetkých potrebných výpočtov, noriem atď. je potrebné si ozrejmiť základné pojmy a veličiny svetelnej techniky.

### 1.2.1 Svetelný tok

Svetelný tok je svetelno technická veličina, ktorá vyjadruje schopnosť žiarivého toku spôsobiť zrakový vnem. Svetelný tok nám takisto označuje množstvo svetelnej energie, ktorý zdroj vyžiari do všetkých smerov. Jej jednotka je lumen ( $lm$ ). Svetelný tok  $\Phi$  monochromatického žiarenia vlnovej dĺžky  $\lambda$ , ktorého žiarivý tok je  $\Phi_e$  sa určí zo vzťahu:

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) = K_m(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) \quad (lm) \quad (1.1)$$

Veličinu  $K(\lambda)$ , ktorej jednotka je  $lm \cdot W^{-1}$ , nazývame svetelný účinok monochromatického žiarenia a je rovný podielu svetelného toku a jemu zodpovedajúcemu žiarivému

toku,

$$K(\lambda) = K_m(\lambda) \cdot V(\lambda) \quad (lm.W^{-1}) \quad (1.2)$$

kde  $K_m$  je maximálna hodnota spektrálneho priebehu veličiny  $K(\lambda)$  a  $V(\lambda)$  je pomerná svetelná účinnosť monochromatického žiarenia, ktorá je z hľadiska individuálneho pozorovateľa totožná s pomernou spektrálnou citlivosťou normálneho fotometrického pozorovateľa [1] [3].

### 1.2.2 Svietivosť a krivky svietivosti

Svietivosť je veličina, ktorá stanovuje rozdeľovanie svetelného žiarenia do priestoru. Popisuje aký svetelný tok je vyžiarený zdrojom do daného smeru pod určitým priestorovým uhlom. Jednotkou svietivosti je kandela, ktorá patrí medzi základné jednotky sústavy SI. Vedecká definícia kandely hovorí, že kandela je svietivosť v danom smere zo zdroja, ktorý vyžaruje monochromatické žiarenie s frekvenciou  $540 \cdot 10^{12}$  Hz a intenzitou  $1/683$  wattov na steradián,

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (cd) \quad (1.3)$$

kde  $I$  je svietivosť,  $\Phi$  svetelný tok a  $\Omega$  priestorový uhol.

Ak vo všetkých smeroch priestoru okolo svietidla zistíme hodnoty svietivosti a vynešíme ich ako vektory smerujúce od stredu zdroja, tak spojením koncových bodov týchto vektorov získame fotometrickú plochu svietivosti. Pri výpočtoch sa nepoužíva celá táto plocha, ale stačí poznať iba určité rezy touto rovinou. V týchto rezoch potom vzniknú takzvané krivky svietivosti.

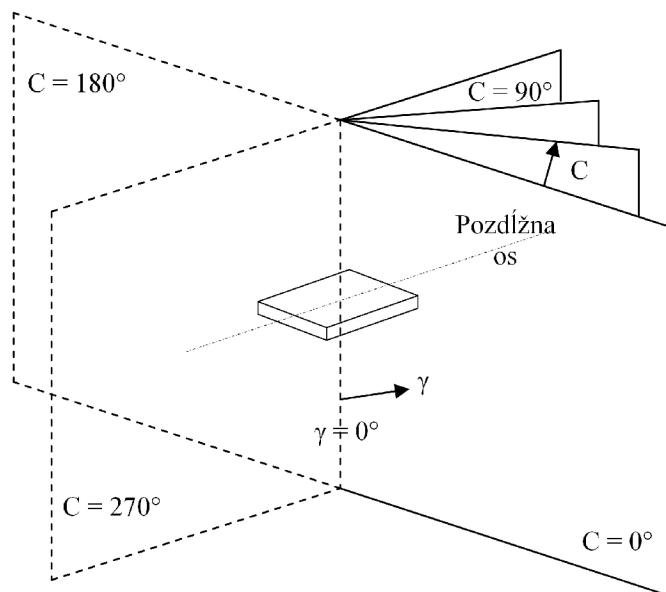
V praxi sa používajú tri základné polroviny, ktoré prechádzajú optickým stredom svetla. Na obrázku 1.2 je zobrazený systém polrovnín C- $\gamma$ , ktorý odporúča Medzinárodná komisia pre osvetľovanie CIE. Polrovina typu C- $\gamma$ , ktorej os je totožná so smerom vzťažnej svietivosti  $I$  sa používa najčastejšie. Existujú ešte polroviny B- $\beta$  a A- $\alpha$ , ktoré však už nie sú natoľko rozšírené. Pre rovinu C- $\gamma$  je rovina C=90° vo verejnom osvetlení braná ako rovina, ktorá smeruje pred svietidlo smerom k osvetľovanej ploche. Rovina C=270° je braná ako rovina, ktorá sa nachádza za svetelným stožiarom [3] [4].

### 1.2.3 Osvetlenosť

Osvetlenosť, niekedy označovaná ako intenzita osvetlenia, udáva, koľko svetelného toku dopadne na osvetľovanú plochu. Jednotkou je lux a možno ju vyjadriť ako lumen na meter štvorcový,

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (lux) \quad (1.4)$$

kde  $E$  je osvetlenosť,  $\Phi$  svetelný tok a  $S$  plocha, na ktorú dopadá svetelné žiarenie.



Obr. 1.2: Krivka svietivosti  $C$ - $\gamma$

V návrhu verejného osvetlenia, resp. v meraní aktuálneho stavu osvetlenia, sa používa fakt, že u tejto veličiny je možné merať na určitej ploche kontrolné body. Body, ktoré reprezentujú rovnakú hodnotu osvetlenia, je možné pospájať izoluxami. Týmto je získaná tzv. izoluxná mapa, ktorá reprezentuje hodnoty osvetlenia na ploche.

#### 1.2.4 Jas a kontrast

Jas je fotometrická veličina, ktorá je definovaná ako merná svietivosť. Jeho značka je  $L$  a jednotka je candela na meter štvorcový ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Na jas, resp. kontrast jasu, bezprostredne reaguje zrakový orgán. Keďže je jas určený priestorovou a plošnou hustotou svetelného toku, tak vždy zaleží na tom, kde sa pozorovateľ nachádza a na smere, ktorým sa pozerá. Jas svietidla je definovaný ako podiel svietivosti v určitom smere a veľkosti priemeru svietiacej plochy do roviny kolmej k uvažovanému smeru,

$$L_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}}{A \cdot \cos \gamma} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (1.5)$$

kde  $I$  je svietivosť,  $A$  svietiacia plocha a  $\gamma$  uhol od normály.

Jas osvetlenej plochy je závislý na odrazivosti danej plochy. Pri navrhovaní verejného osvetlenia treba počítať s tým, že povrch vozovky, resp. asfaltu sa používaním mení. Nepoužitý asfalt je oveľa tmavší a menej členitý. Pri už používanej vozovke sú viditeľné nánosy nečistôt a povrch je značne hrubší. Z meraní bolo zistené, že medzi používanou a novou vozovkou je viditeľný rozdiel v odrazných vlastnostiach. U používanej vozovky je, ako už bolo spomenuté, povrch vozovky bledší, čo zapríčini väčšiu difúznou zložku odrazu [4] [5].

Viditeľnosť predmetov je daná rozdielom jasov predmetu pozorovaného ( $L_a$ ) a jeho okolia ( $L_b$ ). Viditeľnosť predmetov teda posudzujeme pomocou kontrastu jasov, ktorý

spočítame nasledovne:

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad (-) \quad (1.6)$$

kde  $K$  je kontrast,  $L_a$  jas predmetu a  $L_b$  jas okolia[4].

### 1.2.5 Merný výkon svietidla

Merný výkon určuje, akú hodnotu svetelného toku sme schopní získať z jedného wattu. Je to podiel svetelného toku  $\Phi$  a elektrického príkonu  $P$ . Pri výpočte je dôležité si uvedomiť, či sa jedná o žiarovku, resp. zdroj bez predradníka alebo o svetelný zdroj, ktorá predradník má. V prípade predradníka je dôležité započítať aj výkon spotrebovávaný predradníkom. Merný výkon sa teda vypočíta nasledujúcim vzťahom.

$$M_z = \frac{\Phi_z \cdot \eta_{sv}}{P_{zd} + P_{pz}} \quad (lm \cdot W^{-1}) \quad (1.7)$$

kde  $M_z$  je merný výkon svietidla,  $\Phi_z$  svetelný tok svetelných zdrojov,  $\eta_{sv}$  prevádzková účinnosť svietidla,  $P_{zd}$  je príkon svetelných zdrojov a  $P_{pz}$  je príkon predradníkov [3] [4].

### 1.2.6 Index podania farieb

Index podania farieb  $Ra$  (z anglického CRI - color rendering index) vyjadruje hodnotu skreslenia farieb, ktoré sú pozorované vo svetle z umelého zdroja osvetlenia v porovnaní so situáciou, kedy sú farby pozorované v prirodzenom svetle. Ľudia si odpradáva zvykli na farby, ktoré vnímajú na dennom svetle. Preto tieto farby považujeme za prirodzené. K dennému svetlu je najbližšie hodnota  $Ra$  žiarovky.  $Ra$  sa udáva absolútnym číslom s hodnotou 0 až 100. Hodnotu 100 má napríklad žiarovka a samozrejme denné svetlo. Ak je  $Ra=100$ , tak farby vnímame prirodzene. Pri hodnote  $Ra=0$  je rozlíšiteľnosť farieb prakticky nulová a túto hodnotu dosahuje napríklad nízkotlaková sodíková výbojka, o ktorej budú podrobnejšie informácie uvedené neskôr. Umelé osvetlenie sa teda vždy porovnáva s prirodzeným svetlom a  $Ra$  vyjadruje, koľko percent všetkých farieb je zastúpených v danom spektre [3] [4]. Na obrázku 1.3 môžeme vidieť rozdiel v hodnote  $Ra$ .



Obr. 1.3: Rozličné hodnoty indexu Ra podľa [6]

## 1.3 Verejné osvetlenie

Pod pojmom verejné osvetlenie môžeme všeobecne rozumieť nasledovné:

- osvetlenie vnútorných častí miest a obcí,
- osvetlenie vonkajších častí miest a obcí,
- osvetlenie parkov,
- osvetlenie ciest, diaľnic a vozoviek so silnou dopravou,
- osvetlenie podjazdov, tunelov a podchodov,
- osvetlenie parkovísk,
- osvetlenie významných budov, umeleckých diel, pamiatok a pod.

Verejné osvetlenie nie je prosté osvetlenie komunikácií v meste, obci za pomoci svetelných zdrojov. Je to súbor technických strojov a prístrojov a poprípade aj rozličných softwarov, ktoré musia spĺňať požiadavky, ktoré sú dané normou resp. viacerými normami [5].

### 1.3.1 Základné pojmy

Ako u základných pojmov svetelnej techniky, tak aj u verejného osvetlenia je potrebné si uviesť základné definície a pojmy pre správne pochopenie a orientáciu v problematike verejného osvetlenia.

- **Verejné osvetlenie (VO)** je vonkajšie osvetlenie verejných priestorov miest a obcí, ktoré zahŕňa osvetlenie pozemných komunikácií, architektonické osvetlenie a dekoratívne osvetlenie. Hlavnou úlohou VO je zabezpečenie bezpečnosti osôb, majetku a dopravy. VO je aj večerná vizitka obcí, keďže má za úlohu aj skrášľovanie obcí.
- **Osvetlenie pozemných komunikácií (OPK)** slúži k osvetľovaniu verejných miestnych komunikácií, ciest a diaľnic, teda všetkých komunikácií, ktoré sú určené pre motorovú dopravu, pre cyklistov, a takisto aj pre chodcov. Do tejto kategórie môžeme zaradiť aj osvetlenie námestí, trhovísk, peších zón, cyklistických chodníkov, prechodov pre chodcov atď.
- **Architektonické osvetlenie (AO)** slúži k osvetľovaniu dôležitých pamiatok v obciach, mestách, ako sú napríklad kostoly, fontány a poprípade aj významných prírodných úkazov ako napríklad skalné previsy, stromy a kroviny. Architektonické osvetlenie zlepšuje aj orientáciu osôb a dokáže zvýšiť verejnú mienku o danom meste, obci. V určitých historických mestách dokáže v noci upozorniť na detaily, ktoré sú počas dňa ľahko prehliadnuteľné.
- **Dekoratívne osvetlenie (DO)** slúži k vyzdobeniu ulíc a námestí k významným príležitostiam, ako sú napríklad vianočné sviatky (vianočná svetelná výzdoba).
- **Osvetľovacia sústava** je súbor prvkov tvoriaci funkčné zariadenie, ktoré spĺňa požiadavky na úroveň osvetlenia priestoru. Zahŕňa svietidlá, konštrukčné prvky, elektrické rozvody, rozvádzače a ovládací systém.
- **Svetelné miesto** je každý stavebný prvok v osvetľovacej sústave, ktorý je vybavený daným počtom svietidiel.

- **Svietidlo** je zariadenie, ktoré má za úlohu rozdelenie a filtrovanie svetla vyžarovaného jedným alebo viacerými svetelnými zdrojmi. Okrem samotného zdroja svetla obsahuje všetky diely potrebné pre upevnenie a ochranu zdrojov a v prípade potreby aj pomocné obvody.
- **Rozvádzač zapínacieho miesta** je diaľkovo alebo miestne ovládaný rozvádzač s vlastným prívodom elektrickej energie a väčšinou má aj samostatné meranie spotreby elektrickej energie.
- **Osvetľovací stožiar** je prakticky nosná konštrukcia, ktorej hlavnou úlohou je niesť jedno alebo väčší počet svietidiel, ktorý pozostáva z jednej alebo viacerých častí: drieku, nadstavca a výložníka. Tento stožiar môže slúžiť aj k upevneniu iného vedenia, napríklad prívodného. Taktiež ho je možné použiť na upevnenie dopravného značenia.
- **Kombinovaný osvetľovací stožiar** má nosnú konštrukciu určenú pre úchyt trakčnej sústavy, ktorá je súčasne využitá pre upevnenie svietidiel.
- **Menovitá výška stožiara** je výška svetelného streda svietidla nad úrovňou votknutia.
- **Vrchol stožiara** je najvyšší bod stožiara.
- **Driek stožiara** je základná nosná časť osvetľovacieho stožiara.
- **Závesná výška svietidla** je výška svetelného streda svietidla nad osvetľovacou plochou.
- **Úroveň votknutia** je vodorovná rovina vedená miestom votknutia stožiara.
- **Vyloženie** je vodorovne meraná vzdialenosť svetelného streda svietidla od osi drieku stožiara.
- **Výložník** je časť stožiara, ktorá nesie svietidlo v určitej vzdialenosti od osi drieku stožiara alebo samostatná upevňovacia konštrukcia pre svietidla upevnená na stavebný objekt. Môže byť jednoramenný, dvojramenný alebo viacramenný a môže byť pripojený k drieku napevno alebo odnímateľne. Viacramenné výložníky musia byť spevnené výstuhami proti zlomeniu. Výložníky by mali mať rovnakú povrchovú úpravu ako stožiare.
- **Osvetľovací výložník** je výložník, ktorý slúži k upevňovaniu svietidla na budovu, na výškovú stavbu alebo na iný stožiar, než je osvetľovací.
- **Uhol vyloženia svietidla** je uhol, ktorý zvierá os spojky svietidla s vodorovnou rovinou.
- **Elektrické časti stožiara (elektrovýzbroj)** tvorí rozvodnica pre osvetľovací stožiar a elektrické spojovacie vedenie medzi rozvodnicou a svietidlom.
- **Pätica stožiara** je samostatná časť osvetľovacieho stožiara, ktorá tvorí kryt elektrickej výzbroje.
- **Preves** je nosné lano medzi dvoma objektami, na ktorom je umiestnené svietidlo.
- **Osvetľovacia plocha** je plocha, na ktorej sa vykonáva zraková činnosť. V prípade cestnej komunikácie je osvetľovaná plocha ohraničená šírkou jazdného pásu.
- **Prevádzkové hodnoty** sú skutočné hodnoty v ľubovoľnej dobe prevádzky za okol-

ností v tejto dobe sa vyskytujúcich (napríklad napätie siete, prúdová záťaž, ročné obdobie atď.)

- **Súbor káblov** je zariadenie určené k spojovaniu, odbočovaniu, ukončovaniu, kotveniu káblov alebo rozvetvovávaniu žíl. Zabraňuje tomu aby do kábla vnikla vlhkosť a takisto zamedzuje vytekaniu káblovej hmoty.
- **Zapínacie miesto** je vonkajší rozvádzač pre pripojenie rozvodu VO so samostatným meraním spotreby elektrickej energie.
- **Prídavné zariadenie** je akékoľvek zariadenie inštalované na zariadenie VO, ktoré neslúži na osvetľovanie verejných priestranstiev ani s nimi nijako nesúvisí [7].

### 1.3.2 Hlavné časti verejného osvetlenia

Základné členenie zariadení verejného osvetlenia:

- elektrické prípojky,
- zapínacie miesta,
- rozvod verejného osvetlenia,
- svetelné miesta,
- ovládanie.

#### Elektrická prípojka

Elektrické prípojky, ktoré vedú z koncovej prípojky skrine alebo trafostanice, ktoré patria prevádzkovateľovi distribučnej sústavy a vedú k zapínaciemu miestu VO, patria majiteľovi VO a sú aj v jeho správe. Pri vytvorení novej prípojky sa táto prípojka zväčša pripojuje do siete TN-C prevádzkovateľov distribučnej sústavy o menovitom výkone 230/400 V v trojfázovom štvorvodičovom prevedení. Vyvedenie samotných prípojok sa vykonáva paprskovým vývodom z najbližšej transformačnej stanice alebo vývodom z najbližšej prípojky rozpojovacej skrine a obvykle su ukončené v zapínacom mieste VO. Elektrická prípojka musí spĺňať všetky normy ČSN. Istenie elektrickej prípojky sa vykonáva v mieste odbočenia z distribučného rozvodu nízkeho napätia, v prípojky skrine zapínacieho miesta a pred elektromerom v zapínacom mieste (ZM). Odporúčané hodnoty, charakter a selektivita istenia sú prehľadne uvedené v tabuľke 1.1:

Istenie v mieste odbočenia z distribučného rozvodu NN	Istenie v prípojky skrine ZM	Selektivita istenia v prípojky skrine ZM	Istenie pred elektromerom v ZM	Selektivita ističa pred elektromerom v ZM
125 A gG	80 A gG	Plná selektivita	40 A/C	Plná selektivita
224 A gG	160 A gG	Plná selektivita	50 A/C	Do 3,2 kA
224 A gG	160 A gG	Plná selektivita	63 A/C	Do 3,2 kA

Tab. 1.1: Odporúčané istenie a selektivita

U verejného osvetlenia je takisto dôležitá hodnota povoleného úbytku napätia. Na konci vedenia je maximálna hodnota 5% z menovitej hodnoty napätia, ktoré je v sieti. Minimálny prierez medeného kábla v sústave TN-S použitého na elektrickú prípojku je 4 mm<sup>2</sup> [7].

### **Zapínacie miesto**

Zapínacie miesto je zložené z napájacej časti, elektromerového rozvádzača a vývodovej časti. Elektromerový rozvádzač v zapínacom mieste obsahuje hlavný istič, ktorého menovitá hodnota je udávaná prevádzkovateľom distribučnej sústavy. Následne za hlavným ističom musí byť umiestnený prístroj na meranie odberu elektrickej energie. Vývodová časť je pripojená na spoločný stýkač, ktorý je ovládaný fotobunkou alebo spínacími hodinami, poprípade v špeciálnych prípadoch iným ovládacím prvkom. Ďalej sa nachádza istenie každého vývodu samostatným jednofázovým istiacim prvkom a istenie výstupných svoriek. Hodnotu menovitého prúdu hlavného ističa zapínacieho miesta stanovuje správca. Výsledná hodnota nie je závislá čisto na hodnote inštalovaného výkonu všetkých zariadení, ale treba počítať aj s prípadným rozširovaním inštalácie, pričom sa teda odporúča použiť istič s dvojnásobkom menovitého prúdu sústavy.

Umiestnenie zapínacieho miesta verejného osvetlenia musí spĺňať podmienku trvalej prístupnosti. Pre obsluhu musí byť pred dverami priestor minimálne 80 cm aby bola zaistená jednoduchá obsluha[7].

### **Káblové vedenie**

#### Podzemné káblové vedenie

Pokladanie káblov musí byť vykonané podľa ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 (332000) a projektovej dokumentácie za podmienok stanovených v stavebnom povolení s ohľadom na majetkovoprávne vzťahy. Pri návrhu hĺbky uloženia je potrebné brať do úvahy konštrukčnú hrúbku komunikácií. Hĺbky uložení sú uvedené v ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 (332000). Podľa danej normy sa káble verejného osvetlenia pokladajú na vrstvu jemnozrnného piesku o hrúbke najmenej 8 cm. Potom sa káble zasypú vrstvou piesku minimálne rovnakej hrúbky. Káble sa musia pokryť pevným materiálom, ktorý bude odolný voči mechanickým alebo aj poveternostným vplyvom. Výkop nie je preto možné zasypať napríklad popolom alebo podobným materiálom. V prípade, že nepredpokladáme mechanické poškodenie prechádzajúcimi ťažkými vozidlami, tak je možné káble položiť do zeme bez pokrytia pevným materiálom, avšak je potrebné nad káble umiestniť výstražnú plastickú fóliu podľa „Príloha 1 - Vyobrazení a schémata, Obr. 2 - Kladení kabelu do zeme podle CSN 33 2000-5-52 ed. 4/2003.“

Káble nie je možné umiestniť do zeme, ktorá obsahuje kyseliny a soli, poprípade do kamenitej pôdy a iného nevhodného materiálu. Ak je potreba káblov umiestniť do takejto zeme, je potrebné použiť kanály, ochranné trubice alebo iné vhodné materiály, ktoré kábel ochránia pred chemickým alebo mechanickým pôsobením. V miestach, kde nie je z rozličných dôvodov možné umiestniť kábel do normou požadovanej hĺbky a na týchto miestach je riziko mechanického poškodenia, je nutné káble zabezpečiť mechanickou ochranou. Medzi takú ochranu patrí napríklad rúrka, žlab alebo tvárnica.



Ak je vo výkope viacej káblov vedľa seba, nad sebou, alebo ak sa káble verejného osvetlenia krížia s podzemným vedením, treba sa riadiť ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 a CSN 73 6005/Z4 07/2003. Všetky káble v rozvodoch verejného osvetlenia musia byť spojované, odbočované, ukončované alebo rozvetvované schválenými káblovými súbormi.

Celý rozvod verejného osvetlenia musí mať prierez ochranného vodiča rovnaký, ako majú prierez vodiče fáz. Treba brať do úvahy, že konce káblov musia mať zmršťovaciu koncovku, aby bolo zabránené vstupu vlhkosti. Takisto je dôležité, aby káble rozvodu verejného osvetlenia boli na všetkých koncoch, v miestach pripojenia, v rozvádzačoch a tam, kde dochádza k odbočeniu ďalšieho kábla od priebežného rozvodu, označené štítkom, na ktorom musí byť uvedené:

- materiál a prierez kábla podľa označenia ČSN,
- vyznačenie miesta druhého konca prípojky.

#### Nadzemné káblové vedenie

Ak chceme použiť na určitých miestach nadzemné káblové vedenie, tak treba počítať s tým, že prechod z podzemného káblového vedenia na nadzemné musí byť vykonaný cez poistkovú skriňu, ktorá je zväčša upevnená na stĺpe vedenia, pričom zo skrine k vrcholu stožiaru musí viesť ochranná rúrka, ktorá je zabezpečená ochranou proti zatečeniu. Kábel musí byť chránený do výšky 2,5 m nad povrchom proti potenciálnemu mechanickému poškodeniu.

V prípade, že nie je možné z rozličných dôvodov umiestniť stožiar verejného osvetlenia na nejakom mieste, tak sa môže použiť stožiar distribučného rozvodu nn so súhlasom majiteľa, pričom treba splniť nasledujúce podmienky:

- rozvod verejného osvetlenia je v tomto prípade braný ako silový rozvod nn, a preto pre jeho návrh a montáž platia normy ČSN 33 2000-5-51 a ČSN 33 2000-5-52.,
- vodič PEN musí byť vždy vedený spoločne s fázovými vodičmi, základná ochrana proti úrazu elektrickým prúdom musí byť totožná pri rozvode verejného osvetlenia s distribučným rozvodom nn,
- svietidlá je nutné umiestňovať pod vodiče distribučnej siete nn, pričom výnimka je možná v prípade, že sa použije výložník, ktorého dĺžka umožňuje údržbu svietidla v bezpečnej vzdialenosti od vodičov distribučnej siete nn,
- napájanie verejného osvetlenia musí byť totožné s napájaním distribučného rozvodu, čo vlastne znamená, že oba rozvody musia byť napájané zo spoločnej transformačnej stanice,
- na podperný bod siete nn sa môžu umiestniť maximálne dve vedenia verejného osvetlenia, ktoré sú napájané z rovnakého zapínacieho miesta [7].

## Svetelné miesto

### Osvetľovacie stožiare

Pre stožiare verejného osvetlenia sa používajú zväčša stožiare bezpäťicové. Použitie päťicových stožiarov je zriedkavé. U päťicových stožiarov je elektrovýzbroj upevňovaná do vnútra spodnej časti drieku stožiaru a v prípade potreby je prístupná otvorom s dvierkami, lícujúcimi povrch stožiaru. Dvierka sú z vnútornej strany vybavené lemovaním zabráňujúcim vniknutiu vody. U bezpäťicových stožiarov je elektrovýzbroj upevňovaná na povrchu spodnej časti drieku stožiaru a následne je prekrývaná stožiarovou päťicou, ktorá je vyrobená z rôznych materiálov, ako sú napríklad liatina, hliník, plast atď. [7],[8],[9].

Podľa ČSN 73 6005/Z4 07/2003 sa stožiare verejného osvetlenia umiestňujú na komunikáciách do časti pridruženého priestoru, ako je napríklad nespevnená časť, pomocný pás, chodníky atď., pričom musí byť vzdialenosť stožiaru, resp. päťice, minimálne pol metra od obrubníka. V prípade zvýšenia rizika poškodenia stožiaru vybočením z vozovky objemnými automobilmi, verejnou dopravou alebo inými podobnými dopravnými prostriedkami sa stožiare musia umiestňovať minimálne 1 m od obrubníka.

U stožiarov bez päťice je potrebné, aby spodný okraj slúžiaci pre prístup k elektrickej výzbroje bol minimálne 0,6 m nad úrovňou votknutia a aby bol umožnený jednoduchý prístup.

U stožiarov, ktoré majú výložník je dôležité, aby spojenie s driekom stožiaru bolo mechanicky pevné, bezpečné a aby bolo zabránené samovoľnému pootočeniu výložníka a takisto je potrebné, aby spojenie zabezpečovalo neustále správnu polohu. V mieste spojenia, ktoré je zväčša tvorené zavítaním dvoch a viacerých skrutiek M 10 - M 12 cez driek stožiaru do výložníka, nesmie vniknúť voda, a preto sa aj toto spojenie chráni krytkou výložníka.

V prípade, že stožiar stojí na mieste, kde hrozí jeho poškodenie vozidlami, tak je potrebné, aby sa na ochranu vybudovali mechanické zábrany, ako sú napríklad zvodidlá. V prípade schválenia správcom a majiteľom určitého objektu je možné svietidlo umiestniť na výložník, ktorý je samostatne upevnený na stavebnom objekte [7].

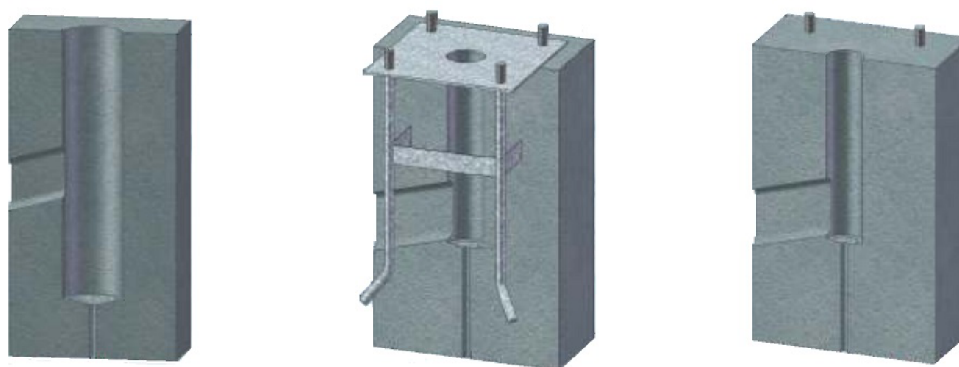
### Základy stožiarov

Pre všetky typy stožiarov verejného osvetlenia rieši základy dokumentácia stavby, pričom sa treba riadiť technickými listami výrobcov stožiarov. Základy môžu byť niekedy aj súčasťou už hotovej konštrukcie, ako sú napríklad mosty. Zväčša však bývajú samostatné a betónové. Pri ich výrobe treba mať na pamäti, že je potrebné v nich vynechať priestor na káblové vedenie, keďže sa káble nesmú zabetónovať do základu. Základ stožiaru musí byť puzdrový, čo zabezpečí oveľa jednoduchšiu a lacnejšiu výmenu poškodeného stožiaru. V prípade, že by nastala situácia, pri ktorej by betónový základ zasahoval do priestoru inej kábovej siete, je potrebné vytvoriť prístup pre tieto káble v podobe žlabu. Tento postup je potrebné konzultovať so správcom dotknutých inžinierskych sietí. Základy stožiarov majú

zväčša tvar rovnostranného hranolu, ktorý je zapustený do zeme. Celkový objem stožiaru musí zabezpečiť požadovanú stabilitu konštrukcie.

Samotné nasadenie stožiaru do betónového základu je vykonané zasunutím do puzdra, zaklinovaním klinami a následne po nastavení správnej polohy a natočenia sa obsype a spevní. Kvôli tomu, aby sa mohol zásypový materiál správne zhutniť, je potrebné, aby vonkajší priemer bol minimálne o 0,1m väčší než je priemer stožiaru. Pred vložením samotného stožiaru je potrebné ho umiestniť na keramickú podložku. Káble verejného osvetlenia musia byť v mieste vstupu do drieku stožiaru ochránené korugovanou chráničkou.

Votknutie do základu je závislé na menovitej výške stožiaru. V prípade, že je stožiar montovaný na prírubu k betónovému základu, je potrebné overiť vhodnú veľkosť príruby, počet a rozteč dier pre kotvenie. Kotviaci rošt svojím rozmerom vytvára aj samotnú výstuž betónového základu. V prípade použitia mechanického alebo chemického typu kotiev, je potrebné, aby boli zachované zásady návrhu základov. Na obrázku 1.4 je možné vidieť jednotlivé typy základu [7],[10].



Obr. 1.4: Betónové základy pre kotvenie stožiarov, podľa [10]

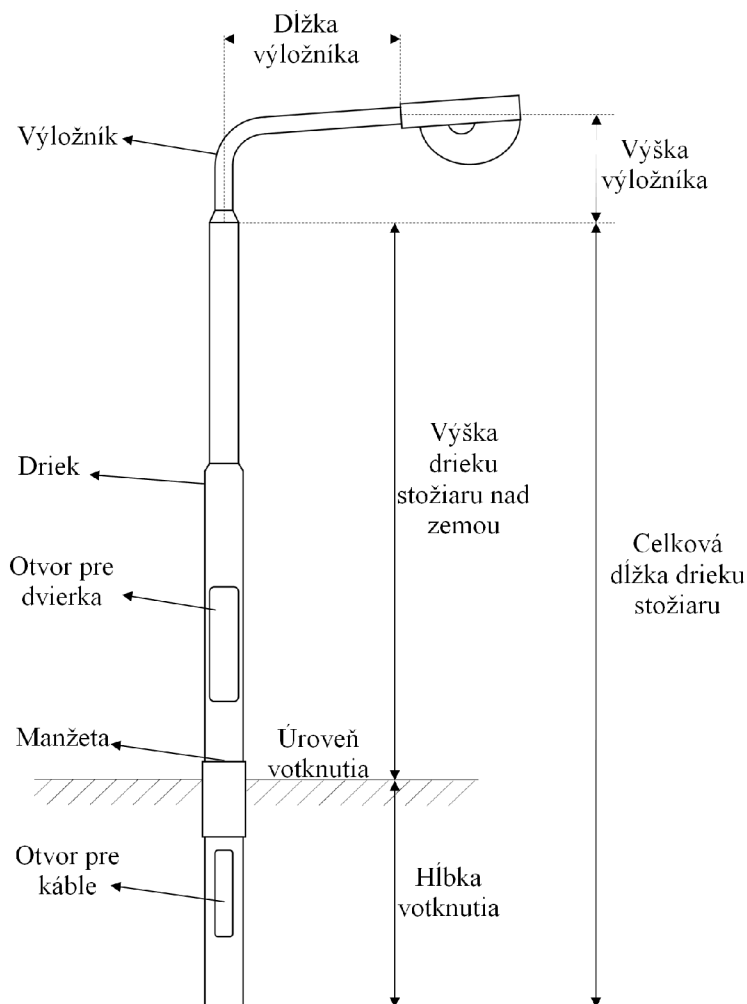
V ľavej časti obrázku je betónový základ pre votknutie stožiaru, v strede je s kotviacim roštom a v pravej časti je zobrazený základ pre chemické kotvenie.

Rozmery betónových základov sú navrhované orientačne pre triedu zeminy S1, čo je piesočnatá zemina, o únosnosti 100 *kPa*. Návrh už konkrétnej veľkosti základov je možný až po zatriedení okolitej zeminy. Orientačné rozmery základu sú uvedené v nasledujúcej tabuľke 1.2. Presné rozmery vždy predpisuje výrobca stožiarov.

Typ stožiaru	Výška stožiaru	Rozmer základu
Jednoduchý	do 6 m(sadové)	400 x 400 x 900 mm
	nad 6 m	800 x 800 x 1500 mm
Kombinovaný		1000 x 1000 x 1500 mm
Hranený	do 6 m	400 x 400 x 800 mm
	do 8 m	800 x 800 x 1000 mm
	do 12 m	800 x 800 x 1200 mm

Tab. 1.2: Orientačné rozmery základu[7]

Na obrázku 1.5 môžeme vidieť obrázok aj s popisom stožiaru



Obr. 1.5: Všeobecný popis stožiaru podľa[11]

### Elektrická výzbroj svetelných miest

Úlohou elektrickej výzbroje je umožnenie pripojenia medených, poprípade hliníkových káblov, o maximálnom priereze 35 mm<sup>2</sup>. Elektrická výzbroj musí byť doplnená ochrannou svorkou pre pripojenie ochranného vodiča a musí byť zhotovená tak, aby bolo zabezpečené vodivé spojenie elektrovýzbroje a neživej časti stožiaru v momente jej namontovania. Podľa ČSN 33 2000-7-714 „Zařízení pro veřejné osvětlení, cl. 714.51 Všeobecné předpisy“, musí byť zabezpečená ochrana krytom najmenej s IP 33 [7].

## 2 SVETELNÉ ZDROJE

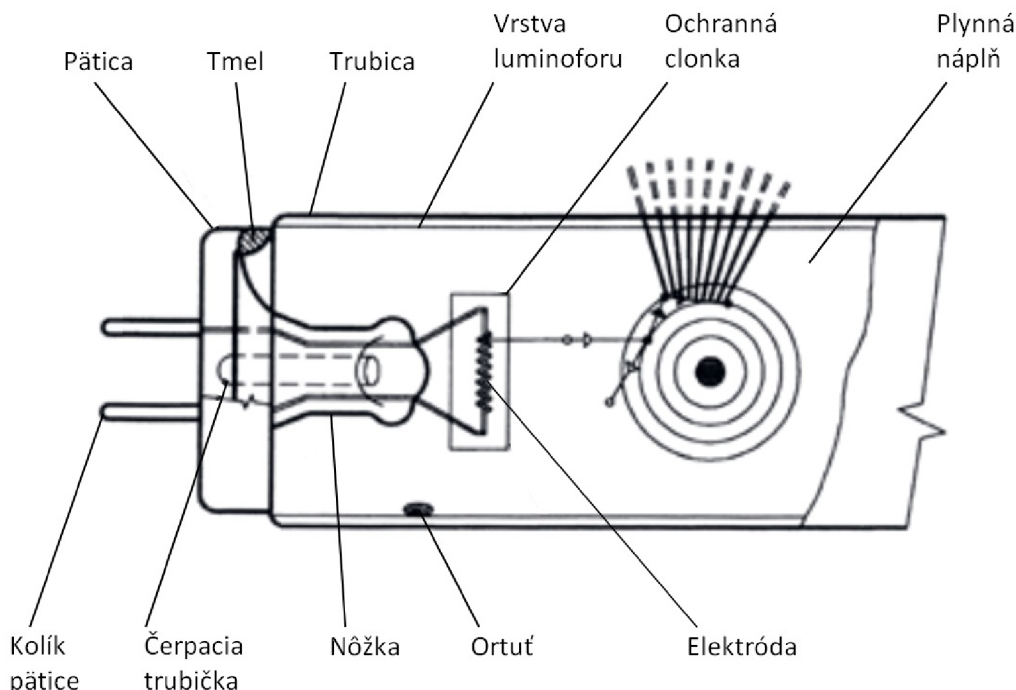
Svetelný zdroj sa dá považovať za srdce svietidla, vďaka ktorému sme schopní premeniť elektrickú energiu na svetlo. Počas minulých rokov si svietidlá prešli razantným vývojom. Na začiatku bolo ako zdroj používaná obyčajná žiarovka. Neskôr v priebehu vekov sa najpoužívanejším zdrojom stala vysokotlaková sodíková výbojka. V dnešnej dobe začína byť veľký trend použitie LED svetelných zdrojov. Medzi dôležité parametre pri výbere svetelného zdroja patria svetelný tok, merný výkon, životnosť, index podania farieb a samozrejme v neposlednej rade aj spotreba elektrickej energie. V nasledujúcej kapitole budú používané zdroje popísané aj s uvedením ich výhod a nevýhod a takisto určitej predikcie do budúcnosti.

### 2.1 Nízkotlakové výbojové svetelné zdroje

V nasledujúcich podkapitolách budú popísané jednotlivé nízkotlakové svetelné zdroje.

#### 2.1.1 Žiarivka

Žiarivka patrí do skupiny nízkotlakových ortuťových výbojok, v ktorej je prevažná časť svetla vyžarovaná pomocou lumíniforu (fotoluminiscenciou), ktorý je budený ultrafialovým žiarením výboja. Žiarivky sú väčšinou trubicové, ale je možné sa stretnúť aj so žiarivkami v tvare písmena U alebo s kruhovými žiarivkami.



Obr. 2.1: Konštrukcia žiarivky, podľa [12]

Na obrázku 2.1 je vidieť konštrukciu žiarivky. Hlavnú časť tvorí trubica, ktorá je z mäkkého sodno-vápenatého skla. Na vnútornej strane tejto trubice je nanosená jedna, poprípade viacero vrstiev luminoforu. Úlohou týchto vrstiev je transformácia ultrafialového žiarenia na žiarenie viditeľné. Na oboch koncoch trubice sú pritavené wolframové elektródy. Na povrchu elektródy je nanosená emisná vrstva oxidu barnatého alebo vápnika. Úloha tejto vrstvy spočíva v zlepšovaní emitovania elektrónov z elektród. V okolí elektród je umiestnená ochranná kovová clona, ktorá má za úlohu zabráneniu usadzovania vyparujúcich sa a rozprašujúcich sa emisných hmôt na vrstve luminoforu. Samotný výboj prebieha v parách ortute, pri tlaku približne 0,8 Pa, a v inertných plynoch pri tlaku 0,2 až 0,4 kPa. Inertný plyn znižuje zápalné napätie výboja a zabraňuje rýchlemu rozprašovaniu emisných hmôt. Na oboch koncoch trubice je pritmelená päťica s dvoma kolíkmi. Celkovo sú v žiarivke štyri kolíky, pričom dva sú pomocné štartovacie a dva sú pracovné. Pre správnu funkciu žiarivky je potrebné iba malé množstvo ortute, preto je jej dávkovanie veľmi dôležitou činnosťou pri výrobe. Vzhľadom k tomu, že množstvo ortute v priebehu života žiarivky ubúda kvôli reagovaniu s alkáliami v skle, tak sú výrobcovia nútení do žiarivky pridávať viac ortute ako je potrebné pre jej činnosť. Ortuť sa dávkuje vo forme amalgánu. Pri správne navrhnutom výrobnom procese a pri dokonalej čistote vstupných materiálov je možné vystačiť si iba s 3 mg ortute. Keďže je ortuť toxická látka a poškodzuje životné prostredie, je potrebné, aby sa po skončení životnosti žiarivky ekologicky recyklovala.

Pretože žiarivky fungujú na báze výboja, sú veľmi citlivé na teplotu okolia. Žiarivky sú väčšinou konštruované na teplotu 20 až 25°C. Pri poklese teploty sa ich svetelný tok môže znížiť až o 40%. Preto sa pre verejné osvetlenie konštruuje špeciálny typ žiarivky, ktoré sú schopné naštartovať aj pri teplotách nižších než 5°C [3] [12], [13], [14].

### 2.1.2 Nízkotlaková sodíková výbojka

Nízkotlaková sodíková výbojka je svetelný zdroj, v ktorých je svetlo vyžarované sodíkovými parami pri tlaku 0,1 až 1,5 Pa a pri teplote výboja 270°C. Nízkotlaková sodíková výbojka sa vyznačuje žiarením v žltej časti viditeľného spektra s vlnovými dĺžkami 589,0 a 589,6 nm, čo znamená, že rozpoznávanie farieb je pod týmto svetelným zdrojom prakticky nemožné. V súčasnej dobe dosahuje merný výkon týchto zdrojov hodnotu 200 lm·W<sup>-1</sup>, čo ich radí medzi najúčinnšie umelé svetelné zdroje.

Keďže je čistý sodík vzhľadom k množstvu druhou skiel a kovov vysoko chemicky aktívny, bolo potrebné vyriešiť veľké množstvo technologických problémov. Výboj u nízkotlakovej sodíkovej výbojky prebieha v horáku vyrobeného z vápenatého skla, ktorý je z vnútornej strany pokrytý vrstvou boritého skla. Horák má tvar písmena U a na oboch koncoch je zakončený elektródami z wolframu, na ktorých je nanosená emisná hmota na báze oxidov barnatého a vápenatého. Vzhľadom k tomu, že výboj pracuje v režime nasýtených pár, ktorých tlak je určený najchladnejším miestom v horáku, je dôležitý jeho teplotný režim. Keďže je dĺžka výbojky veľká, je potrebné zabrániť kondenzácii sodíka na jednom

mieste. Toto sa dosiahne rovnomerným vytvorením chladných zón, v ktorých sa trvalo udržuje dostatočné množstvo sodíka v kvapalnom stave. Týmto je zabezpečená rovnomerná koncentrácia sodíkových pár vo výboji po celej dĺžke horáku. Vnútorň priestor horáku je vyplnený čistým sodíkom a inertným plynom, tzv. Penningovou zmesou, ktorý chráni elektródu pred rýchlym rozprašovaním a odparovaním emisnej hmoty v priebehu života.

V prvej fáze po zapálení prebieha výboj čisto v plyne, postupne potom dochádza k zahriatiu stien trubice a k zvyšovaniu tlaku pár sodíka, ktorý sa následne stane jediným zdrojom svetla. Celý tento proces trvá 10 až 12 minút. Horák je vložený do vonkajšej banky. Priestor medzi horákom a bankou je vyčerpaný na vysoké vákuum. Vákuum je v priebehu svietenia udržiavané pomocou baryového getru napareného na vnútornú stenu vonkajšej banky. Na vnútornú stenu banky je nanosená vrstva oxidu inditého. Táto vrstva sa vyznačuje vynikajúcou priepustnosťou vo viditeľnej časti spektra a súčasne odráža prevažnú časť infračerveného žiarenia späť na stenu trubice. Vďaka tomuto je ovplyvnená energetická bilancia zdroja, čo má za následok zvýšenie merného výkonu. Na vonkajšiu banku je pripojená päťica. Nízkotlakové sodíkové výbojky potrebujú pre svoju prevádzku špeciálny predradník, ktorý vytvára vyššie zápalné napätie. Toto sa dá považovať za jednu z jeho nevýhod spolu z monochromatickým spektrom [1] [3], [14], [15].

## 2.2 Vysokotlakové výbojové svetelné zdroje

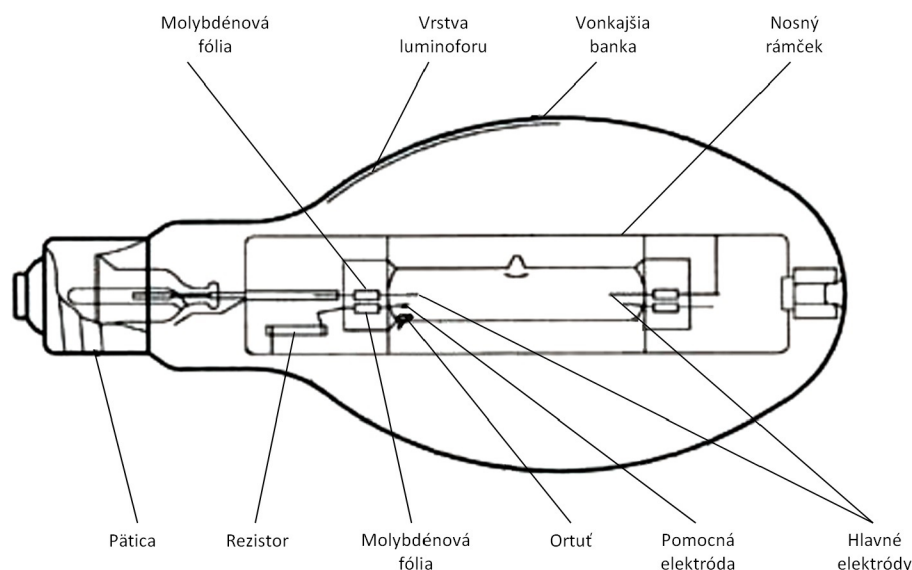
Tak ako v predchádzajúcej časti boli popísané nízkotlakové svetelné zdroje, tak v nasledujúcich podkapitolách budú popísané vysokotlakové svetelné zdroje.

### 2.2.1 Vysokotlaková ortuťová výbojka

Vysokotlakové ortuťové výbojky sú svetelné zdroje, v ktorých hlavná časť svetla vzniká v ortuťovom výboji pri parciálnom tlaku väčšom než 100 kPa. Principiálne sa vysokotlaková ortuťová výbojka podobá na žiarivku s tým rozdielom, že u vysokotlakovej ortuťovej výbojky sú podstatne vyššie pracovné tlaky a teploty. Z tohto vyplýva aj použitie podstatne odolnejších materiálov pri výrobe. Vysokotlaková ortuťová výbojka vyžaruje žiarenie, ktoré sa nachádza sčasti v ultrafialovej a sčasti vo viditeľnej modro-zelenej oblasti spektra. Aj napriek pomerne veľkému výkonu, ktorý dosahuje hodnôt až  $60 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ , sa tento zdroj nehodí na všeobecné osvetlenie, pretože mu chýba červená zložka svetla, čo má za následok nevyhovujúci index podania farieb. Kvôli tomuto sa hľadali spôsoby ako daný problém odstrániť a je k tomu možné využiť nasledujúce možnosti:

- transformácia UV žiarenia vhodným luminoforom na chýbajúce žiarenie v červenej oblasti,
- kombinácia modro-zeleného žiarenia výbojky so svetlom žiarovky. Za cenu zníženia merného výkonu je dosiahnuté zvýšenie obsahu červenej zložky,
- pridanie ďalších vhodných svietiacich prvkov do ortuťového výboja, ktorých žiarenie vyplní medzery v spektre vysokotlakovej ortuťovej výbojky,

- náhrada ortute iným prvkom s vhodnejším spektrom vo viditeľnej oblasti. Tento spôsob je napríklad použitý pri výrobe vysokotlakových sodíkových výbojok.
- Na obrázku 2.2 môžeme vidieť konštrukciu vysokotlakovej ortuťovej výbojky



Obr. 2.2: Konštrukcia vysokotlakovej ortuťovej výbojky podľa [16]

Výboj horí v horáku vyhotovenom z kremenného skla, do ktorého sú zatavené hlavné wolfrámové elektródy a jedna až dve elektródy pomocné. Medzi pracovnými elektródami horí výboj, ktorý má veľmi vysokú teplotu. Pracovné elektródy bývajú pokryté emisnou vrstvou na báze oxidov bárya a vápniku s prísadou oxidu botritého. Na vákuovo tesné zatavenie elektród sa používa molybdénová fólia. Priestor vo vnútri horáku je vyplnený argónom s tlakom 2,7 kPa a presným množstvom ortute. Po pripojení napätia vznikne výboj medzi pomocnou a pracovnou elektródou. Tento výboj je stabilizovaný predradným odporom. Vonkajšia banka má za úlohu udržiavať horák na konštatnej teplote, čo vlastne zabezpečuje stále hodnoty svetelných a elektrických parametrov. Banka takisto pohlcuje UV žiarenie a slúži ako plocha pre nanosenie luminoforu. Je tvorená borito-kremičitým sklom a je naplnená zmesou argónu a dusíku s tlakom 50 kPa. Inertná atmosféra chráni nosný systém horáku a molybdénové fólie pred oxidáciou. Pri verejnom osvetlení sa používa výbojka ktorá ma nanosený ytriumvanadátový luminofor [1], [3], [14], [16].

## 2.2.2 Vysokotlaková sodíková výbojka

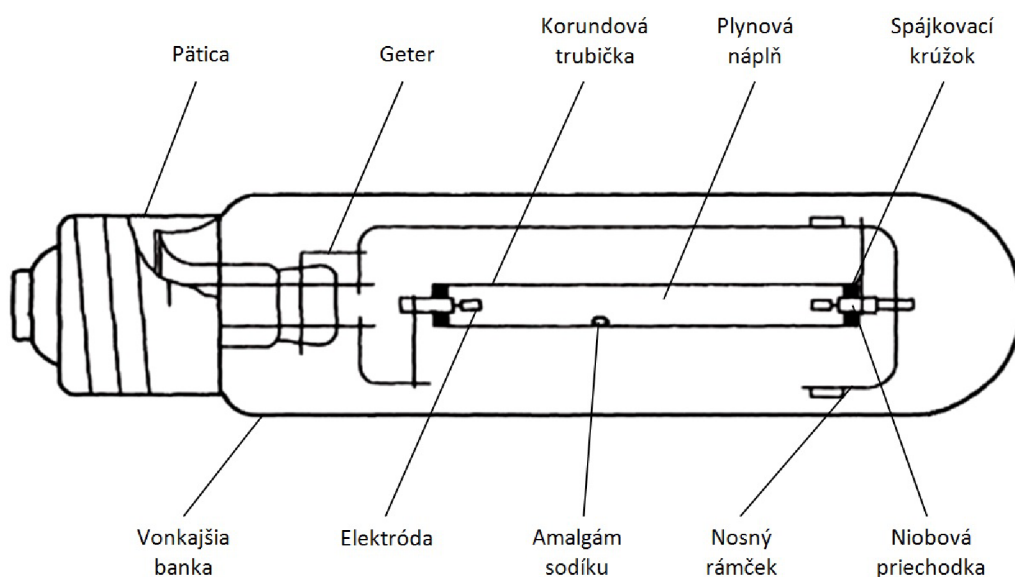
Vysokotlakové sodíkové výbojky sú vo verejnom osvetlení najpoužívanejšie svetelné zdroje, ktoré boli vyvinuté ako alternatíva ku vysokotlakovým ortuťovým výbojkám. Keďže jedna alternatíva samotného návrhu verejného osvetlenia v rámci tejto práce bude predpokladať použitie tohto typu svetelného zdroja bude mu venovaná väčšia pozornosť.

Ak je u sodíkovej výbojky zvyšovaný tlak pár, svetelná účinnosť začne klesať po určitý bod. Následne po prechode minimom začne opäť rásť a približne pri tlaku 10 kPa dosiahne svoje druhé maximum. V závislosti na všetkých parametroch môže vysokotlaková sodíková



výbojka dosiahnuť účinnosť až  $150 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ . Pri rastúcom tlaku pár sodíka je spektrum žiarenia bohatšie, a to má za následok lepší index podania farieb.

Tým, že je tlak sodíkových par zvyšovaný, je predpokladaný nárast pracovnej teploty výbojovej trubice. Túto teplotu už hlinito-borité sklá nie sú schopné ustáť a preto sa musel vyvinúť nový materiál. Týmto je priesvitný polykryštalický korund. Tento materiál vydrží vysoké teplotné a tlakové zaťaženie a má veľmi dobré priepustné vlastnosti. Keďže je horák vyrobený so špeciálneho materiálu, ktorý nesmie pri prevádzke prísť do kontaktu so vzduchom, musí byť okolo horáku vysoké vákuum. Vďaka tomuto riešeniu neuniká teplo do priestoru, ale udržiava sa vo vnútri.



Obr. 2.3: Konštrukcia vysokotlakovej sodíkovej výbojky podľa [17]

Na obrázku 2.3 môžeme vidieť konštrukciu vysokotlakovej sodíkovej výbojky. Horák musí byť zhotovený z polykryštalického alebo monokryštalického oxidu hlinitého (tzv. syntetického korundu) a je v tvare trubice, ktorá je na koncoch uzatvorená priechodkami z rôzneho vyhotovenia (napr. z niobu), ktoré sú pripájkované k trubici. Kvalita spájkovaného spoja výrazne ovplyvňuje život celej výbojky. Prechod medzi kovom a keramikou musí byť dostatočne odolný voči pôsobeniu sodíkových a ortuťových pár pri vysokých pracovných teplotách, tlakoch a takisto pri teplotných rázoch vznikajúcich pri zapínaní a vypínaní výbojky. Na niobové priechodky sú pripájkované wolframové elektródy, na ktorých je nanosená emisná vrstva na báze oxidu barnatého s prímiesou wolframového prášku.

Polohou elektród v horáku je možné regulovať teplotu priestoru za elektródami. Teplota za elektródami určuje základne svetelné a elektrické parametre výbojky. To preto, lebo touto teplotou sa určuje tlak pár sodíka v samotnom horáku. Sodík je dávkovaný do horáku s ortuťou pomocou amalgámu. V priestore horáku sa nachádza inertný plyn, ktorý zabezpečuje jednoduchšie zapálenie a zabraňuje odparovaniu emisnej vrstvy. Ako najvhodnejší plyn sa javí xenón, avšak je možné aj použitie argónu a neónu. Horák je krytý vonkajšou bankou. Táto banka môže byť zhotovená ako číra alebo pokrytá luminoforom.

O udržanie kvalitného vákua počas celej životnosti výbojky sa stará geter.

Sodíkové výbojky potrebujú pre svoju prevádzku špeciálne tlmivky a zapalovacie zariadenie, ktoré generuje impulz do veľkosti 2,5 kV až 5 kV. Špeciálnu výnimku tvoria sodíkové výbojky, ktoré majú Penningovu zmes. U týchto výbojok stačí na zapálenie výboja sieťové napätie. Pre zlepšenie merného výkonu sa u sodíkových výbojok zvyšuje tlak xenonu. Toto má však za následok zníženie indexu podania farieb a zvýšenie zápalného napätia [1], [3], [4], [14], [17].

## 2.3 Svetelné diódy LED

Skratka LED pochádza z anglického Light Emitting Diode, čo v preklade znamená svetlo emitujúca dióda. Svetelná dióda je polovodičová súčiastka obsahujúca PN prechod, ktorý ak je budený prechodom elektrického prúdu emituje optické žiarenie. LED diódy zaznamenávajú vo verejnom osvetlení v posledných rokoch veľký dynamický rozvoj a vytláčajú vysokotlakové sodíkové výbojky do ústrania.

Pre vytvorenie polovodičových prechodov PN sa používajú polovodiče vysokej čistoty, ktoré sú legované malým množstvom vhodných prímiesí, ktoré buď vytvoria prebytok elektrónov alebo ich nedostatok. V mieste styku vzniká prechod PN a po priložení jednosmerného napätia správnej polarizácie nastane vzájomné približovanie elektrónov a dier k miestu kontaktu a k ich rekombinácii. Pri rekombinácii páru elektrón-diera sa uvoľní energia, ktorá môže vyžiariť mimo kryštál.

Keďže z princípu funkcie diódy nie je možné získať biele svetlo, používajú sa dva rozličné spôsoby, ako biele svetlo LED získať, a to:

- priamym zmiešaním svetla červenej, zelenej a modrej LED ,
- použitím luminoforu, ktorý je nanosený vo vnútri diódy a je budený svetlom modrej alebo ultrafialovej diódy. Tento spôsob je oproti LED s tromi čipmi úspornejší a rozmerovo menší.

V praxi sa dnes nepoužívajú jednotlivé LED, ale zoskupenie jednotlivých LED do väčších celkov. Vo svetidle verejného osvetlenia je možné vidieť desiatky jednotlivých LED prvkov. Vo verejnom osvetlení svietidlá LED sú vhodné napríklad pre madlové osvetlenia mostov, osvetlenie peších zón v architektonicky náročnom prostredí a samozrejme sa nimi vybavujú aj osvetľovacie systémy inštalované na stožiaroch, ktorých výška a rozteč je podobná, ako napríklad pri použití svietidiel s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou.

Použitie LED svietidiel vo verejnom osvetlení má svoje výhody. Medzi také najvýznamnejšie patrí redukcia svetelného znečistenia, čo je vo veľkých mestách prínosné. Znížia sa náklady na prevádzku svetelnej sústavy a životnosť týchto zdrojov je tiež väčšia ako v prípade vysokotlakovej sodíkovej výbojky [1], [3], [4], [14], [18], [19].

Typ svetelného zdroja	Merný výkon ( $lm \cdot W^{-1}$ )	Životnosť (hod)
Vysokotlaková ortuťová výbojka	40 - 60	12 000 - 24 000
Žiarivka	75 - 81	10 000 - 13 000
Nízkotlaková sodíková výbojka	100 - 200	12 000 - 18 000
Vysokotlaková sodíková výbojka	60 - 150	12 000 - 32 000
LED	90 - 200	50 000

Tab. 2.1: Porovnanie svetelných zdrojov [20]

## 2.4 Súhrnné porovnanie svetelných zdrojov

Následne budú uvedené v tabuľke 2.2 jednotlivé podstatné výhody a nevýhody svetelných zdrojov:

Typ svetelného zdroja	Výhody	Nevýhody
Vysokotlaková ortuťová výbojka	stabilita svetelného toku, ľubovoľná poloha pri svietení, stabilná pri nízkych teplotách, nízka cena, dlhý život	pomerne malá účinnosť, horšie podanie farieb, nevýhodné pre stmievanie
Žiarivka	nízka cena, široký sortiment príkonov, vhodné geometrické parametre, dlhý život	závislosť sv. toku na teplote, obsah ortute, vplyv počtu zapnutí na život
Nízkotlaká sodíková výbojka	vysoký merný výkon, dlhý život, neobsahuje ortuť, výboj sa zapáli aj pri $-20^{\circ}\text{C}$	index podania farieb 0, vyššie zápalné napätie, vyššie straty v predradníku, náročná technológia výroby
Vysokotlaková sodíková výbojka	vysoký merný výkon, dlhý život, spoľahlivá prevádzka, prijateľná cena	index podania farieb
LED	geometrické parametre, elektrické a svetelné parametre, vysoká spoľahlivosť, vysoký merný výkon, doba života	vysoká cena, obťažnejšia recyklácia, zložitejšia výroba

Tab. 2.2: Výhody a nevýhody svetelných zdrojov [3]

### 3 REGULÁCIA VEREJNÉHO OSVETLENIA

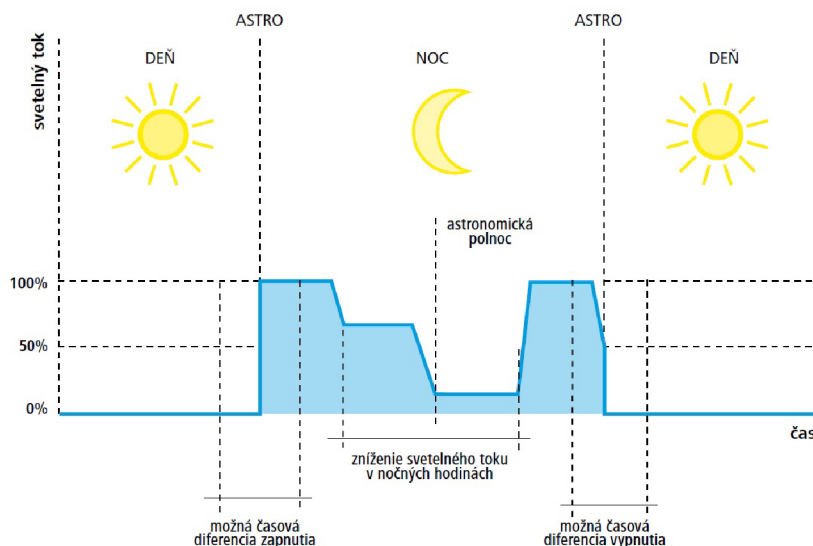
Verejné osvetlenie v mnohých formách, ako napríklad osvetlenie ciest, tunelov, parkovísk atď. je pomerne veľkým konzumentom elektrickej energie. Celkovo verejné osvetlenie využíva 19% celosvetovo vyrobenej elektrickej energie. Pre mestá je verejné osvetlenie aj určitou finančnou záťažou, keďže jeho cena nie je nízka. Verejné osvetlenie je takisto dôležitou súčasťou bezpečnosti na verejnosti. Je veľmi dôležité, aby sa na verejné osvetlenie dalo spoľahnúť, či už v rámci udržiavania potrebnej hodnoty osvetlenosti alebo v rámci zachovania funkčnosti po dlhú dobu. Preto každé zlepšenie spotreby elektrickej energie a kvality verejného osvetlenia, čo v konečnom dôsledku zníži náklady na opravy a pod., sa prejaví ako výrazná úspora pre majiteľa svetelnej sústavy, ktorým poväčšinou bývajú mestá, obce. Samozrejme, zníženie spotreby elektrickej energie má pozitívny dopad aj na životné prostredie.

Reguláciu osvetlenia rieši norma ČSN 13 201-1 v časti „Národní příloha NA.2 Regulace osvětlení“. V tejto norme sa píše, že ak nedochádza v priebehu noci k významným zmenám intenzity dopravy alebo jasú okolia, odporúča sa použitie vhodných prostriedkov k zníženiu hladiny osvetlenia a tým aj spotreby energie. Pri regulácii osvetlenia je potrebné zachovať rovnomernosť osvetlenia. Zníženie hladiny osvetlenia má byť podložené analýzou zmeny intenzity prevádzky na uvažovanej pozemnej komunikácii. Pripúšťa sa zníženie hladiny osvetlenia až o 50% menovitej hladiny osvetlenia, zodpovedajúce príslušnej triede osvetlenia. Zníženie osvetlenia o viac ako 50% menovitej hladiny osvetlenia musí byť podložené analýzou zmien intenzity prevádzky. Táto norma však tiež hovorí “ *v oblastech s vysokým rizikem kriminality a/nebo nehodovosti v nočních hodinách se regulace osvětlení nedoporučuje.*“, takže zníženie osvetlenia je odporúčané iba na miestach kde je nižšie riziko kriminality resp. nehodovosti [26].

#### 3.1 DALI digitálne riadenie

DALI (s anglického Digital Adressable Lighting Interface) je digitálne adresovateľné svetelné rozhranie, ktoré patrí pod medzinárodný štandard IEC 62 368. DALI slúži na stmievanie osvetľovacích sústav v určitom rozsahu svetelného toku daného svietidla, ktorý je ešte v prípustných medziach. DALI vznikol za cieľom vytvorenia jednotného rozhrania na ovládanie svietidiel nezávisle od výrobcov alebo typu svetelného zdroja. Pre tento štandard sa používa bezpolaritné káblové vedenie. Dôležitým predpokladom pre toto riadenie je to, že každé svietidlo je vybavené samostatným DALI elektronickým predradníkom. Výhodou tohto typu riadenia verejného osvetlenia je, že je možný monitoring a stmievanie v rovnakom čase. Samotné stmievanie je obmedzené iba dovoľeným rozsahom jednotlivých svetelných zdrojov. Pre výbojkové svetelné zdroje je rozsah 60 až 100 %, pre žiarivkový zdroj to je 1 až 100% a pre LED zdroj to je 10 až 100%. Úlohou monitoringu je vykonávanie okamžitej správy svietidiel nezávisle na čase. Toto výrazne prispieva k správnej činnosti sústavy. Pri DALI riadení je možné riadiť svetelné zdroje celkovo tým, že sa spoja do sku-

pín, alebo je možné riadiť aj každé svietidlo samostatne. Obmenou systému by mohla byť napríklad zmena skupiny svietidiel alebo zmena funkčných vlastností. To si nevyžaduje žiaden zásah do inštalácie svetelnej sústavy. V DALI riadení sa využíva plynulá zmena svetelného toku, ktorá má za následok zvýšenie kvality osvetlenia a zrakového komfortu [20], [21].

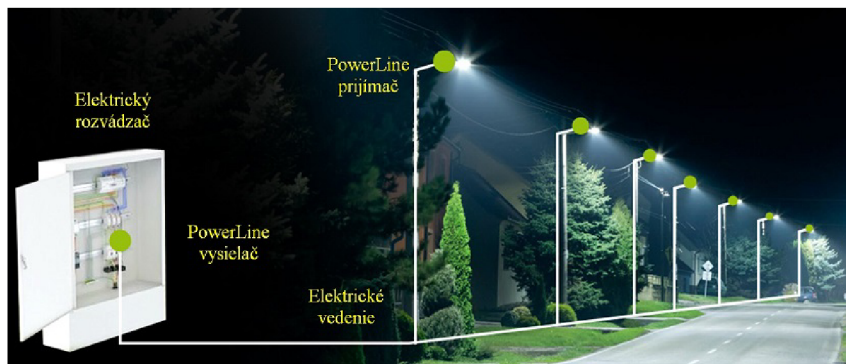


Obr. 3.1: Zmena svetelného toku DALI riadenia podľa [20]

V každom jednom svietidle je umiestnený DALI predradník. Ďalej je v elektrických rozvádzačoch umiestnený DALI regulátor a prenos informácií medzi týmto regulátorom a svietidlami je zabezpečený pomocou dvojvodičovej DALI zbernice. Nakoniec je napríklad pomocou Ethernetu zabezpečená komunikácia medzi regulátormi a centrálnym ovladacím miestom[20].

## 3.2 PowerLine

Za účelom zjednodušenia kontroly musí byť použitá metóda na komunikáciu medzi svietidlami a centrálnym riadiacim systémom. Podstatnou výhodou PowerLine systému je, že nie je potrebná žiadna ďalšia infraštruktúra než tá, ktorá je už použitá na napájanie svietidiel. Toto je zabezpečené tým, že všetka komunikácia prebieha po štandardnom silovom rozvode, pričom funkciu tohto silového rozvodu to absolútne nenarušuje. Pri systéme PowerLine je dôležité sústavu vybaviť na jednej strane vysielateľom PowerLine a na svietidlá je potrebné umiestniť prijímač, ktorým je v zásade bežný predradník DALI. Takisto ako pri DALI riadení aj pri PowerLine sú zachované všetky funkčné vlastnosti sústavy. Správca verejného osvetlenia následne môže podľa uváženia upraviť svetelný tok na dosiahnutie úspor elektrickej energie. Ilustratívne zobrazenie ako je na obrázku 3.1 môžeme použiť aj pri riadení PowerLine, kde je takisto možná plynulá regulácia osvetlenia [20], [22].



Obr. 3.2: Rozloženie PowerLine systému podľa [22]

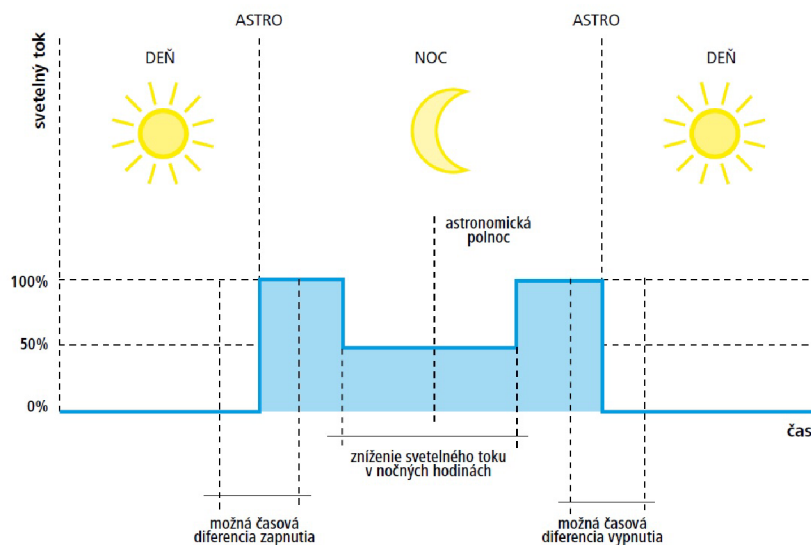
Ako je možné vidieť na obrázku 3.2 v každom svietidle sa nachádza PowerLine prijímač a takisto aj DALI predradník. Dátová komunikácia je zabezpečená cez elektrické vedenie. Od elektrického rozvádzača po centrálne ovládacie miesto môže byť už komunikácia zabezpečená rôzne. Či už bude použitá komunikácia pomocou Ethernetu ako pri DALI riadení alebo sa použije bezdrôtová komunikácia pomocou GSM modulov. To nehrá v samotnom riadení vôbec rolu a záleží to čisto na majiteľovi osvetľovacej sústavy.

### 3.3 Riadenie spínanou fázou

Tento typ riadenia využíva pre svoju činnosť pomocnú doplnkovú spínanú riadiacu fázu. Každý predradník svietidla musí mať 2 napájacie vstupy. Ak je na jeden vstup privedená fáza, tak sa svietidlá rozsvietia na požadovanú hodnotu svetelného toku, napríklad na 100%. V momente, kedy je na druhý vstup privedená napájacia fáza, sa zníži výkon a svietidlá sa zotmivia. V prípade, že sa táto riadiaca fáza odpojí, budú mať svietidlá opäť 100-percentný svetelný tok. Takýmto spínaním riadiacej fázy je možné dosiahnuť skokovú zmenu intenzity osvetlenia v časoch, kedy je znížená frekvencia pohybu vozidiel a osôb. Nevýhoda tohto systému je, že je potrebný ďalší vodič, čo v prípade rekonštrukcie svetelnej sústavy môže byť problém. Tento spôsob riadenia je však zvyčajne používaný pri rekonštruovaní starej svetelnej sústavy (napríklad akou je aj naša sústava riešená v diplomovej práci), ktoré sú realizované štvorvodičovým napájacím rozvodom. Jeden z troch fázových vodičov je možné použiť ako riadiacu (spínanú) fázu. Tento systém umožňuje spínať ako napájaciu, tak aj riadiacu fázu a tým dosiahnuť regulovateľnosť osvetlenia napríklad pomocou astronomických spínacích hodín. Je možné použiť aj časové spínače, ktoré sú vybavené snímačom súmraku. Spínanie riadiacej a napájacej fázy je uskutočňované centrálnie v elektrickom rozvádzači [20].

### 3.4 Spínanie verejného osvetlenia

Spínanie verejného osvetlenia patrí medzi najdôležitejšie operácie. V prípade, že by bolo spínanie zle navrhnuté, tak by mohlo nastať zníženie bezpečnosti dopravy, majetku a pre-



Obr. 3.3: Zmena svetelného toku pri riadení spínanou fázou podľa [20]

dovšetkým osôb. Existujú dva hlavné spôsoby ako verejné osvetlenie spínať.

Prvým spôsobom je spínanie fotobunkami, ktoré sú väčšinou použité vo veľkých mestách. Primárnou úlohou fotobunkového spínača je snímanie úrovne osvetlenia. Medzi jeho podstatné nevýhody patrí ovplyvniteľnosť osvetlením z okolia. Na elimináciu tohto problému bolo potrebné do spínania zaviesť hysteréziu, ktorá však môže predlžovať skutočnú dobu, počas ktorej je svietidlo rozsvietené. Výhodou fotobunkových spínačov je fakt, že by mali zapnúť, keď je „tma“ a vypnúť, keď „tma“ nie je. Avšak nie vždy je toto dodržané a napríklad počas zatmenia oblohy je toto dokonca nežiadúce [23].

Ďalším spôsobom spínania je použitie astronomických hodín, ktoré výhodne nahrádzajú fotobunky. Princíp astronomických hodín vychádza z toho, že počas roka nie je čas stmievania a rozodnievania sa rovnaký, ale mení sa každý deň. Na základe použitia aktuálneho dátumu a vopred danej tabuľky spínania, spínač automaticky prestavuje čas, v ktorom sa svetelná sústava zapne, resp. vypne. V prípade potreby sa dá čas zapnutia a vypnutia korigovať v rozmedzí  $\pm 99$  minút. Použitím tejto korekcie je možné nastaviť oneskorenie resp. predstih v iných kanáloch, a tým je možné nastavenie postupného zapínania, resp. vypínania verejného osvetlenia. Pre správnu činnosť je ešte nevyhnutné do astronomických hodín zapísať časové pásmo miesta a správne nastaviť zemepisnú polohu. U modernejších spínačov je možné zadať presnú hodnotu súradníc potrebného miesta. U starších a lacnejších typov je možné si iba vybrať z prednastavených miest a vybrať to, ktoré je k požadovanému miestu najbližšie [24].

Podľa normy ČSN 36 0400 časť 6.2., ktorá bola platná do roku 2007 musí byť doba prevádzky osvetlenia stanovená časovým plánom osvetľovania vypracovaným prevádzkovateľom verejného osvetlenia. Časový plán sa odvodzuje pre danú geografickú oblasť s prihliadnutím k hustote zástavby, prevádzky, poprípade viacstupňovej regulácie. Podľa tabuľky 4 v časti 6.2. tejto normy počas obdobia od 23. septembra až do 20. marca sa svetelná sú-

stava má zapnúť pol hodinu po západe slnka a vypnúť pol hodiny pred východom slnka. V období od 21. marca do 22. septembra sa sústava zapína 3/4 hodiny po západe slnka a 3/4 hodiny po východe slnka je sústava vypnutá. Ak to vyžadujú meteorologické podmienky, môže sa osvetlenie zapínať a vypínať aj mimo dobu stanovenú časovým plánom. Podľa novej normy, ktorá upravuje požiadavky na verejné osvetlenie ČSN 13 201-1, sú tieto nariadenia o časoch zapínania a vypínania verejného osvetlenia odstránené, čo znamená, že o časoch zapínania a vypínania v dnešnej dobe rozhoduje správca osvetľovacej sústavy. Avšak aj keď tieto časy už nie sú normou prikázané, tak sa na mnohých miestach stále dodržujú v prípade, že na spínanie nie sú použité astronomické hodiny alebo iné stmievacie senzory [25].



## 4 SÚČASNÝ STAV

Bezděkov je obec, v ktorej bude návrh verejného osvetlenia realizovaný. Nachádza sa v okrese Havlíčkův Brod v kraji Vysočina. Poloha obce je zobrazená na obrázku 4.1.



Obr. 4.1: Poloha obce Bezděkov v rámci České republiky podľa [27]

### 4.1 Súčasný stav verejného osvetlenia

V terajšej dobe je v rámci šetrenia nákladov na elektrickú energiu v obci vypnutý určitý počet svietidiel. Svetelná sústava obce je zložená z nasledujúceho počtu svietidiel, ktoré sú prehľadne uvedené v tabuľke 4.1 a zobrazené na obrázku B-1, uvedeného v prílohách.

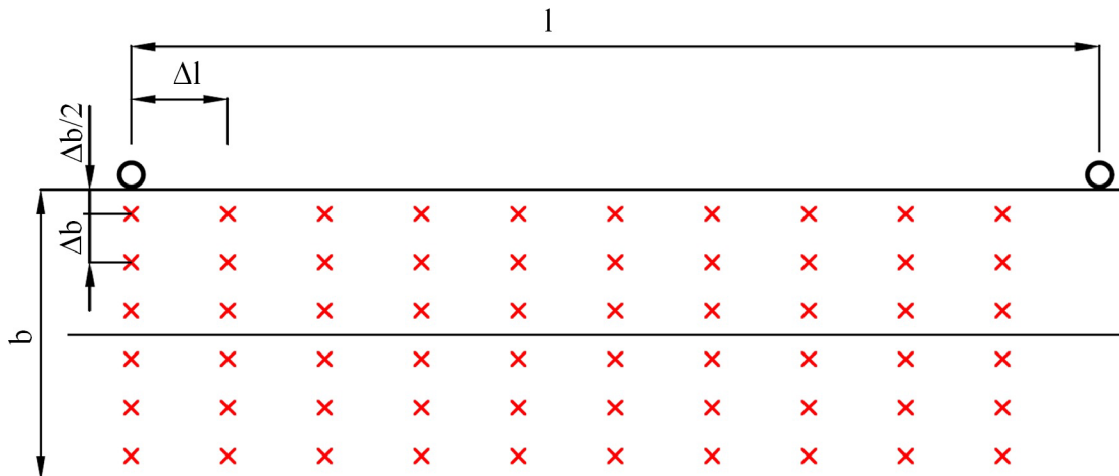
Typ svetelného zdroja	Počet kusov	Príkonnosť
Vysokotlaková sodíková výbojka	2	70 W
Vysokotlaková ortuťová výbojka	7	250 W
Vysokotlaková ortuťová výbojka	4	125 W
Nízkotlaková ortuťová výbojka	12	2 x 36 W
Stĺp bez svietidla	9	-

Tab. 4.1: Zoznam nainštalovaných svietidiel

Ako je možné vidieť v tabuľke 4.1, tak v celej dedine nie je typ použitého svetelného zdroja rovnaký. Toto na rôznych miestach spôsobuje určitý svetelný diskomfort kvôli miešaniu sodíkovej výbojky s ortuťovou. V novom návrhu bude použitý jeden typ svetelného zdroja a líšiť sa budú maximálne príkon.

#### 4.1.1 Meranie intenzity osvetlenia

Intenzita osvetlenia bola meraná za pomoci luxmetru. Vychádzalo sa z normovaného postupu, kde situácia popísaná v norme [25], je na obrázku 4.2



Obr. 4.2: Príklad rozmiestnenia meracích bodov na komunikácii s dvoma jazdnými pruhmi, podľa [25]

kde  $l$  vyjadruje vzdialenosť medzi dvoma stĺpmi verejného osvetlenia a  $b$  vyjadruje šírku komunikácie. Hodnoty  $\Delta b$  a  $\Delta l$  sa získajú nasledovne:

$$\Delta b = b/6 \quad (\text{m}) \quad (4.1)$$

a

$$\Delta l = l/10 \quad (\text{m}) \quad (4.2)$$

Na hlavnej bola medzi tromi stĺpmi zmeraná osvetlenosť, kde všetky zistené hodnoty sú uvedené v tabuľke 4.2. Vzdialenosť  $l$  medzi týmito stĺpmi bola 80m. Šírka komunikácie  $b$  bola 6m. Situácia s verejným osvetlením v okamihu merania bola taká, že krajné svetelné zdroje boli vypnuté a svietilo iba svietidlo na prostrednom stĺpe verejného osvetlenia. Následne bola zvolená sieť 20 x 9 bodov. Norma udáva, že sieť bodov by mali byť ako na obrázku 4.2, čože dostatočná sieť by bola 20 x 6 bodov ale v rámci presnosti je použitá už spomenutá sieť 20 x 9 bodov. Ako je možné pozorovať z tabuľky 4.2 a z grafu 4.3, hodnota osvetlenosti je najväčšia pod zapnutým pouličným osvetlením a maximálne dosahuje hodnotu 12 luxov na úplnom kraji vozovky.

Z nameraných hodnôt je následne možné vypočítať rovnomernosť osvetlenia a aj hodnotu priemerného osvetlenia, pričom bolo postupované podľa [28].

Priemerné osvetlenie sa získa nasledovne:

$$E_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (\text{lx}) \quad (4.3)$$

kde  $E_i$  je osvetlenosť v určitom bode a  $n$  je počet meraných bodov. Následne je možné

do daného vzorca dosadiť získané hodnoty, uvedené v tabulke 4.2:

$$E_{avg} = \frac{0,09 + 0,095 + \dots + 12 + \dots + 0,274 + 0,289}{9 \cdot 20} = \frac{475,759}{180} = 2,643 \text{ lx} \quad (4.4)$$

$E$ (lx)	$Y$ (m)									
	0	0,5	1,5	2,5	3	3,5	4,5	5,5	6	
$X$ (m)	0	0,090	0,095	0,093	0,097	0,096	0,094	0,097	0,083	0,084
	4	0,124	0,127	0,129	0,131	0,132	0,127	0,126	0,118	0,112
	8	0,159	0,157	0,175	0,167	0,164	0,167	0,164	0,168	0,168
	12	0,205	0,210	0,221	0,232	0,238	0,244	0,256	0,269	0,277
	16	0,322	0,326	0,333	0,342	0,346	0,351	0,361	0,372	0,377
	20	0,546	0,544	0,540	0,537	0,535	0,533	0,530	0,527	0,525
	24	1,018	1,013	1,001	0,987	0,980	0,973	0,957	0,939	0,929
	28	2,161	2,147	2,135	2,127	2,123	2,076	1,947	1,773	1,670
	32	5,700	5,660	5,649	5,483	5,360	5,211	4,833	4,350	4,070
	36	11,630	11,383	10,770	9,997	9,550	9,063	7,970	6,717	6,030
	40	10,930	10,276	9,046	7,923	7,400	6,904	5,992	5,185	4,820
	44	12,000	11,190	9,650	8,216	7,540	6,889	5,669	4,555	4,040
	48	9,930	9,258	7,990	6,824	6,280	5,761	4,800	3,941	3,550
	52	7,500	7,198	6,616	6,065	5,800	5,543	5,051	4,589	4,370
	56	3,140	3,101	3,021	2,941	2,900	2,859	2,776	2,691	2,650
	60	1,490	1,480	1,461	1,446	1,440	1,435	1,427	1,422	1,420
64	0,796	0,795	0,791	0,785	0,780	0,776	0,764	0,750	0,740	
68	0,504	0,512	0,524	0,531	0,533	0,534	0,531	0,523	0,517	
72	0,359	0,347	0,378	0,367	0,370	0,370	0,378	0,341	0,340	
76	0,290	0,270	0,260	0,271	0,285	0,284	0,274	0,284	0,289	

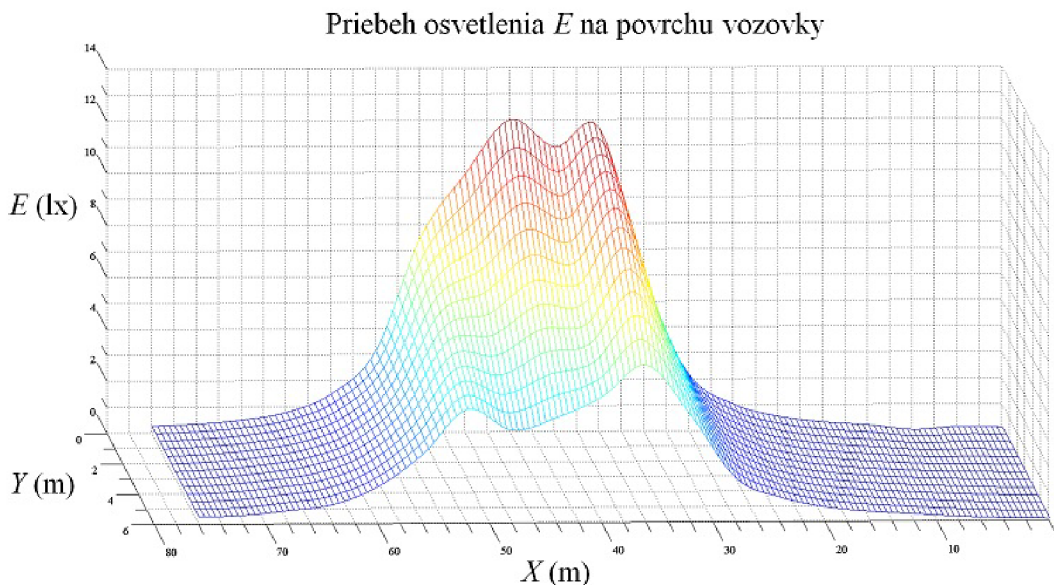
Tab. 4.2: Hodnoty osvetlenosti na hlavnej ulici

Rovnomernosť osvetlenia je možné získať zo vzťahu:

$$r = \frac{E_{imin}}{E_{avg}} \quad (-) \quad (4.5)$$

kde následne po dosadení požadovaných hodnôt bude získaná hodnota rovnomernosti:

$$r = \frac{0,083}{2,643} = 0,0314 \quad (4.6)$$



Obr. 4.3: Priebeh veľkosti intenzity osvetlenia  $E$  na vozovke

#### 4.1.2 Zatriedenie komunikácie

Na to, aby sme vedeli aj pri pozorovaní súčasného stavu zistiť, či daná svetelná situácia v dedine je vyhovujúca, je potrebné si podľa normy pozorovanú komunikáciu zaradiť do triedy. Tento proces spočíva v sledovaní pomerného množstva ukazovateľov. Následne bude zistená trieda pripadajúca pre hlavnú ulicu obce Bezděkov a počas návrhu sa zatriedia aj zvlášť komunikácie v obci.

Medzi hlavných užívateľov patria cyklisti, veľmi pomalé vozidlá a motorová doprava, pričom ich maximálna rýchlosť tým, že sa jedná o hlavnú cestu v obci, neprekročí maximálnu povolenú rýchlosť  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Ďalším dovoleným užívateľom sú chodci. Z tabuľky 1 normy [26] na strane 10 vyplýva, že sa jedná o svetelnú situáciu B2. V tabuľke 4.3 je uvedený formulár, do ktorého sú zapísané kompletne vstupné údaje pre výber triedy osvetlenia. Na základe všetkých vstupných parametrov sa dospeje k záveru, že komunikácia patrí do triedy ME5. Proces, ktorým sa k tejto triede dospelo, je vysvetlený v nasledujúcich tabuľkách.

Potom, ako bolo podľa tabuľky 1 normy [26] na strane 10 vybrané, na základe vstupných parametrov, svetelnú situáciu B2, tak sa vyberie trieda osvetlenia pre vybranú skupinu svetelných situácií. Podľa tabuliek 4.4 a 4.5 je následne zistená trieda osvetlenia, ktorá je uvedená v tabuľke 4.6.

Podľa 4.6 teda vyšli nasledujúce hodnoty:

- priemerný jas povrchu pozemnej komunikácie  $\bar{L} \geq 0,50 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ,
- celková rovnomernosť  $U_o \geq 0,35$ ,
- pozdĺžna rovnomernosť  $U_l \geq 0,4$ ,
- prahový prírastok  $TI \leq 15 \%$ ,
- činiteľ osvetlenia okolia  $SR \geq 0,5$ .

Formulár pre výber triedy osvetlenia					
Užívateľ	Hlavný	Motorová doprava X	Veľmi pomalé vozidlá X	Cyklisti X	Chodci
	Ďalší povolený užívateľ	Motorová doprava	Veľmi pomalé vozidlá	Cyklisti	Chodci
					X
	Nepovolený užívateľ	Motorová doprava	Veľmi pomalé vozidlá	Cyklisti	Chodci
Typická rýchlosť hlavného užívateľa (km/h)		> 60	> 30 a ≤ 60 X	> 5 a ≤ 30	< 5
Skupina svetelnej situácie:		B2			
Konfliktná oblasť		Áno		Nie X	
Zložitosť zorného poľa		Bežná X		Veľká	
Náročnosť navigácie		Bežná X		Väčšia než bežná	
Parkujúce vozidlá		Áno		Nie X	
Riziko kriminality		Bežné X		Väčšie než bežné	
Rozpoznanie tváre		Nie je potrebné X		Potrebné	
Jas okolia		Malý X		Veľký	
Prevládajúce počasie		Suché X		Mokrý	
Stavebné opatrenia na upokojenie premávky		Áno		Nie X	
Smerovo rozdelená komunikácia		Áno X		Nie	
Druh križovatky		Mimoúrovňové		Úrovňové	
		Vzdialenosť križovatiek medzi mostami (km)		Hustota (počet križovatiek na km)	
		> 3	≤ 3	> 3	≤ 3
				X	
Počet vozidiel za deň		< 7000	≥ 7000 a < 15 000	≥ 15 000 a < 25 000	> 25 000
		X			
Intenzita cyklistickej prevádzky		Bežná X		Veľká	
Intenzita pešej prevádzky		Bežná X		Veľká	
Trieda osvetlenia :		ME5			

Tab. 4.3: Vzor formuláru pre výber osvetlenia podľa normy [26]

Konfliktná oblasť	Zložitosť zorného poľa	Parkujúce vozidlá	Jas okolia					
			Malý		Stredný		Veľký	
			Cyklistická prevádzka		Cyklistická prevádzka		Cyklistická prevádzka	
			Bežná	Veľká	Bežná	Veľká	Bežná	Veľká
Nie	Bežná	Nevyskytujú sa	←	o	←	o	o	o
		Vyskytujú sa	o	→	o	→	→	→
	Veľká	Nevyskytujú sa	o	o	o	o	o	o
		Vyskytujú sa	o	o	→	→	→	→

Tab. 4.4: Odporúčanie pre výber z rozsahu tried osvetlenia podľa [26]

Prevládajúce počasie	Stavebné opatrenia	Hustota križovatiek	Náročnosť navigácie	Počet vozidiel za deň					
				< 7 000			≥ 7 000		
				←	o	→	←	o	→
Suché	Nie	≤3	Bežná	ME5	ME5	ME4b	ME4b	ME4b	ME3c
			Väčšia	ME4b	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
		>3	Bežná	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
			Väčšia	ME3c	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
	Áno	Výber ako vyššie, ale v mieste opatrenia sa použije o triedu vyššia hladina jasu							
		Výber ako vyššie, ale použije sa trieda MEW							
Vlhké	Výber ako vyššie, ale použije sa trieda MEW								

Tab. 4.5: Odporučený rozsah tried osvetlenia podľa [26]

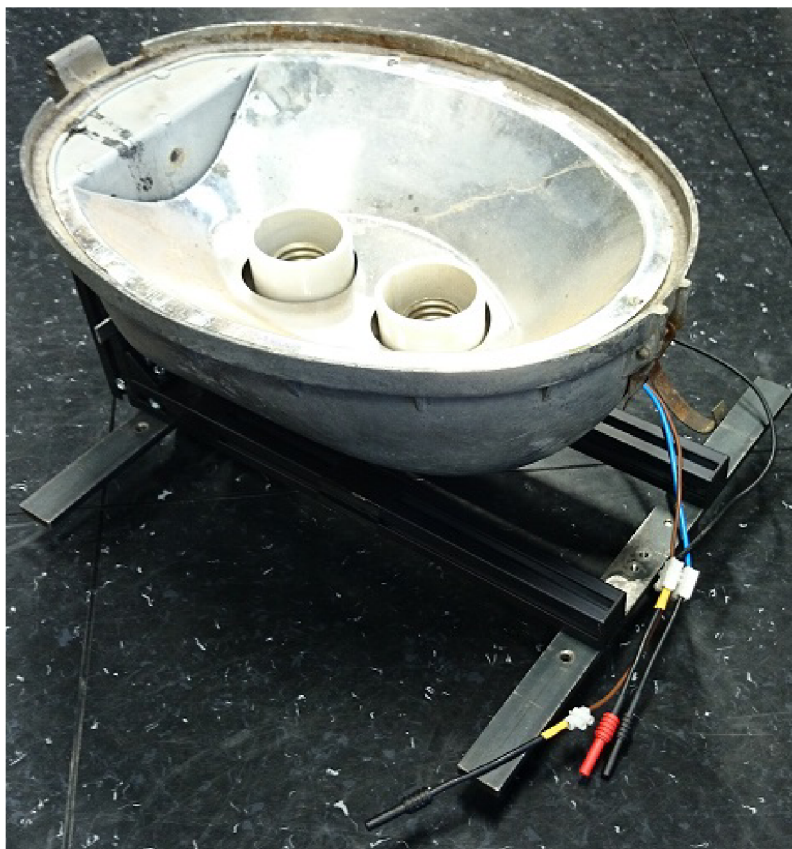
Trieda	Jas suchého povrchu komunikácie			Obmedzujúce oslnenie TI (%)	Osvetlenie okolia SR
	$\bar{L}(cd.m^{-2})$	$U_o$	$U_I$		
ME1	≥ 2,00	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 10	≥ 0,5
ME2	≥ 1,50	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 10	≥ 0,5
ME3a	≥ 1,00	≥ 0,4	≥ 0,7	≤ 15	≥ 0,5
ME3b	≥ 1,00	≥ 0,4	≥ 0,6	≤ 15	≥ 0,5
ME3c	≥ 1,00	≥ 0,4	≥ 0,5	≤ 15	≥ 0,5
ME4a	≥ 0,75	≥ 0,4	≥ 0,6	≤ 15	≥ 0,5
ME4b	≥ 0,75	≥ 0,4	≥ 0,5	≤ 15	≥ 0,5
ME5	≥ 0,50	≥ 0,35	≥ 0,4	≤ 15	≥ 0,5
ME6	≥ 0,30	≥ 0,35	≥ 0,4	≤ 15	neurčené

Tab. 4.6: Rada tried osvetlení ME podľa [26]

Takže ,ako je možné vidieť podľa tabuľky 4.6 a výsledku zo vzorca 4.6, kde rovnomernosť vyšla 0,0314, tak rovnomernosť osvetlenia v obci je hlboko pod úrovňou, ktorú určuje norma.

## 4.2 Meranie účinnosti svietidla a krivky svietivosti

V rámci zisťovania súčasného stavu verejného osvetlenia v obci, bolo potrebné zmerať krivky svietivosti a následne bolo rozhodnuté zistiť aj účinnosť použitých svietidiel a počas tohto merania aj dokázať vplyv znečistenia na účinnosť. Pre meranie bolo dôležité dané svietidlo si patrične pripraviť. Kvôli faktu, že bolo používané už pár rokov, bolo zanesené nečistotami. V prvom kroku bolo teda nutné svietidlo vyčistiť od nečistôt a vymeniť kabeláž, keďže tá, ktorá bola použitá vo svietidle, nebola vo vyhovujúcom stave. Po vyčistení svietidla, vymenení kabeláže a upevnení svietidla na pomocnú konštrukciu, bolo možné vykonať na tomto svietidle merania. Na nasledujúcom obrázku 4.4 je možné vidieť svietidlo pripravené na meranie, zatiaľ bez svetelného zdroja.

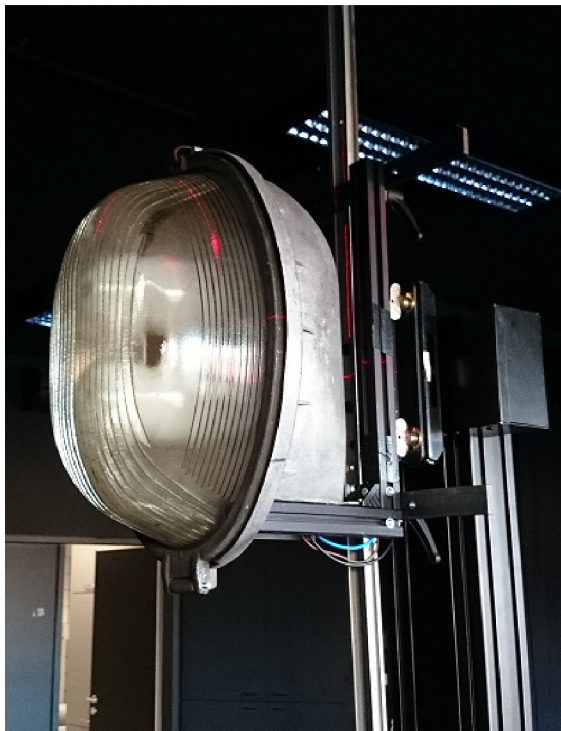


Obr. 4.4: Svietidlo pripravené na meranie

Ako už bolo spomenuté, krivky svietivosti sú dôležitým údajom pri výpočte v svetelnej technike a pri návrhu osvetľovacích sústav. Tieto krivky svietivosti sme schopní zmerať na zariadení, ktoré nazývame goniofotometer. Goniofotometer je zariadenie, ktoré slúži

na meranie svietivosti svietidla, poprípade svetelného zdroja, v rôznych fotometrických rovinách [3].

Na obrázku 4.5 je fotografia už pripevneného svietidla na goniofotometri. Konkrétne sa jedná o meranie kde sú použité dva svetelné zdroje a svietidlo je „špinavé“.



Obr. 4.5: Pripevnené svietidlo na goniofotometer

Pri tomto meraní budú odmerané štyri varianty pre následnú možnosť porovnania účinnosti svietidla. Ako prvý bol zmeraný variant, pri ktorom boli vo svietidle použité ortuťové výbojky, každá s príkonom 250 W, pričom bolo svietidlo neočistené, aby bola získaná hodnota účinnosti s akou pracujú svietidlá v obci.

Po zapojení všetkých požadovaných vodičov a nastavení potrebných údajov v programe sme dostali tabuľku A-2 uvedenú v prílohách. Následne pri výpočte účinnosti bolo postupované podľa [29] nasledovne:

Z programu sme dostali hodnotu osvetlenosti v luxoch. Z osvetlenosti je možné si nasledovne zistiť hodnotu svietivosti, ktorú je potrebné prepočítať na použitý svetelný zdroj umiestnený v svietidle. V našom prípade bol použitý svetelný zdroj so svetelným tokom  $\phi_{zad}=26\,000$  lm. Vzďialenosť luxmetru a svetelného zdroja bola 11,52 m. Nasledujúci príklad výpočtu je uvedený vždy pre prvý riadok tabuľky.

$$I = E \cdot h^2 = 7,788 \cdot 11,52^2 = 1\,033,55 \text{ cd} \quad (4.7)$$

Následne treba vykonať prepočet na svietivosť vzťahujúcu sa na 1 000 lm.

$$I_{26} = I \cdot \frac{1\,000}{26\,000} = 1\,033,55 \cdot \frac{1\,000}{26\,000} = 39,752 \text{ cd} \quad (4.8)$$



Týmto štýlom je prepočítaná každá hodnota z tabuľky A-2 a získaná tabuľka A-3 a následne sa z tabuľky A-3 získajú hodnoty prepočítanej svietivosti. Vo výpočte je pokračované týmto spôsobom:

Stredná svietivosť každého pásu :

$$I_{str0} = \frac{I_{26C0} + \dots + I_{26C345}}{24} = \frac{1\,033,55 + \dots + 1\,034,8}{24} = 1\,029,98 \text{ cd} \quad (4.9)$$

Po získaní strednej svietivosti je potrebné si určiť strednú svietivosť v pásu  $0^\circ$  až  $5^\circ$ .

$$I_{strpás} = \frac{I_{str0} + I_{str5}}{2} = \frac{1\,029,98 + 1\,030,99}{2} = 1\,030,48 \text{ cd} \quad (4.10)$$

Predtým, než je možné vypočítať svetelný tok, je potrebné si určiť priestorový uhol daného pásu:

$$\Omega_{0-5} = 2 \cdot \pi \cdot (\cos(0) - \cos(5)) = 0,02391 \text{ sr} \quad (4.11)$$

Teraz je možné vypočítať svetelný tok pásom  $0^\circ$  až  $5^\circ$ .

$$\phi_{pás-0} = \Omega_{0-5} \cdot I_{strpás} = 0,02391 \cdot 1\,030,48 = 24,638 \text{ lm} \quad (4.12)$$

Predposledný krok pred získaním účinnosti svietidla je spočítanie svetelných tokov v jednotlivých pásoch a tak získanie celkového svetelného toku svietidla.

$$\phi_{celk} = \sum_{i=0}^n \phi_{pás-n} = 24,638 + 73,556 + \dots + 0 = 11\,457,4 \text{ lm} \quad (4.13)$$

Posledný krok spočíva vo vypočítaní účinnosti svietidla.

$$\eta_{sv} = \frac{\phi_{celk}}{\phi_{zad}} = \frac{11\,457,4}{26\,000} = 0,4406 \Rightarrow 44,06 \% \quad (4.14)$$

Po odmeraní prvého variantu boli odmerané aj zvyšné tri. Kvôli tomu, že sa jedná o identický výpočet, nie sú pre tieto varianty uvedené vzorové výpočty. Získané dôležité hodnoty sú prehľadne uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Variant	Svetelný zdroj	Znečistenie	$\phi_{zad}$	$\phi_{celk}$	Účinnosť
	(W)		(lm)	(lm)	(%)
1	2 x 250	áno	26 000	11 457,4	44,06
2	2 x 250	nie	26 000	14 117,9	54,3
3	1x 250	nie	13 000	7 316,34	56,58
4	1x 250	áno	13 000	5 912,42	45,48

Tab. 4.7: Výsledné údaje merania pre všetky štyri varianty

Ako je možné vidieť z tabuľky, rozdiel medzi vyčisteným a nevyčisteným svietidlom je približne 10%, čo je nezanedbateľná hodnota. Pri znížení účinnosti svietidla o 10% vplyvom znečistenia sa môže stať, že navrhnutá osvetlenosť nebude u takéhoto svietidla dodržaná. Preto je potrebné svietidlá udržiavať v čistom stave.

### 4.3 Jasová fotografia

Medzi posledné vykonané meranie v obci, bolo získanie tzv. jasovej fotografie, na ktorej je možné vidieť rozloženie jasů na hlavnej ulici. Fotografia bola vyhotovená na rovnakej časti, ako bolo vykonanie meranie osvetlenosti vozovky. Fotografiu aj s legendou si je možné pozrieť na nasledujúcom obrázku.



Obr. 4.6: Fotografia zobrazenia jasů na hlavnej ulici

### 4.4 Model súčasného stavu

Pre vytvorenie modelu obce bol použitý program DIALux. Pre čo najpresnejšie zachytenie aktuálneho stavu boli použité dáta, ktoré boli získané meraním na goniofotometri, vid. kapitola 4.2. Model je rozdelený na tri samostatné časti, ktoré v celku zobrazujú celú obec. Ako prvý bol vyhotovený model A. Na tomto modeli je znázornená časť hlavnej cesty a park. Súčasný stav osvetlenia hlavnej cesty je z dôvodu šetrenia na elektrickej energii vypínaním každého druhého svietidla nedostačujúci. Malý park popri hlavnej ceste nie je osvetlený prakticky vôbec. V parku je vybudovaná menšia plocha na obecné akcie, ktorá je v prípade potreby neprakticky a neefektívne osvetlená prídavným svetlom. Na nasledujúcom obrázku 4.7 je možné vidieť fotografiu modelu tejto časti obce, v ktorej bolo vykonané aj meranie uvedené v tabuľke 4.2.



Obr. 4.7: Model aktuálneho stavu obce - časť A

Následne bol vyhotovený model B. Na tomto modeli je zobrazená zvyšná časť hlavnej cesty, obecného jazera a miestny chov dobytka spolu s ďalšími poľnohospodárskymi budovami. Ako je zobrazené na obrázku 4.8 v okolí jazera nie je umiestnené žiadne svietidlo, ktoré by dané miesto adekvátne osvetľovalo, čo môže spôsobiť problémy a takisto miera nebezpečnosti je pomerne vysoká. Na tejto časti hlavnej ulice je opäť každé druhé svetlo vypnuté, takže norma nie je ani v tejto časti obce splnená.



Obr. 4.8: Model aktuálneho stavu obce - časť B

Ako posledný bol vyhotovený model C, ktorý zobrazuje poslednú časť obce, ktorá je zároveň aj najnovšia. V tejto časti je prevládajúci počet novostavieb, poprípade sa tu v budúcnosti plánuje nová výstavba. Keďže sa jedná o pomerne novú časť obce, tak aj

kvalita, resp. stav verejného osvetlenia tu je najlepší. Rozmiestnenie svietidiel a aj ich počet je dobrý, avšak normu spĺňa iba v úplne spodnej časti dediny. Na obrázku 4.9 je možné si model C pozrieť.



Obr. 4.9: Model aktuálneho stavu obce - časť C

## 4.5 Zmerané hodnoty príkonov

Počas merania osvetlenosti cesty, boli zmerané aj hodnoty celkového odberu svetelnej sústavy. Tieto hodnoty boli získané meraním v rozvodnej skrini. Vykonané boli dve merania a to jedno krátko po zapnutí svetelnej sústavy a potom ďalšie po ustálení. Hodnoty sú uvedené v tabuľke 4.8. Ako je možné vidieť, hodnota príkonu sa odlišuje od súčtu príkonov jednotlivých svetelných zdrojov zapojených do systému. Celkový inštalovaný príkon všetkých svetelných zdrojov je po sčítaní 3,254 kW. Rozdiel medzi touto hodnotou a hodnotou uvedenou v tabuľke je spôsobený tým, že hodnota 3,254 kW je čisto príkon inštalovaných zdrojov a nie celkového svietidla. Ten je zložený aj z príkonu predradníka, ktorý tieto svetelné zdroje používajú.

Veličina	Pred ustálením	Po ustálení
$P$ (W)	3 430	3 520
$Q$ (kVAr)	2,23	1,78
$PF$ (-)	0,83	0,89
$I$ (A)	16,12	16,46

Tab. 4.8: Tabuľka nameraných hodnôt v rozvádzači

V rámci riešenia súčasného stavu si ešte uvedieme cenu elektrickej energie, ktorú obec momentálne platí:

Za rok 2015 spotreba verejného osvetlenia obce Bezděkov činila 7 638 kWh. Obec zaplatila bez dane celkom 16 928,95 Kč, čo z daňou tvorí 20 484,03 Kč.

V prípade, žeby svetelná sústava svietila počas celej noci, tak by spotreba a následne cena bola nasledovná:

$$E_{celk} = P \cdot t_{cel} = 3\,520 \cdot 3844 = 13\,530,88 \text{ kWh} \quad (4.15)$$

kde:

$E_{celk}$  - ročná spotreba elektrickej energie (kWh),

$P$  - inštalovaný príkon verejného osvetlenia (W),

$t_{cel}$  - celkový čas svietenia verejného osvetlenia (viac o tomto údají v kapitole 8) (hod).

Cena:

$$S_{suc} = E_{celk} \cdot c_e = 13\,530,88 \cdot 2,66 = 35\,992,14 \text{ Kč} \quad (4.16)$$

kde:

$S_{suc}$  - ročná spotreba verejného osvetlenia pre súčasný stav (Kč),

$c_e$  - cena elektrickej energie (Kč).

## 5 NÁVRH - HPS

Dnešný moderný trend, ktorý sa prevažná väčšina firiem a projektantov snaží presadiť, je použitie LED technológie. Táto technológia má zaručene budúcnosť a svoje uplatnenie určite nájde. Avšak v dnešnej dobe sú LED svietidlá drahé a v niektorých prípadoch ani úspora nie je tak značná, ako by sa na prvý pohľad mohlo zdať. Problémom zostáva aj samotné porovnanie s vysokotlakovou výbojkou. Pri porovnávaní nami požadovaných svetelných parametrov môžeme zistiť, že v svietidle používajúcom LED technológiu je umiestnených viacej LED diód a tým sa dostaneme príkonom svietidla na hodnotu od 70 až po 90 percent príkonu, ktorý je ekvivalentný vysokotlakovej sodíkovej výbojke. Pri svietidlách LED je problém aj v tom, že z dôvodu, že to je nová technológia, je vo svete veľa rozličných výrobcov a firiem, ktoré sa snažia sťahovať cenu čo najnižšie. Problém môže nastať za pár rokov po tom, ako sa obec rozhodla kúpiť lacné svietidlo od nezabehnutého výrobcu a v prípade poruchy svietidla už nebude mať možnosť ho nahradiť rovnakým typom, keďže firma už nemusí existovať.

Preto je aj v dnešnej dobe výhodné použiť kvalitné svietidlo s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou od renomovanej firmy, u ktorej je vysoká pravdepodobnosť, že bude o 10 rokov stále na trhu. V malej obci, kde nie sú vysoké požiadavky na index podania farieb, nie je najmenší problém v použití vysokotlakovej sodíkovej výbojky. V nasledujúcej kapitole bude uvedený návrh s týmto typom zdroja, od výberu svietidiel až po výber požadovaného stĺpa. Na záver kapitoly bude uvedený model, v ktorom je názorne ukázaná navrhovaná situácia.

Medzi základné dôvody rekonštrukcie verejného osvetlenia v obci Bezděkov je zahrnuté nasledovné:

- uvedenie verejného osvetlenia do súladu z ČSN,
- zníženie poruchovosti,
- zvýšenie bezpečnosti občanov a ich majetku,
- skvalitnenie stavu verejného osvetlenia v obci.

Rekonštrukciou verejného osvetlenia získa obec nové regulovateľné osvetlenie, ktoré bude slúžiť nasledujúce desiatky rokov. Osvetlenie vďaka výmene za kvalitnejšie svietidlá zníži aj svetelné emisie čo zabezpečí atraktívnejší vzhľad obce.

### 5.1 Návrh a zatriedenie ciest a ostatných častí obce do tried

Obec je rozdelená do troch častí. Hlavná cesta, vedľajšie cesty a potom prilahlé cesty pri obecných malých parkoch. Trieda hlavnej cesty bola určená už v kapitole 4.1.2. Za pomoci rovnakého postupu ako v kapitole 4.1.2 sú z noriem získané triedy aj pre zvyšné dve časti. U vedľajších ciest vyjde trieda ME6, k prilahlým cestám pri parkoch a k samotným parkom patrí trieda S3. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené potrebné hodnoty, ktoré treba v návrhu podľa normy dodržiavať:

		ME5	ME6
Priemerný jas povrchu pozemnej komunikácie	$\bar{L}$ ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ )	$\geq 0,5$	$\geq 0,3$
Celková rovnomernosť	$U_o$ (-)	$\geq 0,35$	$\geq 0,35$
Pozdĺžna rovnomernosť	$U_l$ (-)	$\geq 0,4$	$\geq 0,4$
Prahový prírastok	$TI$ (%)	$\leq 15$	$\leq 15$
Činiteľ osvetlenia okolia	$SR$ (-)	$\geq 0,5$	neurčené

Tab. 5.1: Tabuľka potrebných hodnôt pre triedu ME5 a ME6

		S3
Priemerná horizontálna osvetlenosť	$E$ (lx)	$\geq 7,5$
Najmenšia horizontálna osvetlenosť	$E_{min}$ (lx)	$\geq 1,5$

Tab. 5.2: Tabuľka potrebných hodnôt pre triedu S3

Potom, ako boli jednotlivé komunikácie zatriedené do jednotlivých tried, mohol prísť na rad návrh svietidiel, výšky stĺpov atď.. Samotný návrh bol vytvorený za pomoci programu DIALux. Ako prvé si bolo potrebné vybrať typ svietidiel, resp. firmu, od ktorej budú svietidlá použité.

Pri výbere boli brané do úvahy nasledovné parametre:

- cena,
- kvalita materiálu,
- krivka svietivosti,
- spoľahlivosť výrobcu a jeho serióznosť.

Po zvážení všetkých parametrov a odskúšaní v programe rozličných svietidiel padol výber na svietidla od firmy Philips, konkrétne sa jedná o svietidlo Malaga. Pri návrhu bolo postupované nasledujúcimi krokmi. Najskôr sa určila šírka komunikácie, ktorá v prípade hlavnej cesty je 7 metrov. Následne nato bola zadaná trieda, do ktorej hlavná cesta zapadá. Jedná sa o triedu ME5. Teraz prišiel na rad výber svietidla. Do programu DIALux bol stiahnutý elektronický katalóg firmy Philips, z ktorého bolo vybrané požadované svietidlo. V ďalšom kroku bolo potrebné zobrať do úvahy požiadavku od obce, a to, že výška stĺpov na hlavnej ulici by nemala prekročiť výšku už doterajších stĺpov. Čiže v tomto prípade bola výška stĺpov zvolená 7 metrov. Ako posledná bola pomocou programu zistená požadovaná vzdialenosť stĺpov, uhol natočenia svietidla, poprípade presah nad hranicu cesty. Získané hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke 5.3. Pri autobusovej zastávke v obci je z dôvodu rozšírenia vozovky použitý iný presah a iná vzdialenosť stĺpov. Od posledného stĺpa zo severnej strany obce je požadovaná vzdialenosť stĺpa 24 metrov a presah nad okraj vozovky v tomto prípade bude 1,5 m. Všetky spomínané vzdialenosti a dĺžky sú

uvedené na mape obce a mapách, ktoré je možné nájsť v prílohe a takisto budú v ďalšej časti viditeľné na 3D modeloch obce, aké boli použité pre zobrazenie súčasného stavu.

Vzdialenosť stĺpov $h$ (m)	31	Presah $x$ (m)	0 - 2
Výška stĺpa $l$ (m)	7	Sklon výložníka $\alpha$ (°)	15
Dĺžka ramena $y$ (m)	0,5 - 2	Umiestnenie	Jednostranne hore

Tab. 5.3: Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre hlavnú cestu

Pre hlavnú cestu, na obrázku B-2 v prílohách, vyznačenou čiernou farbou, bolo navrhnuté svietidlo Philips Malaga SGS102 SON-TPP100W K II MR SKD 42/60A. Jedná sa o všestranné svietidlo určené pre verejné osvetlenie. Svojím kvalitným osvetlením komunikácií zabezpečí bezpečné a pohodlné riadenie motorových vozidiel. Vďaka nízkym nákladom na kúpu a nízkym nákladom na údržbu je vhodným pre menšie projekty, kde je hlavným kritériom pri kúpe cena. Vďaka kvalitnému optickému systému je riadenie svetla kvalitné a účinnosť svietidla dobrá. Tieto svietidlá sú vhodné pre montáž na stĺp, výložník a pri potrebe je možné aj dokúpiť konzolu, ktorá umožní montáž na stenu. V tabuľke 5.4, uvedenej nižšie sú uvedené základné údaje o tomto svietidle.

Základné informácie o svietidle			
Počet svetelných zdrojov	1	Značka ENEC	ENEC mark
Pätica	E40	Vstupné napätie	230 - 240 V
Predradník	CONV *	Montážne zariadenie	42/60A
Typ optického krytu / šošoviek	PC **	Krytie IP	65
Trieda ochrany IEC	Safety class II	Ochrana proti nárazom	IK08
Značka CE	CE mark	Typ reflektoru	MR ***

Tab. 5.4: Základné informácie o svietidle malaga, podľa [45]

\* Jedná sa o konvenčný predradník s tlmivkou

\*\* Polykarbonátová guľa / kryt

\*\*\* MR = Moveable reflector čiže pohyblivý reflektor

Na spodnom obrázku 5.1 si je možné dané svietidlo prezrieť. Vyobrazené je v dvoch možnostiach inštalácie. Na ľavej strane obrázku je zobrazené upevnenie na výložník a na pravej strane je upevnenie priamo na stĺp verejného osvetlenia.

Pre vedľajšie cesty sú navrhnuté taktiež svietidlá od firmy Philips. Konkrétne sa jedná o svietidlo SGS101 SON-TPP50W K II MR SKD 42/60A v závislosti na použitej šírke komunikácie a požiadavkách na výšku stĺpa. Základné údaje tohoto svietidla sú totožné so svietidlom Philips Malaga SGS102 (samozrejme okrem príkonu použitého svetelného zdroja), uvedené v tabuľke 5.4. Dizajn svietidla je takisto zhodný so svietidlom SGS101, až na menší rozdiel vo veľkosti a hmotnosti.

Na obrázku B-2 v prílohách, je možné vidieť farebne rozlíšený návrh jednotlivých ciest. Svietidlo malaga SGS101 SON-TPP50W bude použité na vedľajšej ceste, ktorá je znázorňovaná červenou farbou. Jedná sa o vozovku, ktorá je zaradená do triedy ME6 a jej šírka je





Obr. 5.1: Fotografia svietidla Malaga od Philipsu, podľa [45]

4 metre. V tabuľke 5.5 sú opäť zapísané všetky potrebné údaje pre návrh:

Vzdialenosť stĺpov $h$ (m)	31	Presah $x$ (m)	0
Výška stĺpa $l$ (m)	7	Sklon výložníka $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	10
Dĺžka ramena $y$ (m)	0,5 - 1,5	Umiestnenie	Jednostranne hore

Tab. 5.5: Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre vedľajšiu cestu

Pre zvyšné vedľajšie cesty je opäť navrhnuté svietidlo SGS101 SON-TPP50W K II MR SKD 42/60A. U týchto ciest je zmena vo výške stĺpa na výšku 6 metrov. Toto sú ulice zaradené do najnižšej triedy ME6 a ich šírka je buď 4 metre u starých ciest (na obrázku B-2 v prílohách, zelené cesty) alebo 5 metrov u novo vybudovanej cesty (označenej na obrázku B-2 v prílohách, fialovou). Do tabuľky 5.6 boli zapísané všetky zistené hodnoty potrebné na návrh.

	Vedľajšia cesta 5 metrová	Vedľajšia cesta 4 metrová
Vzdialenosť stĺpov $h$ (m)	28	28
Výška stĺpa $l$ (m)	6	6
Dĺžka ramena $y$ (m)	0,5 - 1,5	0,5 - 1,5
Presah $x$ (m)	0,5	0
Sklon výložníka alfa ( $^{\circ}$ )	10	10
Umiestnenie	Časť jednostranne hore, časť jednostranne dole	

Tab. 5.6: Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre zvyšné vedľajšie cesty

Ako posledné bolo potrebné určiť druh a typ svietidiel pre park a prilahlú cestu (na obrázku B-2 v prílohách, oranžové cesty). Keďže automobilová premávka po týchto cestách je minimálna, ak aj tadeto motorové vozidlo ide, tak rýchlejšie ako 20 km za hodinu nepôjde. Pre osvetlenie parku bolo vybrané svietidlo typu „kužel“, konkrétne od firmy Hellux Svietidlo TYP 401. Tieto svietidlá sa používajú pre osvetlenie parkov, sídlisk a málo frekventovaných komunikácií. Svietidlo je vyrobené z hliníka a môže byť osadené sodíkovými,

metal-halogenidovými výbojkami alebo LED modulom. Pri kryte si je možné vybrať číry alebo mliečne biely. V našom návrhu je vybraný mliečne biely. Svietidlo bude umiestnené na stĺp s výškou 4 metre a priemerom 60 mm. Základné údaje o svietidle sú uvedené v tabuľke 5.7.

Základné informácie	
Menovité napätie	230 V
Trieda ochrany	I, voliteľne II
Krytie IP	54
Montáž na stĺp o priemere	60 alebo 76 mm

Tab. 5.7: Základné informácie o svietidle Hellux TYP 401, podľa [43]

Následne všetky informácie potrebné pre samotný návrh sú uvedené v tabuľke 5.8.

Vzdialenosť stĺpov $h$ (m)	24	Presah $x$ (m)	-1,5
Výška stĺpa $l$ (m)	4	Sklon výložníka alfa ( $^{\circ}$ )	-
Dĺžka ramena $y$ (m)	-	Umiestnenie	Jednostranne dole

Tab. 5.8: Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre park

Svietidlo Hellux Typ 401 bude pôsobiť ako estetický prvok pri skrášlení okolia parku a zároveň osvetlí časti obce, ktoré predtým osvetlené neboli. Toto zabezpečí väčšiu bezpečnosť pri pohybe po týchto komunikáciách. Svietidlo sa vyznačuje jednoduchou montážou a takisto údržba je nenáročná. Nerozbitný a nerezový materiál zabezpečí dlhú životnosť. Na obrázku nižšie je fotografia daného svietidla s mliečnym bielym krytom.



Obr. 5.2: Fotografia svietidla Hellux 401, podľa [44]

## 5.2 Použitý svetelný zdroj

Pre všetky svietidlá spomenuté v kapitole 5.1 bude použitá vysokotlaková sodíková výbojka. Konkrétne sa jedná o typ MASTER SON-T PIA Plus 100 a 50 W. Hlavnou výhodou typu MASTER SON-T PIA Plus oproti obyčajným SON-T svetelným zdrojom je použitie tzv. Philips Integrated Antenna (PIA) a vylepšená technológia Philips pre dlhšiu a spoľahlivejšiu životnosť a vyšší merný výkon zdroja. Medzi hlavné výhody zdroja SON-T PIA plus patrí zvýšená spoľahlivosť a nižšia výpadkovosť, čo zabezpečí spoľahlivé zapálenie oblúka za celú dobu životnosti výbojky. Svetelný zdroj je taktiež s masívnejšou konštrukciou a menším počtom zvarov a s bankou z číreho skla. Tento typ vyhotovenia zabezpečí väčšiu odolnosť voči otrasom a chveniu. Výbojková trubica je naplnená iba sodíkovými parami a xenónovým plynom a neobsahuje ortuť, čo je z ekologického hľadiska významné plus. Výbojka taktiež neobsahuje žiadne olovo, keďže sú päťice montované na trubicu bez prítomnosti olova.

Z katalógu svietidiel je potrebné zistiť údaje pre výpočet udržiavacieho faktoru, ktorý bol potrebný pri návrhu osvetlenia.

LLMF – činiteľ poklesu svetelného toku zdrojov počas životnosti je u tohoto svetelného zdroja pre hodnotu 16 000 hodín, čo predstavuje približne 4 roky svietenia, 90% (86% pre 50 W výbojku).

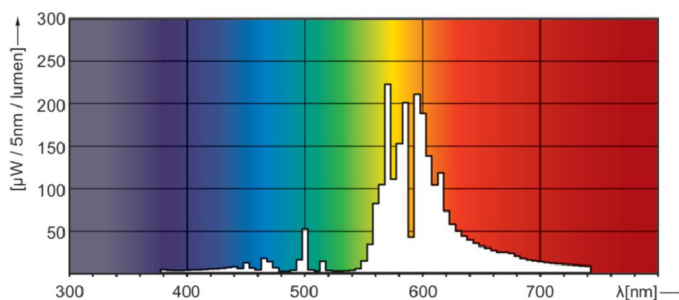
LSF – činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov má v tomto prípade opäť pre hodnotu 16 000 hodín hodnotu 96% (92% pre 50 W výbojku).

Ďalší dôležitý údaj o svietidle je jeho poruchovosť. V rámci 17 000 hodín svietenia je poruchovosť tohoto svietidla 5%. Pri hodnote svietenia 36 000 hodín, čo je približne 9 rokov, je poruchovosť až 50%.

Ak by bol záujem, tak kompletný katalóg týchto svetelných zdrojov je uvedený na [30].



Obr. 5.3: Fotografia svetelného zdroja SON-T PIA Plus, podľa [30]



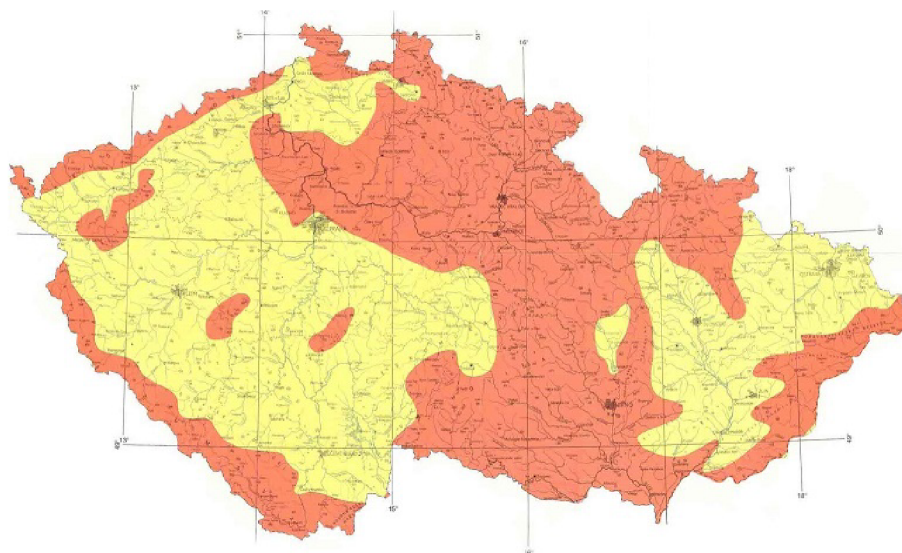
Obr. 5.4: Spektrum výbojky SON-T PIA Plus, podľa [31]

### 5.3 Návrh stĺpov verejného osvetlenia

Pred výberom samotného stĺpu verejného osvetlenia si je potrebné určiť polohu obce v tzv. veternej oblasti. Veterne mapy umožňujú rýchlo zistiť rýchlosť vetra jednoduchým nahliadnutím do mapy. Norma stanovuje charakteristické hodnoty zataženia vetrom pre rôzne konštrukcie, budovy alebo stĺpy verejného osvetlenia. V súčasnosti je možné stretnúť sa s dvoma verziami veternej mapy.

Prvá vznikla v roku 2000 a rozdeľuje republiku do dvoch majoritných oblastí, pričom sú brané ešte dve triedy akoby extra, ktoré pojednávajú o rýchlosti vetra v horských oblastiach. V dnešnej dobe už existuje aj nová mapa, ktorá je presnejšia a rozdeľuje územie republiky presnejšie na päť tried, každá so svojou rýchlosťou vetra. Tieto rýchlosti začínajú na 22,5 m/s a končia 36 m/s [33].

Pri výbere stĺpa je však potrebné počítať s oboma mapami a to z toho dôvodu, že niektorí výrobcovia sa stále držia starej mapy a rozdeľujú ich produkty práve podľa týchto starých tried. Na obrázku nižšie je možné vidieť starú triedu, resp. prvú, ktorá bola používaná. Červenou farbou je zobrazená oblasť I a žltou oblasť II.



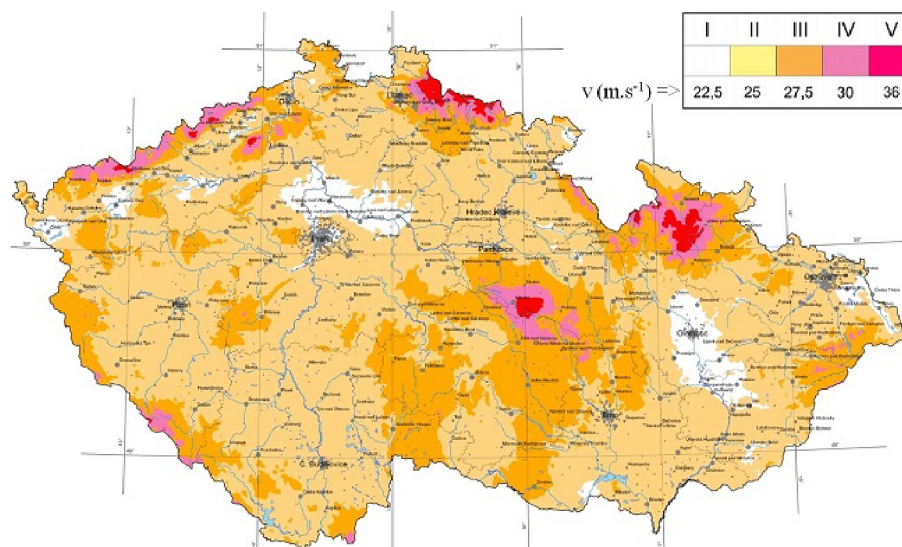
Obr. 5.5: Prvá mapa veterných oblastí pre českú Republiku, podľa [34]

Oblasť		Rýchlosť vetra
I	Podľa obrázku	24 m · s <sup>-1</sup>
II		26 m · s <sup>-1</sup>
III	Pre 700 až 1 300 m n.m.	30 m · s <sup>-1</sup>
IV	Pre horské oblasti nad 1300 m n.m.	33 m · s <sup>-1</sup>

Tab. 5.9: Hodnoty základnej rýchlosti vetra podľa oblasti, podľa [32]

Podľa mapy na obrázku 5.5 obec Bezděkov zapadá do oblasti II.

Ako bolo už spomínané, pre úplnosť si treba uviesť aj novú mapu rozdelenia republiky. Túto je možné vidieť na nižšie uvedenom obrázku.



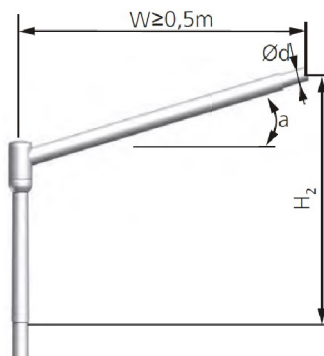
Obr. 5.6: Nová mapa veterných oblastí pre Českú republiku, podľa [35]

Podľa tejto mapy na obrázku 5.6 obec Bezděkov zapadá do oblasti III. Rýchlosti týchto dvoch tried sú odlišné iba nepatrne, takže je možné skonštatovať, že východisková základná rýchlosť vetru v obci Bezděkov je  $27,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Teraz, keď je už trieda obce známa, a takisto z návrhu sú jasné potrebné výšky stĺpov, je prejdené k samotnému výberu stĺpov pre verejné osvetlenie v obci. Podľa návrhu je potrebné na hlavnej ulici použiť stĺp veľkosti 7 metrov. Dĺžka výložníka nie je rovnaká pri celej ceste a pohybuje sa od 0,5 metra až do 2 metrov.


Návrh bol robený pre stĺpy od firmy Strader, avšak v prípade, že sa obec rozhodne použiť stĺpy od inej firmy, tak v tom nebude žiadny problém. Stačí dodržať výšku a sklon natočenia svietidla.

Pre obec bude použitý uličný osvetľovací stĺp kužeľový výložníkový s prírubou - výložník „St“. Daný typ výložníka si je možné prezrieť na fotografii 5.7.



Obr. 5.7: Fotografia výložníka typu "WSt", podľa [32]

Tento výložník je vyrábaný v rozličných vyhotoveniach, ako je uvedené na nasledujúcom obrázku 5.8.

Typ stĺpa	Typ výložníka	a	H <sub>2</sub>	Ød	W	R	„i,“ (počet ramien)	Typ stĺpa (použitie)
		deg	m	mm	m	m		
Kuželový 	WSt	5°;10°;15°	0,75	48; 60	0,5	-	1r; 2r; 3r; 4r	S-60C; S-70C; S-80C; S-90C S-100C; S-100C-PS
					1,0			
					1,5			
					2,0			
			1,75		0,5		1r; 2r; 3r; 4r	S-110C; S-110C-PS
			2,75		1,0			
					1,5			
					2,0			S-120C; S-120C-PS

Obr. 5.8: Vyhotovenia výložníka WSt, podľa [32]

Ako je možné vidieť, tak výložník je vyrábaný v každom prevedení, aké bude v obci použité, čím bude zabezpečená jednotvárnosť stĺpov v obci, čo bude estetickéjšie, ako keby boli v polovici dediny použité iné výložníky. Pre hlavnú cestu je teda použitý stĺp s výškou 7 metrov a pre ostatné komunikácie je použitý stĺp o výške 6 metrov. V rámci hlavnej cesty je ešte na dvoch miestach potrebné použiť stĺp o výške 8 metrov. Toto je spôsobené tým, že kvôli menšiemu svahu je nutné predĺžiť stĺp o jeden meter, aby bola výška svietidla dodržaná, čiže 7 metrov nad komunikáciou. V tabuľke 5.10 sú informačne uvedené všetky potrebné informácie ohľadom niektorých použitých stĺpov.

Technické parametre použitých stĺpov							
Typ	H	H <sub>2</sub> /L*	φ <sub>d</sub> /D <sub>e</sub>	Z	m	S	axax h
	(m)	(m/mm*)	(mm)	(mm/m)	(kg)	(m <sup>2</sup> )	(m)
S-40C	4	100*	48; 60/145	22,5	28	1,1	0,3 x 0,3x 1,0
S-60C	6	0,75	48; 60/144	12	56-59	2,6-2,8	
S-70C	7		48; 60/160		58-62	2,7-2,9	
S-80C	8		48; 60/172		65 - 68	3,2 - 3,5	0,3 x 0,3x 1,5 F150/200
Pevnostné parametre							
Typ	W	Hmotnosť	Veterné oblasti podľa 5.5			M <sub>f</sub>	
		svietidiel	Prípustná plocha svietidiel (m <sup>2</sup> )				
	(m)	(kg)	I	II	III	(kNm)	
S-40C	-	50	1,1	0,67	0,52	4,3	
S-60C	1,5	15	0,61	0,41	0,28	6,5	
S-70C			0,58	0,39	0,25	7	
S-80C			1,33	0,59	0,39	10,1	

Tab. 5.10: Parametre použitých stĺpov, podľa [32]

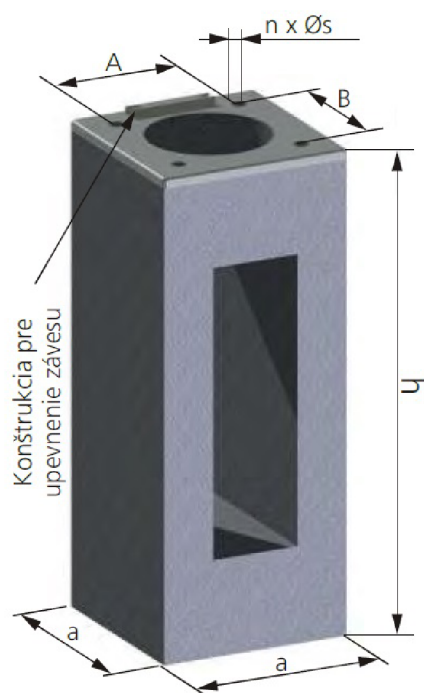
Svietidla Malaga SGS 102 majú maximálny aerodynamický odpor 0,15 m<sup>2</sup> a najviac

bočne namáhaný povrch  $0,06 \text{ m}^2$ . Čiže podľa tabuľky 5.10 tieto svietidlá vyhovujú v danej veternej triede, pre tento typ stĺpa a výložníka. Svietidlo SGS 101 je oproti SGS 102 menšie, čiže automaticky bude vyhovovať aj ono. Pre stĺpy je ešte potrebné vybrať požadovaný základ. Podľa tabuľky 5.10 vidíme, že pre stĺpy s výškou 6 a 7 metrov je nutné požiť základ s označením F100/200 a pre stĺp o výške 8 metrov základ s označením F150/200. Potrebné údaje sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Typ	$h$ (m)	$a$ (m)	$A \times B / \phi M$ (mm)	$L_1$ (mm)	$n \times \phi s$ (mm)	$m$ (kg)	$M_g$ (kNm)
F100/200	1	0,3	200 x 200	-	4xM20	117	9,3
F150/200	1,5					168	25

Tab. 5.11: Rozmery základu F100/200, podľa [32]

Podľa [32], sú tieto základy určené na osadzovanie stĺpov typu „S” a iných konštrukcií, ktorých moment  $M_f$  pri prírubе neprekročí hodnotu momentu  $M_g$  a pevnosť pôdy  $q = 0,2 \text{ MPa}$ . O základe série F/200 katalóg píše, že sa jedná o základ, kde betónový základ je celistvá armovaná konštrukcia, v ktorej sú osadené matice M20 pre upevnenie príruby stĺpa a tiež konštrukcie upevňujúcej záves. Vybraný základ je možné vidieť na fotografii nižšie.



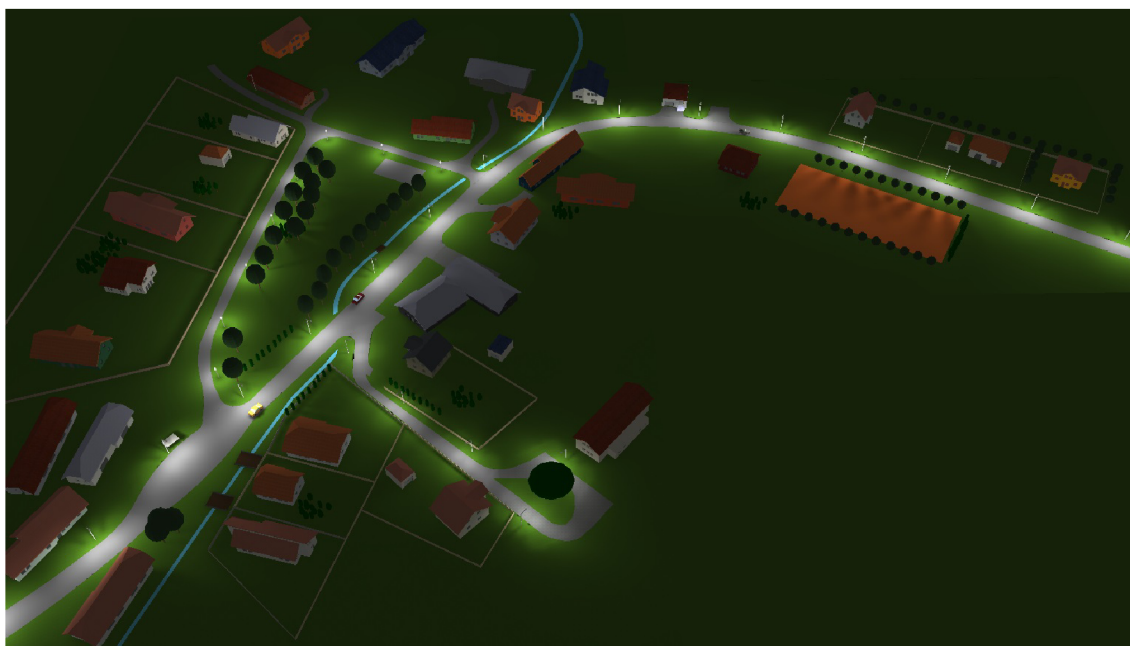
Obr. 5.9: Fotografia základu F200, podľa [32]

Nakoniec treba vybrať stĺp pre parkové svietidlo Hellux. Tu bol vybraný 4 metrový parkový stĺp kužeľový s prírubou. Jeho technické údaje sú uvedené v tabuľke 5.10. Nápo-

rová plocha vetra pri svetidle Hellux je približne  $0,14\text{m}^2$ , čiže aj toto vyhovie pevnostným podmienkam pre veternú oblasť II.

## 5.4 Model obce pre návrh osvetlenia vysokotlakovými sodíkovými výbojkami

Tak ako pri modelovaní súčasného stavu aj pri finálnom návrhu s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami bol použitý model vytvorený v programe DIALux. Pre náročnosť výpočtu bol model rozdelený na tri časti. Najskôr je zobrazená časť „A“ na obrázku 5.10.



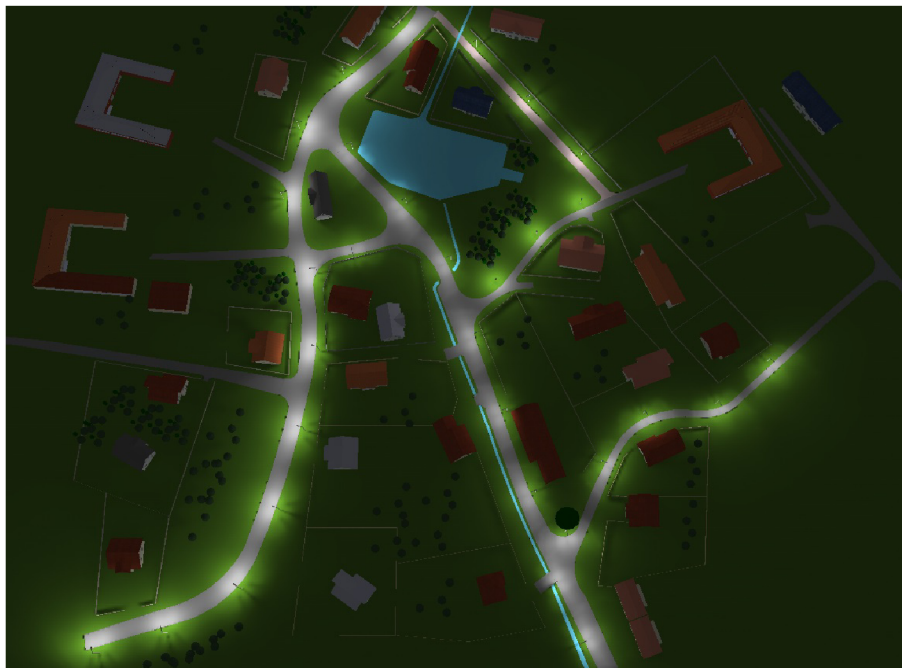
Obr. 5.10: Fotografia modelu obce pri návrhu s HPS. časť A

Na danom obrázku je možné vidieť, že v porovnaní so súčasným stavom, je hlavná ulica osvetlená rovnomerne s tým, že spĺňa normu pre triedu ME5. Vďaka parkovým svetidlám Hellux, ktoré sú umiestnené v parku, je osvetlená ako cesta v okolí parku, tak aj samotný park. Toto dodá obci atraktívny vzhľad a umožní zdržiavanie sa v parku aj v nočných hodinách. Stĺp umiestnený priamo na autobusovej zastávke zabezpečí dostatočne osvetlenú nástupnú časť.

V modeli časti „B“, ktorý je na obrázku 5.11, je možné opäť vidieť rovnomerné osvetlenie hlavnej ulice. Čo je v porovnaní so súčasným stavom nové, je osvetlenie okolo obecného jazera. Aj v tomto prípade boli použité parkové svetidlá, ktoré osvetlia ako prízjazdovú vozovku k chovu dobytka, tak aj trávnatú časť vedľa jazera. Nové osvetlenie pribudlo aj na prízjazdovej ceste západne od chovu dobytka. Táto cesta bude v budúcnosti vyasfaltovaná, a preto bola požiadavka aj na osvetlenie tejto cesty.

Ako posledná je uvedená fotografia modelu „C“. Časť vinohrady má verejné osvetlenie aj momentálne v najlepšom stave. Avšak ani to nevyhovovalo norme a ďalším problémom





Obr. 5.11: Fotografia modelu obce pri návrhu s HPS. časť B

bolo použitie rôznorodých svetelných zdrojov, čo pôsobilo maximálne neesteticky a rozličný svetelný zdroj, kde ani spektrum zdrojov nebolo rovnomeré, spôsobil určitý svetelný diskomfort. Teraz sú v tejto časti navrhnuté 50 wattové výbojky a vďaka rozostupu stĺpov, je táto časť obce osvetlená rovnomerne.



Obr. 5.12: Fotografia modelu obce pri návrhu s HPS. časť C

V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené všetky výsledné hodnoty návrhu v priamom porovnaní s hodnotami, ktoré sú určené normou.

Trieda S3, vozovka pri parku	$E_m$	$E_{min}$	$E_{min}$ (polovác.)
	(lx)	(lx)	(lx)
Skutočné hodnoty podľa výpočtu	8,49	2,36	1,57
Požadované hodnoty podľa triedy	$\geq 7,5$	$\geq 1,5$	$\geq 1,5$

Tab. 5.12: Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu S3 pri parku

Trieda ME5, hlavná cesta	$L_m$	$U_0$	$U_I$	$TI$	$SR$
	(cd/m <sup>2</sup> )	(-)	(-)	(%)	(-)
Skutočné hodnoty podľa výpočtu	0,64	0,38	0,4	11	0,56
Požadované hodnoty podľa triedy	$\geq 0,5$	$\geq 0,35$	$\geq 0,40$	$\leq 15$	$\geq 0,5$

Tab. 5.13: Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME5 - hlavná cesta

A ešte tabuľka pre zvyšné vedľajšie cesty. Tu sú všetky hodnoty rozdelené do 3 skupín, podľa ktorých bol robený návrh. Keďže sú v obci 2 rozličné šírky vedľajších komunikácií a 2 rozličné výšky stĺpov, tak je v tabuľke uvedená ako šírka komunikácie, tak aj výška stĺpu. Toto zabezpečí zrozumiteľné rozdelenie.

Trieda ME6, vedľajšie cesty	$L_m$	$U_0$	$U_I$	$TI$	$SR$
	(cd/m <sup>2</sup> )	(-)	(-)	(%)	(-)
Skut. hod. pre 4m cestu-6m stĺp	0,46	0,42	0,41	7	0,64
Skut. hod. pre 5m cestu-6m stĺp	0,44	0,41	0,41	7	0,54
Skut. hod. pre 4m cestu-7m stĺp	0,36	0,47	0,41	6	0,71
Požadované hodnoty podľa triedy	$\geq 0,3$	$\geq 0,35$	$\geq 0,40$	$\leq 15$	$\geq 0,5$

Tab. 5.14: Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME6 - vedľajšie cesty

## 5.5 Určenie hodnoty udržiavacieho činiteľa pre HPS

$$MF_{100W} = LLMF \cdot LSF \cdot LMF = 0,90 \cdot 0,96 \cdot 0,93 = 0,80 \quad (5.1)$$

$$MF_{50W} = LLMF \cdot LSF \cdot LMF = 0,86 \cdot 0,92 \cdot 0,93 = 0,73 \quad (5.2)$$

Hodnota LMF (činiteľ znečistenia svietidiel) je ovplyvnená krytím svietidla IP, intervalom čistenia svietidiel a znečistením okolitého prostredia. Keďže je znečistenie okolitého prostredia možné charakterizovať ako malé, interval čistenia je 4 roky a krytie svietidla IP65, je hodnota LMF rovná 0,93.

## 6 NÁVRH - LED

Ako už bolo spomínané v predchádzajúcej kapitole, dnešný trend spočíva v inštalovaní čisto LED svietidiel, pričom sodíkové výbojky sa snažia výrobcovia vytlačiť. Avšak ak sa už obec rozhodne pre výber LED svietidiel a upustí od vysokotlakovej sodíkovej výbojky, tak je dôležité vybrať správneho výrobcu a technológiu výroby. Pri LED svietidlách je veľký problém so samotnou výmenou svetelného zdroja v prípade poruchy (pri prevažnej väčšine je potrebné vymeniť celé svietidlo), ale vo väčšine prípadov je pre obce veľkou prekážkou nákupná cena. Tu nastáva problém v tom, či má obec finančné prostriedky na nákup LED svietidiel, ktoré sú podstatne drahšie ako svietidla s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou. Nedá sa poprieť, že použitím LED svetelných zdrojov sa zníži ročná spotreba obce, avšak investícia do technológie LED je značná a úspory sa vrátia až za určitý čas. V prospech LED technológie hovorí aj fakt, že ich je podstatne jednoduchšie stmievať a na rozdiel od sodíkových výbojok, je možné ísť s príkonom aj k hodnote 10% svetelného toku, čo opäť vytvorí nemalú úsporu.

Pri výbere svietidla typu LED je teda dôležité sledovať nasledovné:

- meno výrobcu, aby sa nestalo, že o pár rokov už nebude existovať,
- možnosť výmeny LED modulu bez nutnosti výmeny celého svietidla,
- výkon a tým aj svetelný tok.

### 6.1 Výber svietidla

Pri navrhovaní nového osvetlenia za pomoci technológie LED bolo postupované obdobným spôsobom ako v kapitole 5.1. Čo sa týka normovaného zatriedenia ciest a ostatných častí obce, platí to isté ako pri návrhu za pomoci vysokotlakovej sodíkovej výbojky. Samotný návrh spočíval opäť v použití programu DIALux. Pri výbere LED svietidla padol výber na firmu SITECO, ktorá momentálne patrí pod firmu OSRAM. Dôvod tohto výberu spočíval v tom, že pri týchto svietideliach je možná výmena svetelného zdroja bez nutnosti výmeny celého svietidla v prípade poruchy a takisto kvalita vyhotovenia je v porovnaní s konkurenciou značne lepšia.

Do programu DIALux bol stiahnutý elektronický katalóg firmy Siteco, z ktorého boli vybrané požadované svietidlá v závislosti na komunikácii. Výška stĺpov bola opäť zvolená 7 metrov, keďže, ako bolo už spomenuté, je to požiadavka obce. Napokon bola pomocou programu zistená požadovaná vzdialenosť stĺpov, uhol natočenia svietidla a presah nad hranicu vozovky. Získané hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke 6.1 Ako v prípade návrhu s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou, aj tu je pri autobusovej zastávke v obci z dôvodu rozšírenia vozovky použitý iný presah a iná vzdialenosť stĺpov. V tomto prípade je od posledného stĺpa zo severnej strany vzdialenosť 29 metrov a presah nad vozovku bude opäť 1,5 m. Všetky dĺžky a zvyšné požadované hodnoty budú viditeľné na 3D modeloch obce, ktoré sú uvedené na konci tejto pasáže.

Vzdialenosť stĺpov $h$ (m)	39	Presah $x$ (m)	0-2
Výška stĺpa $l$ (m)	7	Sklon výložníka alfa ( $^{\circ}$ )	5
Dĺžka ramena $y$ (m)	0,5-2	Umiestnenie	Jednostranne dole

Tab. 6.1: Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre hlavnú cestu

Pre hlavnú cestu, na obrázku B-3 v prílohách, vyznačenou čiernou farbou, bolo navrhnuté svietidlo SITECO 5XA5914E1A08P Streetlight 10 mini LED. Svietidlo SITECO Streetlight 10 mini je typ svietidla, ktorý môžeme považovať za ekologickejší a finančne menej náročný v priebehu rokov v porovnaní s inými LED svietidlami. Dôvod je jednoduchý. Spočíva v zachovaní samotného svietidla po desaťročia. Puzdro svietidla je vyrobené z vysoko kvalitného hliníka liateho pod tlakom. LED moduly nemusia byť nahradzované po dobu 100 000 hodín svietenia, v závislosti na prevádzkových podmienkach. Toto je rozhodujúca výhoda v porovnaní s inými výrobcami a bol to aj hlavný dôvod, prečo bolo v tomto projekte stiahnuté po tomto type. Tento konkrétny typ je vhodný pre triedu osvetlenia S2, S3, S4, S5, S6, ME4, ME5 a ME6. Druhom použitej optickej časti sa tieto svietidlá rozdeľujú na svietidla pre široké cesty, štandardné cesty a pre cesty, ktoré obsahujú chodníky alebo iný úzky pás napríklad cyklistický.



Obr. 6.1: Fotografia svietidla SITECO Streetlight 10mini a jeho modularity, podľa [42]

Vzhľadom k modulárnej konštrukcii, LED modul a riadiaca jednotka môžu byť nahradené nezávisle na sebe. To umožňuje v budúcnosti prechod na LED modul s vyšším výkonom pomerne jednoducho.

Medzi ďalšie výhody svietidla sa dá zaradiť možnosť regulácie uhlu natočenia bez nutnosti kúpy špeciálneho výložníka. Zmena uhlu je možná jednoduchým mechanickým nastavením svietidla. Na obrázku 6.2 si je možné pozrieť fotografiu svietidla.

V záujme dodržania použitia rovnakého typu svietidiel v celej obci bude pre vedľajšie cesty použité svietidlo SITECO 5XA5914E1A08 Streetlight 10 mini LED, respektíve SI-

Základné informácie			
Kontrola svetla	3 zón. fazetový reflektor	Certifikáty	CE, ENEC, VDE
Uhol vyžarovania	široká distribúcia	Vstupné napätie	220 - 240 V
Symetria	asymetrická distribúcia	Montáž	42/60 mm
Zdroj svetla	vysokoúčinné LED	Krytie IP	66
Predradník	ECG Basic	Servisný život	do 100 000 hodín
Ochrana proti prepätiu	6kV 1,2/ 50 $\mu$ s	Pracovná teplota	25°C až 50°C

Tab. 6.2: Základné informácie o svietidle SITECO Streetlight 10 mini, podľa [42]



Obr. 6.2: Fotografia svietidla SITECO Streetlight 10 mini, podľa [42]

TECO 5XA591411A08 Streetlight 10 mini LED. Typ svietidla závisí na šírke komunikácie a výške použitého stĺpa. Základné informácie o týchto svietidlách sú totožné so svietidlom spomenutým vyššie, ktoré je použité na hlavnej ulici. Odlišnosti sú iba v príkone a v druhu kriviek svietivosti.

Na obrázku B-3 v prílohách, je červenou znázornená vedľajšia cesta, na ktorej bude použité svietidlo SITECO 5XA5914E1A08 Streetlight 10 mini LED. V tabuľke 6.3 uvedenej nižšie sú uvedené potrebné údaje pre návrh.

Vzdialenosť stĺpov $h$ (m)	39	Presah $x$ (m)	0-2
Výška stĺpa $l$ (m)	7	Sklon výložníka alfa ( $^{\circ}$ )	0
Dĺžka ramena $y$ (m)	0,5 - 1,5	Umiestnenie	Jednostranne dole

Tab. 6.3: Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre vedľajšiu cestu

Na obrázku B-3 v prílohách, zelené cesty, sú takisto osvetlené svietidlom SITECO 5XA5914E1A08 Streetlight 10 mini LED. Pri týchto cestách je taktiež ako pri návrhu s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami zmena vo výške stĺpa na 6 metrov. Pre zvyšné vedľajšie cesty, ktoré sú na obrázku B-3 v prílohách, vyznačené fialovou farbou, je použité

svietidlo SITECO 5XA591411A08 Streetlight 10 mini LED. Táto cesta patrí do triedy ME6 ako predchádzajúca a opäť sú použité 6 metrové stĺpy verejného osvetlenia. Do tabuľky 6.4 boli zapísané všetky zistené hodnoty potrebné na návrh.

	Vedľajšia cesta 4 metrová	Vedľajšia cesta 5 metrová
Vzdialenosť stĺpov $h$ (m)	35	35
Výška stĺpa $l$ (m)	6	6
Dĺžka ramena $y$ (m)	0,5 - 1,5	0,5 - 1,5
Presah $x$ (m)	0	0
Sklon výložníka alfa ( $^{\circ}$ )	5	5
Umiestnenie	Časť jednostranne hore, časť jednostranne dole	

Tab. 6.4: Navrhnuté výšky, vzdialenosti a zvyšné potrebné údaje pre zvyšné vedľajšie cesty

Pre osvetlenie parku a prilahlých ciest (na obrázku B-3 v prílohách, oranžové cesty), bolo použité dizajnové svietidlo SITECO 5XA51282WA008 DL® 20 LED. Svietidlá sa používajú pre osvetlenie sídlisk, parkov a málo frekventovaných komunikácií. Svietidlo bude umiestnené na stĺp s výškou 5 metrov a priemerom 72 mm. Základné údaje o svietidle sú uvedené v tabuľke 6.5.



Obr. 6.3: Fotografia svietidla SITECO DL® 20 LED, podľa [41]

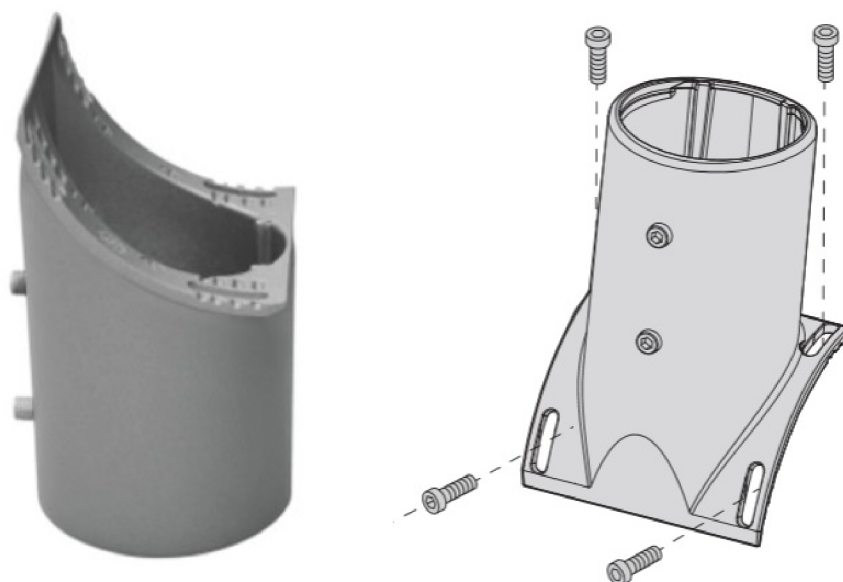
Základné informácie			
Kontrola svetla	vysoko zrkad. reflektor	Certifikáty	CE, ENEC, VDE
Uhol vyžarovania	široká distribúcia	Vstupné napätie	220 - 240 V
Symetria	asymetrická distribúcia	Montáž	76 mm
Zdroj svetla	vysokoúčinné LED	Krytie IP	66
Predradník	ECG Plus	Servisný život	do 100 000 hodín
Ochrana proti prepätiu	6kV 1,2/ 50 $\mu$ s	Pracovná teplota	25°C až 50°C

Tab. 6.5: Základné informácie o svietidle SITECO DL® 20 LED, podľa [41]

## 6.2 Návrh stĺpov verejného osvetlenia pre LED

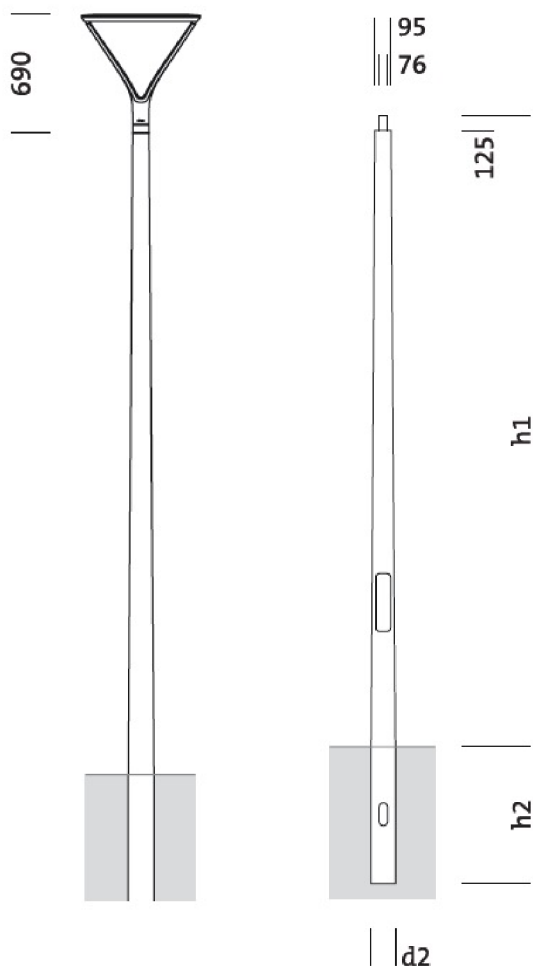
Pre hlavnú cestu budú použité rovnaké stĺpy ako pri návrhu pre s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou, uvedené v tabuľke 5.10. SITECO Streetlight 10 mini majú maximálny aerodynamický odpor 0,1 m<sup>2</sup>. Čiže podľa tabuľky 5.10 tieto svietidlá, vyhovujú v danej veternej triede, pre tento typ stĺpa a výložníka. Pre stĺpy je ešte potrebné vybrať požadovaný základ. Podľa tabuľky 5.10 je vidieť, že pre stĺpy s veľkosťou 6 a 7 metrov je nutné požiť základ s označením F100/200, ktorého údaje sú uvedené v tabuľke 5.11. Opäť sa jedná o rovnaký základ ako pri predchádzajúcom návrhu.

Pre svietidlá SITECO Streetlight 10 mini bude jediná zmena spočívať v použití špeciálnej príruby. Vďaka tomuto špeciálnemu nastavcu sa dá nastaviť uhol natočenia svietidla od -15 až po 15 °. Pre nastavce sa vyberie požadovaný priemer, čo je v našom prípade 60mm, pripevní sa na svietidlo a následne je ho možné pripevniť na samotný stĺp verejného osvetlenia. Danú prírubu je možné vidieť na obrázku 6.4.



Obr. 6.4: Fotografia a obrázok špeciálneho nastavca pre svietidlá Siteco, podľa [40]

Pri svietidle SITECO DL® 20 LED je problém s potrebným priemerom stĺpu. Treba použiť stĺp, ktorý má priemer 72mm. Navrhnutý bol stĺp priamo od firmy Siteco, navrhnutý pre tento typ svietidla. Výška stĺpu je 5 metrov a jedná sa o votknutý stĺp. Na nasledujúcej fotografii je možné vidieť daný stĺp.



Obr. 6.5: Náčrt stĺpa pre svietidlo SITECO DL® 20 LED, podľa [41]

V tabulke nižšie si je možné pozrieť kompletne rozmery stĺpa.

Stĺp	$h1$	$LPH$	$h2$	$d2$	hmotnosť
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg)
	5 000	5 650	800	165	56

Tab. 6.6: Parametre stĺpa pre svietidlo SITECO DL® 20 LED, podľa [41]



### 6.3 Model obce pre návrh s LED svietidlami

Tak ako pri modelovaní súčasného stavu, aj pri finálnom návrhu s LED svietidlami bude použitý model vytvorený v programe DIALux. Kvôli náročnosti výpočtu bol aj tento model rozdelený na časti. Ako prvú si je možné prezrieť časť „A“ na obrázku 6.6.



Obr. 6.6: Fotografia modelu obce pri návrhu LED, časť A

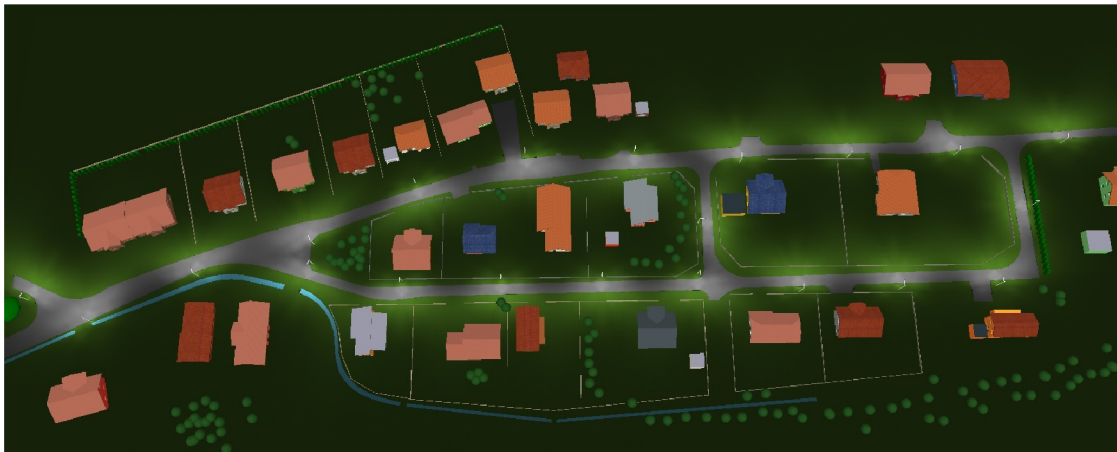
Na obrázku 6.6 je možné pozorovať, že rovnomernosť osvetlenia pri použití LED je v porovnaní so súčasným stavom, ktorý je nevyhovujúci, navrhnutá tak, aby spĺňala normu pre triedu ME5. Parkové svietidlá od firmy Siteco, budú pôsobiť elegantne a samotnému parku dodajú patričný moderný vzhľad. Aj pri tomto návrhu je navrhnutý stĺp umiestnený pri autobusovej zastávke, aby bola zabezpečená dostatočná osvetlenosť.

V modeli časti „B“, ktorý je na obrázku 6.7, je znázornený návrh zvyšku hlavnej ulice, osvetlenia obecného jazera a vedľajších ciest.



Obr. 6.7: Fotografia modelu obce pri návrhu LED, časť B

Ako posledná je uvedená fotografia modelu „C“. Tak ako pri návrhu s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami, aj pri použití LED je v tejto časti obce dodržaná trieda ME6, pričom je kvôli rozvodu plynu nutné časť verejného osvetlenia viesť po jednej strane vozovky a po pár metroch prejsť na stranu druhú.



Obr. 6.8: Fotografia modelu obce pri návrhu LED, časť B

V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené všetky výsledné hodnoty návrhu v porovnaní s hodnotami, ktoré sú určené normou. Ako prvá je uvedená tabuľka 6.7 pre park, čo je trieda S3.

Trieda S3, vozovka pri parku	$E_m$	$E_{min}$	$E_{min}$ (polovác.)
	(lx)	(lx)	(lx)
Skutočné hodnoty podľa výpočtu	7,99	4,99	1,58
Požadované hodnoty podľa triedy	$\geq 7,5$	$\geq 1,5$	$\geq 1,5$

Tab. 6.7: Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu S3 pri parku, pre LED návrh

Ako ďalšia je uvedená tabuľka 6.8, v ktorej sú uvedené všetky získané hodnoty pre hlavnú cestu.

Trieda ME5, hlavná cesta	$L_m$	$U_0$	$U_I$	$TI$	$SR$
	( $cd/m^2$ )	(-)	(-)	(%)	(-)
Skutočné hodnoty podľa výpočtu	0,53	0,46	0,41	12	0,53
Požadované hodnoty podľa triedy	$\geq 0,5$	$\geq 0,35$	$\geq 0,40$	$\leq 15$	$\geq 0,5$

Tab. 6.8: Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME5 - hlavná cesta, pre LED návrh

Nakoniec je ešte uvedená tabuľka pre zvyšné vedľajšie cesty. Tu sú hodnoty opäť rozdelené do 3 skupín ako pri návrhu s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami, podľa ktorých

bol robený návrh.

Trieda ME6, vedľajšie cesty	$L_m$	$U_0$	$U_I$	$TI$	$SR$
	(cd/m <sup>2</sup> )	(-)	(-)	(%)	(-)
Skut. hod. pre 4m cestu-6m stĺp	0,36	0,50	0,42	12	0,75
Skut. hod. pre 5m cestu-6m stĺp	0,40	0,37	0,41	13	0,71
Skut. hod. pre 4m cestu-7m stĺp	0,31	0,53	0,40	9	0,85
Požadované hodnoty podľa triedy	≥0,3	≥0,35	≥0,40	≤15	≥0,5

Tab. 6.9: Porovnanie skutočných a požadovaných hodnôt pre triedu ME6 - vedľajšie cesty, pre LED návrh

## 6.4 Určenie hodnoty udržiavacieho činiteľa pre HPS

Udržovací činiteľ je u LED rovný súčinu poklesu svetelného toku zdrojov a činiteľom znečistenia svietidla.

$$MF_{LED} = LLMF \cdot LSF \cdot LMF = 0,90 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,83 \quad (6.1)$$

Hodnota LMF (činiteľ znečistenia svietidiel) je ovplyvnená krytím svietidla IP, intervalom čistenia svietidiel a znečistením okolitého prostredia. Keďže je znečistenie okolitého prostredia možné charakterizovať ako malé, interval čistenia je 4 roky a krytie svietidla IP66, je hodnota LMF rovná 0,93. U navrhovaných svietidiel Siteco sa za životnosť zdroja považuje hodnota L90/B10, ktorá vraví, že 10% LED svieti na 90 % svetelného toku. Z toho vyplýva, že činiteľ poklesu svetelného toku zdrojov u LED je 0,9 a funkčná spoľahlivosť svetelných zdrojov 1.

## 7 VÝPOČET A NÁVRH KABELÁŽE

Po tom, ako bol zistený presný počet svietidiel pri návrhu či už s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami alebo technológiou LED, bolo možné určiť celkový príkon sústavy a následne podľa tejto hodnoty nedimenzovať v obci kabeláž. Kompletný zoznam svietidiel aj s príkonmi je uvedený pre jednotlivé návrhy v nasledujúcich tabuľkách. Pre prvý návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami sú príkony uvedené v tabuľke 7.1.

Typ svietidla	Príkon svet. zdroja	Príkon predradníka	Počet	Celkový príkon
	(W)	(W)	kus	(W)
SGS102 SON-TPP100W	100	14	25	2 850
SGS101 SON-TPP50W	50	11	45	2 745
Hellux TYP 401	100	15	11	1 265

Tab. 7.1: Celkový inštalovaný príkon pri návrhu s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami

Z tabuľky 7.1 môžeme vidieť, že celkový inštalovaný príkon celej sústavy je:

$$P_{celk} = 2\,850 + 2\,745 + 1\,265 = 6\,860\text{ W} \quad (7.1)$$

Následne si ešte uvedieme tabuľku príkonov pre LED návrh.

Typ svietidla	Príkon svetelného zdroja	Počet	Celkový príkon
	(W)	kus	(W)
SITECO 5XA5914E1A08P	70	20	1 400
SITECO 5XA5914E1A08	28	27	756
SITECO 5XA591411A08	28	9	252
SITECO 5XA51282WA008	38	11	418

Tab. 7.2: Celkový inštalovaný príkon pri návrhu LED

V tabuľke 7.2 je možné vidieť, že celkový inštalovaný príkon celej sústavy je:

$$P_{celk} = 1\,400 + 756 + 252 + 418 = 2\,826\text{ W} \quad (7.2)$$

Po sčítaní celkového príkonu bolo možné prejsť už k samotnému návrhu kabeláže. Pre napájanie verejného osvetlenia bude použitý päťžilový kábel. Ak si označíme fázy ako „a“, „b“ a „c“, tak fáza „a“ bude použitá pre napájanie hlavnej cesty a čisto iba tohoto úseku. Toto rozhodnutie bolo vykonané na základe použitého stmievača (viac v nasledujúcej kapitole). Hlavná cesta bude stmievaná odlišne v porovnaní s vedľajšími, takže preto musela byť aj zvlášť na fáze. Zvyšné svietidlá budú napájané z fáz „b“ a „c“, pričom jednotlivé svietidlá budú na jednotlivé fázy pripájané obkročmo a to už opäť z dôvodu stmievania, kde by určitá fáza mohla byť stlmená viac ako iná a pod.

Následne bolo potrebné zistiť, aký priemer na kabeláži je nutné použiť. Toto sa určilo pomocou výpočtu úbytku napätia. V nasledujúcich riadkoch bude podrobne uvedený výpočet úbytkov napätia v jednotlivých častiach obce pre určenie požadovaného prierezu. Pre LED je výpočet rovnaký, a preto bude uvedený iba finálny výsledok.

Na obrázku B-4 v prílohách sú farebne vyznačené jednotlivé fázy a taktiež pre lepšiu orientáciu boli jednotlivým miestam na mape pridelené body označené „0“ až „J“, pričom bod nula značí rozvádzač, ktorý bude umiestnený na obecnom úrade, poprípade v budove zastávky. Na danej mape je fáza „a“ zaznačená zelenou farbou a krúžkom, fáza „b“ čiernou farbou a krúžkom a fáza „c“ červenou farbou a krúžkom. Fialovou čiarou je vyznačená trasa, kadiaľ kabeláž povedie.

Keďže by jedným výpočtom, kde by sme predpokladali dĺžku kábla a celkový príkon všetkých svietidiel na konci tohto kábla, vzniklo značné predimenzovanie, tak samotný úbytok bol počítaný po častiach, pričom na záver boli spočítané jednotlivé úbytky na týchto častiach, čo viedlo k finálnej hodnote úbytku napätia na konci kabeláže.

Najprv bol určený potrebný priemer kábla pre hlavnú cestu, teda riešime fázu „a“. Z bodu 0 ide kábel v zemi 40 metrov do menšej rozvodnice, kde sa potom kábel rozbočí na časť, ktorá bude napájať severnú časť dediny a na časť, ktorá bude napájať zvyšok. Pre fázu „a“, teda hlavnú cestu, sme tento úsek počítali ako súčet úbytkov medzi jednotlivými stĺpmi osvetlenia nasledovným postupom:

- Prúd tečúci touto časťou vodiča získame nasledovne:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{1\,596}{230 \cdot 0,95} = 7,3 \text{ A} \quad (7.3)$$

$$I_c = I \cdot \cos\varphi = 7,3 \cdot 0,95 = 6,94 \text{ A} \quad (7.4)$$

$$I_j = I \cdot \sin\varphi = 7,3 \cdot \sqrt{1^2 - 0,95^2} = 2,28 \text{ A} \quad (7.5)$$

- Kontrola úbytku napätia:

Hodnota odporu fázy bola získaná z katalógu káblov [36] a jeho hodnota pre CYKY 5x6 mm<sup>2</sup> je 3,13 Ω/km a hodnota indukčnosti bola v rozličných katalógoch okolo hodnoty 0,36 mH/km. Keďže sa jedná o zaťaženie iba jednej fázy, tak samotný úbytok treba ponásobiť dvomi.

$$\Delta U = 2 \cdot (R_{km} \cdot l \cdot I_c + \omega \cdot L_{km} \cdot l \cdot I_j) = 2 \cdot (3,13 \cdot 0,01 \cdot 6,94 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \cdot 2,28) = 0,44 \text{ V} \quad (7.6)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} = \frac{0,44 \cdot 100}{230} = 0,19 \text{ \%} \quad (7.7)$$

Celkový úbytok napätia získame ako súčet jednotlivých úbytkov medzi jednotlivými

stĺpmi.

$$\Delta U = \sum \Delta U_i = 0,44 + 1,43 + \dots + 0,13 = 10,45 \text{ V} \quad (7.8)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} = \frac{10,45 \cdot 100}{230} = 4,55 \% \quad (7.9)$$

Ako môžeme vidieť zo vzorca 7.9, vodič CYKY 5x6 mm<sup>2</sup> nám vyhovuje, pretože úbytok napätia na ňom bude pod 5 %.

Takýmto postupom boli počítané aj ostatné časti, pretože postup výpočtu je analogický k vyššie uvedenému, tak je v prílohe priložená iba prehľadná tabuľka s výsledkami. Všetky výpočty sú počítané s káblami CYKY 5x6 mm<sup>2</sup>, CYKY 5x10 mm<sup>2</sup> a CYKY 5x16 mm<sup>2</sup>.

V nižšie uvedenej tabuľke sa nachádzajú celkové úbytky po spočítaní všetkých potrebných dielčích úbytkov.

Celkové úbytky napätia			
Oblasť	Fáza	$\Delta U$ (V)	$\Delta U_{\%}$ (%)
0-I	a	10,45	4,55
0-J	a	9,95	4,32
0-H	b	6,03	2,62
0-H	c	5,73	2,49
0-K	b	2,28	0,99
0-K	c	1,52	0,66
0-G	b	10,79	4,69
0-G	c	10,93	4,75

Tab. 7.3: Celkový úbytok napätia na jednotlivých častiach

Ako je patrné, hodnota úbytku napätia pre kábele CYKY 16 mm<sup>2</sup> a CYKY 5x6 mm<sup>2</sup> je maximálne 4,75 %, čo norme vyhovuje. Navrhnuté teda je pre najvyťaženejšiu časť, čo je časť 0-G, použiť kábel s priemerom 16 mm<sup>2</sup> po stĺp označený „Stĺp\_c\_17“ od tohoto stĺpa ďalej je vhodné použiť kábel s priemerom 6 mm<sup>2</sup>. Pre hlavnú cestu je navrhnuté použiť kábel CYKY 5x6 mm<sup>2</sup> a pre časti „0 - H“, „0 - K“, „A - B“, „C - D“ a „E - F“ je výhodné použiť CYKY 5x2,5 mm<sup>2</sup>, pretože úbytok napätia na týchto častiach je minimálny.

Pre LED bol návrh totožný. Bol počítaný pre káble CYKY 7x2,5 mm<sup>2</sup>, CYKY 7x4 mm<sup>2</sup> a CYKY 7x6 mm<sup>2</sup>. Pretože sa jedná o úplne identický postup, je uvedená iba výsledná tabuľka úbytkov pre jednotlivé časti:

Celkové úbytky napätia			
Oblasť	Fáza	$\Delta U$ (V)	$\Delta U_{\%}$ (%)
0-I	a	9,14	3,97
0-J	a	6,48	2,97
0-H	b	1,89	0,82
0-H	c	1,89	0,82
0-K	b	0,66	0,29
0-K	c	0,33	0,14
0-G	b	11,13	4,84
0-G	c	10,11	4,40

Tab. 7.4: Celkový úbytok napätia na jednotlivých častiach pre LED návrh

Pre návrh s LED svietidlami sú teda použité káble CYKY 7x4 mm<sup>2</sup> na hlavnej ulici, CYKY 7x4 mm<sup>2</sup> pre časť „0-G“ a na zostávajúcich častiach je použitý kábel CYKY 7x2,5 mm<sup>2</sup>. Ako je vidieť z tabuľky 7.4 maximálna hodnota úbytku je 4,84%, čo je v súlade s normou.

### 7.0.1 Rozvody káblov

Rozvod kabeláže bude vedený káblom CYKY v ochrannej chráničke dvojplášťovej 450N/20cm, kde 10 cm pod samotným káblom bude ťahaný uzemňovací pásik FeZn 30/4. Jednotlivé káble musia byť podľa normy vzdialené vodorovne 0,4 m od plynového potrubia, do tlaku 0,005 MPa. V prípade kríženia káblov verejného osvetlenia s plynovodom je požadovaná vzdialenosť 0,1 m, pričom kábel musí byť umiestnený v chráničke na každú stranu od plynovodu 1 m. V prípade súbehu s vodovodným potrubím, je požadovaná vodorovná vzdialenosť taktiež 0,4 m, pričom aj pri krížení je požadovaná vzdialenosť 0,4 m bez nutnosti použitia chráničky. Samotný prekop pod cestou musí byť vykonaný v hĺbke 1 m a kábel musí byť opäť umiestnený v chráničke. V prípade natiahnutia káblu popod most, musí byť kábel umiestnený v nerezovej rúrke, aby sa zabránilo vstupu vody.

## 8 VÝPOČET ROČNEJ SPOTREBY A VÝBER REGULÁCIE VEREJNÉHO OSVETLENIA

Na začiatok výpočtu je potrebné určiť dobu svietenia svietidiel, čiže je potrebné si zistiť hodnotu východu a západu slnka pre našu lokalitu. Pre toto bol použitý astronomický kalendár, ktorý sa vygeneroval z programu OBELISK TOP2, ktorý sa nachádza na webových stránkach firmy THEBEN [37]. Astronomický kalendár bol vygenerovaný po zadaní súradníc obce Bezděkov. Ukážku hodnôt z astronomického kalendára je možné vidieť na nasledujúcom obrázku:

Mesiac	Január		Február	
Deň	Východ	Západ	Východ	Západ
1	7:54	16:13	7:31	16:56
2	7:53	16:14	7:30	16:58
3	7:53	16:15	7:28	16:59
4	7:52	16:16	7:26	17:01

Obr. 8.1: Ukážka astronomického kalendára

Ako bolo spomenuté v časti 3.4 počas obdobia od 23. septembra až do 20. marca sa svetelná sústava má zapnúť pol hodiny po západe slnka a vypnúť pol hodiny pred východom slnka. V období od 21. marca do 22. septembra sa sústava zapína 3/4 hodiny po západe slnka a 3/4 hodiny po východe slnka je sústava vypnutá. Týmto získame novú tabuľku, ktorej časť vyzerá nasledovne:

Mesiac	Január			
Deň	Východ	Západ	Vyp	Zap
1	7:54	16:13	7:24	16:43
2	7:53	16:14	7:23	16:44
3	7:53	16:15	7:23	16:45
4	7:52	16:16	7:22	16:46

Obr. 8.2: Ukážka astronomického kalendára s pridaním časov vypnutia a zapnutia

### 8.1 Pre návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami

Ročná spotreba elektrickej energie je závislá od zapínania a vypínania verejného osvetlenia. Záleží na tom, či sú použité čisto astronomické hodiny, alebo je použitá aj regulácia osvetlenia. Jednotlivé rozdiely budú viditeľné v nasledujúcej podkapitole.



### 8.1.1 Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín, pre HPS

V tomto prípade uvažujeme, že verejné osvetlenie je zapnuté počas celej noci, bez akejkoľvek regulácie podľa tabuľky, ktorá je uvedená na obrázku 8.2. Pomocou tejto tabuľky získame počet minút v každom dni, počas ktorých bude verejné osvetlenie v prevádzke. Na základe tejto doby a príkonov svietidiel je možné spočítať ročnú spotrebu elektrickej energie nasledovne:

$$E_{celk} = P \cdot t_{cel} = 6\,860 \cdot 3\,844 = 26\,370 \text{ kWh}, \quad (8.1)$$

kde:

$E_{celk}$  - ročná spotreba elektrickej energie (kWh),  
 $P$  - inštalovaný príkon verejného osvetlenia pre sodíkové výbojky (W),  
 $t_{cel}$  - celkový čas svietenia verejného osvetlenia (hod).

Po získaní ročnej spotreby elektrickej energie je možné vypočítať aj cenu, ktorú bude musieť obec za prevádzku takejto sústavy zaplatiť:

$$S_{sodik} = E_{celk} \cdot c_e = 26\,370 \cdot 2,66 = 70\,144,2 \text{ Kč}, \quad (8.2)$$

kde:

$S_{sodik}$  - Ročná spotreba verejného osvetlenia pre HPS (Kč)  
 $c_e$  - Cena elektrickej energie (Kč/kWh)

### 8.1.2 Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín s pridaním regulácie, pre HPS

V tomto prípade už uvažujeme o zavedení regulácie a to takým spôsobom, že o 22:00 sa spustí regulácia a znížený svetelný tok, resp. príkon, bude až do času 4:00. Toto vytvorí úspory počas 6 hodín denne, čo je počas roka 2196 hodín. Čiže svetelná sústava bude svietiť na plný príkon počas 1648 hodín a zvyšných 2196 hodín bude zapojená regulácia osvetlenia, teda celkový príkon sústavy bude nižší. Na základe novej doby a príkonov svietidiel je možné spočítať ročnú spotrebu elektrickej energie s použitím regulácie nasledovne:

$$E_{celk} = P \cdot t_{nr} + t_{rr} \cdot (P_{100} \cdot n_{100} + P_{50} \cdot n_{50}) = \\ 6\,860 \cdot 1\,648 + 2\,196 \cdot (75 \cdot 36 + 42 \cdot 45) = 21\,385 \text{ kWh}, \quad (8.3)$$

kde:

$P_{100}$  - príkon svietidla so 100 W vysokotlakovou sodíkovou výbojkou (W),  
 $P_{50}$  - príkon svietidla s 50 W vysokotlakovou sodíkovou výbojkou (W),  
 $t_{nr}$  - celkový čas svietenia verejného osvetlenia bez regulácie (hod),  
 $t_{rr}$  - celkový čas svietenia verejného osvetlenia s reguláciou (hod),  
 $n_{100}$  - počet svietidiel so 100 W vysokotlakovou sodíkovou výbojkou (ks),  
 $n_{50}$  - počet svietidiel s 50 W vysokotlakovou sodíkovou výbojkou (ks) .

Ročná úspora pri použití regulácie je 4 985 kWh. Celkový inštalovaný príkon sa pri použití regulácie zníži o 2 270 W.

Následne cena, ktorú bude musieť obec za prevádzku takejto sústavy s reguláciou zaplatiť je:

$$S_{sodik} = E_{celk} \cdot c_e = 21\,385 \cdot 2,66 = 56\,884,1 \text{ Kč} \quad (8.4)$$

## 8.2 Pre návrh s LED svietidlami

Takisto ako u návrhu s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou aj pri návrhu s LED svietidlami je ročná spotreba elektrickej energie závislá od zapínania a vypínania verejného osvetlenia. Jednotlivé rozdiely budú viditeľné v nasledujúcich podkapitolách.

### 8.2.1 Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín

Časy spínania sú totožné. Doba, po ktorú treba mať verejné osvetlenie v prevádzke, je taktiež rovnaká. Následne stačí iba vypočítať spotrebu elektrickej energie rovnako ako v predchádzajúcom prípade:

$$E_{celk} = P \cdot t_{cel} = 2\,826 \cdot 3\,844 = 10\,863 \text{ kWh} \quad (8.5)$$

Po získaní ročnej spotreby elektrickej energie je možné opäť vypočítať aj cenu, ktorú bude musieť obec za prevádzku LED sústavy zaplatiť:

$$S_{LED} = E_{celk} \cdot c_e = 10\,863 \cdot 2,66 = 28\,895,58 \text{ Kč} \quad (8.6)$$

### 8.2.2 Zapínanie a vypínanie verejného osvetlenia podľa astronomických hodín s pridaním regulácie, pre LED

Na rozdiel od vysokotlakových sodíkových výbojok je pri regulácii LED podstatne viac možností. LED je možné stlmiť na 10 % svetelného toku. Pri použití navrhovaných svietidiel je už v nich zabudovaný systém, ktorý vďaka pomocnej fáze vie regulovať príkon svietidla na 50% bez použitia špeciálneho stmievača, ktorý je potrebný u sodíkových výbojok. Doba plného príkonu a príkonu pri stmievaní je opäť rovnaká ako v predchádzajúcom návrhu. Svetelná sústava bude svietiť na 100% počas 1648 hodín a zvyšných 2196 hodín bude zapojená regulácia osvetlenia a celkový príkon sústavy bude nižší. Následne získame ročnú spotrebu elektrickej energie s použitím regulácie::

$$E_{celk} = P \cdot t_{nr} + t_{rr} \cdot (P_{70} \cdot n_{70} + P_{38} \cdot n_{38} + P_{28} \cdot n_{28}) = \\ 2\,826 \cdot 1\,648 + 2\,196 \cdot (30 \cdot 20 + 18 \cdot 11 + 14 \cdot 36) = 7\,516 \text{ kWh} \quad (8.7)$$

Ročná úspora pri použití regulácie je 3 347 kWh. Celkový inštalovaný príkon sa zníži pri použití regulácie o 1 524 wattov. Cena, za ktorú by bola táto sústava prevádzkovaná je:

$$S_{LED} = E_{celk} \cdot c_e = 7\,516 \cdot 2,66 = 19\,992,56 \text{ Kč} \quad (8.8)$$

### 8.3 Návrh regulácie verejného osvetlenia

Pri výbere regulácie je podstatným faktorom cena celého systému. Je potrebné zohľadniť všetky aspekty a požiadavky obce na samotné stmievanie. V kapitole 3 boli popísané základné typy novej regulácie, ktoré sa používajú vo verejnom osvetlení. Pri riadení DALI by bola nutná výmena predradníkov pri návrhu s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami (čo by bolo ekonomicky neefektívne) alebo použitím iného typu LED svietidla Siteco. Namiesto Basic by bolo potrebné použiť verziu Plus alebo Premium. Nakoľko verziu Plus a Premium sú podstatne drahšie a bolo by potrebné ešte dokúpenie Siteco® Service Box, v malej obci ako je Bezděkov je postačujúce základné centrálné riadenie z obecného úradu. Vďaka rozdeleniu celého osvetlenia na 3 fázy je zabezpečené, aby boli časti obce stmievané rozlične.

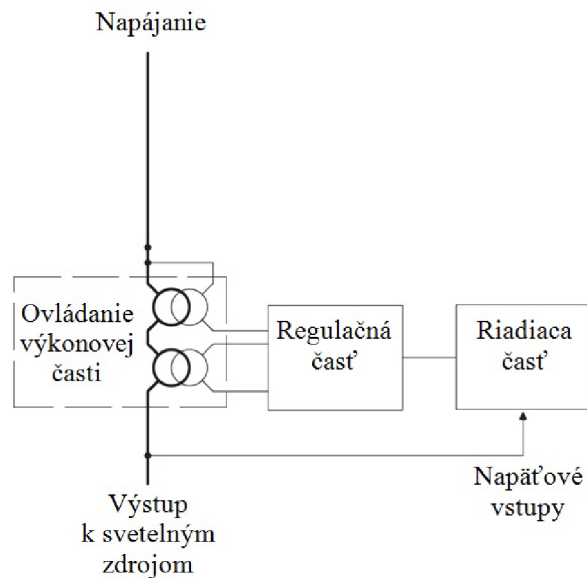
#### 8.3.1 Pre návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami

Pri sodíkových výbojkách je možnosť regulácie obmedzená a nie je možné ísť s príkonom až k 10% ako u LED. U sodíkových výbojok sa používa takzvaná centrálna regulácia, ktorá je najčastejšie vykonaná amplitúdovou alebo fázovou reguláciou napájacieho napätia. U svietidiel využívajúcich technológiu LED nie je tento spôsob možný a je potrebné použiť alternatívne metódy, ako je napríklad použitie špeciálnych predradníkov alebo spínanie riadiacou fázou [38].

Pre obec Bezděkov bol navrhnutý regulátor REVERBERI od firmy Merloni Progetti. Jedná sa o regulátor využívajúci amplitúdovú reguláciu napätia. Regulátory od tejto firmy sa vyrábajú v dvoch vyhotoveniach a to vo verzii Basic a vo verzii Plus. Verzia Plus je vhodná pre väčšie inštalácie. Verzia Basic je bez komunikácie, bez zberu a záznamu dát, bez možnosti diaľkovej správy a tiež bez merania. Tieto vymenované skutočnosti obsahuje iba verzia Plus.

Regulátor SEC STB stabilizuje prevádzkové napätie pomocou plne digitálneho systému bez pohyblivých častí, čo zaisťuje presnosť +/- 1% bez prítomnosti prepätia. Riadenie napätia sa dosahuje vstrekaním premenného napätia do záťaže, generovaného pomocným transformátorom. Tento systém je riadený výkonným mikroprocesorom (LIT - Lighting Intelligent Tutor) navrhnutým tak, aby dohliadal na všetky regulačné a komunikačné procesy inštalácie [39].

Riadiaca časť vyhodnocuje veľkosť napätia na napájacej strane a za pomoci regulačnej časti je toto napätie následne upravované na požadovanú hodnotu vo výkonovej časti.



Obr. 8.3: Regulátor REVERBERI a jeho vnútorné blokové usporiadanie, podľa [39]

Medzi hlavné prednosti REVERBERI patrí :

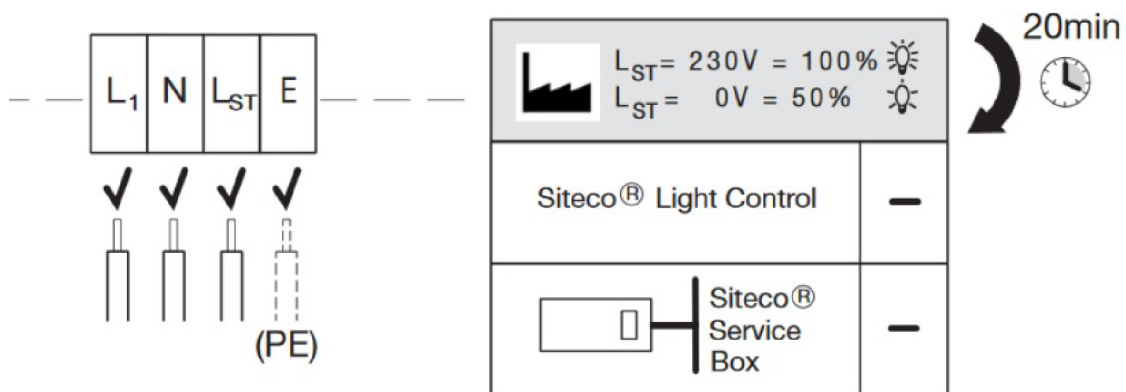
- stabilizácia výstupného napätia s  $\pm 1\%$  presnosťou - obmedzenie zvýšeného napätia zo siete má za následok zlepšenú životnosť svetelného zdroja,
- zníženie nákladov na údržbu - nie je nutná žiadna kalibrácia alebo údržba,
- znížená hmotnosť a rozmery - digitálna elektronika výrazne znižuje aj hmotnosť a veľkosť regulátora v porovnaní s analógovými verziami,
- veľmi rýchla stabilizácia mikrovýkyvov napätia - veľmi vysoká stabilita je zabezpečená elektronickými obvodmi,
- väčšia spoľahlivosť a flexibilita - regulátor môže byť inštalovaný v existujúcich systémoch bez nutnosti akýchkoľvek ďalších zmien.

S regulátorom budú z tej istej firmy použité aj astronomické hodiny, Astrosat - A. Systém umožňuje vypočítanie podľa zadaných parametrov, ako sú zemepisná šírka, dĺžka a miesto inštalácie, čas zapnutia a vypnutia verejného osvetlenia. Taktiež je možné úpravou časov spínania nastaviť iné časy.

### 8.3.2 Pre návrh LED

V prípade LED svietidiel je možností ako regulovať osvetlenie pomerne viac. V základe navrhnuté svietidlá Siteco podporujú reguláciu pomocou spínanej fázy. Týmto je zabezpečené zníženie svetelného toku na 50%. Na obrázku 8.4 môžeme vidieť zapojenie daného systému.

Ako môžeme vidieť na obrázku, v prípade že je na fázu  $L_{ST}$  privedené napätie 230 V, svietidlo má 100% svetelného toku. Pri vypnutí fázy, v priebehu 20 minút klesne svetelný tok na hodnotu 50%. Výhodou tohto systému je, že nie je potrebný žiadny prídavný



Obr. 8.4: Spôsob zapojenia spínanej fázy upri svetidlách Siteco, podľa [40]

system, stačí iba spínač, ktorý by bol pripojený na astronomické hodiny. Nevýhodou tohoto systému je nutnosť použitia viacerých káblov kvôli spínanej fáze. V našom prípade to znamená nutnosť použiť sedem žilový kábel v rámci celej obce.

## 9 EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

Tak ako u iných zariadení, aj náklady na verejné osvetlenie sa skladajú z investičných nákladov  $N_I$  a prevádzkových nákladov  $N_P$ . Investičné náklady môžeme charakterizovať ako náklady, ktoré zahrňujú cenu za vypracovanie projektu, za svietidlá a ich svetelné zdroje, stĺpy verejného osvetlenia, kabeláž, rozvodnice, ističe, ovládacie prvky, stmievač, rozvádzač a iné. Jedná sa teda o jednorazový náklad, medzi ktorý patrí aj samotná montáž a pripojenie.

Prevádzkové náklady sú prevažne náklady na elektrickú energiu a údržbu verejného osvetlenia. Medzi údržbu patrí čistenie svietidiel, výmena vyhorených svetelných zdrojov a prípadné opravy, ktoré vznikajú na svietidlách, resp. iných častiach verejného osvetlenia.

### 9.1 Investičné náklady

Investičné náklady sú dané cenou za svietidlo a svetelný zdroj, stĺpy verejného osvetlenia, montáž, kabeláž a iné.

$$N_I = N_{Isv} + N_{Istl} + N_{Imon} + N_{Ikb} + N_{Ist} + N_{Izvy} \quad (\text{Kč}), \quad (9.1)$$

kde:

$N_{Isv}$  - náklady na svietidlá a svetelné zdroje (Kč),

$N_{Istl}$  - náklady na stĺpy verejného osvetlenia (Kč),

$N_{Imon}$  - náklady na montáže (Kč),

$N_{Ikb}$  - náklady na kabeláž (Kč),

$N_{Ist}$  - náklady na stmievač (Kč),

$N_{Izvy}$  - zvyšné náklady (Kč).

### 9.2 Prevádzkové náklady

Prevádzkové náklady sú vzťahnuté na jeden rok prevádzky.

$$N_P = N_E + N_{Svz} + N_{Udr} \quad (\text{Kč/rok}), \quad (9.2)$$

kde:

$N_E$  - ročný poplatok za elektrickú energiu (Kč/rok),

$N_{Svz}$  - náklady na svetelné zdroje (Kč/rok),

$N_{Udr}$  - náklady na údržbu (Kč/rok).

#### 9.2.1 Náklady na svetelné zdroje

Náklady na nové svetelné zdroje sa vzťahujú na rok prevádzky, pričom sa vždy berie ohľad na ich životnosť. Pre zjednodušenie nebudeme pri výpočte nákladov na svetelné zdroje počítat so stmievaním, čím získame najvyššie možné náklady na svetelné zdroje. Stmievaním

je možné predĺžiť život svetelného zdroja o desiatky hodín predĺžiť. Hodnotu nákladov teda vyčíslime podľa vzorca 9.3, pričom hodnota  $t_{cel}$  predstavuje jeden rok svietenia verejného osvetlenia. Preto je možné mať výsledok vzťahnutý na roky.

$$N_{svz} = \frac{t_{cel}}{t_v} \cdot n \cdot N_{sz} \quad (\text{Kč/rok}), \quad (9.3)$$

kde:

$t_v$  - čas, za ktorý sa svetelné zdroje vymieňajú (hod),  
 $n$  - počet svetelných zdrojov daného príkonu (ks),  
 $N_{sz}$  - náklady na nové svetelné zdroje (Kč).

### 9.2.2 Náklady na údržbu

Do týchto nákladov sa zahrnie cena, ktorú je potrebné zaplatiť za pracovníka, ktorý svetelný zdroj vymení, prípadne vyčistí svetelný zdroj. Náklady sú vzťahnuté na rok a vypočítajú podľa 9.4. Hodnoty  $t_c$  a  $t_v$  sa v katalógu uvádzajú v hodinách. Pri použití zjednodušenia, že za jeden rok činnosti je považovaných 4 000 hodín, je možné hodnotu  $t_c$  a  $t_v$  jednoducho uviesť v rokoch. Týmto je získaná hodnota nákladov na údržbu v Kč/rok.

$$N_{Udr} = \left( \frac{N_{vyč}}{\frac{t_c}{4\,000}} + \frac{N_{vym}}{\frac{t_v}{4\,000}} \right) \cdot n \quad (\text{Kč/rok}), \quad (9.4)$$

kde:

$N_{vyč}$  - náklady za vyčistenie jedného svietidla (Kč),  
 $t_c$  - čas, za ktorý treba svietidlo vyčistiť (hod),  
 $N_{vym}$  - náklady na výmenu jedného svetelného zdroja (Kč).

## 9.3 Výpočet investičných nákladov

V nižšie zobrazenej tabuľke sú uvedené jednotlivé nákupné ceny.

	Jednotková cena	Počet kusov	Kompletná cena
	(Kč)	(kus)	(Kč)
SGS102 SON-TPP100W	3 632,2	25,00	90 805,2
SGS101 SON-TPP50W	2 821,44	44,00	124 143,36
Hellux 401 100W	5 028,00	11,00	55 308
		Spolu	270 256,56

Tab. 9.1: Tabuľka cien pre návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami

V nákladoch na svietidlá LED je zahrnutá aj špeciálna príruha 5XA58100XM2, ktorá je potrebná pre osadenie svietidla na stĺp verejného osvetlenia, nakoľko samotné svietidlo nemá konštrukciu pre upevnenie na stĺp o priemere 60 mm. Pre Streetlight 10 midi LED stojí výmena LED modulu 8 500 Kč.

	Jednotková cena	Počet kusov	Kompletná cena
	(Kč)	(kus)	(Kč)
5XA5914E1A08P	23 048,00	20,00	460 960,00
5XA5914E1A08	23 048,00	22,00	507 056,00
5XA591411A08	23 048,00	14,00	322 672,00
5XA51282WA008	45 934,70	11,00	505 281,70
5XA58100XM2	1 351,00	56,00	75 656,00
		Spolu	1 871 625,70

Tab. 9.2: Tabuľka cien pre návrh s LED

Typ práce	Cena (Kč)
Montážne práce	2 500
Výmena svetelných zdrojov	50
Vyčistenie svietidla	50

Tab. 9.3: Náklady na montážne práce, výmenu svetelných zdrojov a vyčistenie svietidla

Náklady na montážne práce a tiež aj údržbové, sú zhrnuté v tabuľke 9.3.

Následne je potrebné určiť cenu kabeláže pre obidva návrhy.

	Typ káblu	Cena za 1m (Kč)	Celková cena (Kč)
LED	CYKY 3x1.5 CYKY-J	9,18	3 956,58
	CYKY 7x2.5 CYKY-J	49,3	39 989
	CYKY 7x4 CYKY-J	116,19	250 854,21
	Spolu		294 799,79
HPS	CYKY 3x1.5 CYKY-J	9,18	5 508
	CYKY 5x2,5 CYKY-J	26,2	19 126
	CYKY 5x6 CYKY-J	61,85	98 960
	CYKY 5x16 CYKY-J	162,12	113 484
	Spolu		237 078

Tab. 9.4: Náklady na jednotlivé káble

Samotný stmievač REVERBERI v prevedení BASIC má cenu 92 400 Kč ide o model SEC SBP 08.

Ako posledné sú uvedené ceny stĺpov a zvyšného príslušenstva. V rámci návrhu stĺpov, sú v cenovej kalkulácii zahrnuté 2 typy stĺpov, z ktorých si následne bude môcť obec vybrať podľa vlastného uváženia. V tabuľke sú uvedené iba kompletne ceny za stĺpy, výložníky a základy.



	Stĺpy votknuté		Stĺpy s výklopnou prírubou	
	HPS	LED	HPS	LED
Typ	Celková cena (Kč)	Celková cena (Kč)	Celková cena (Kč)	Celková cena (Kč)
Stĺpy	420 670,53	550 338,40 *	501 331,34	621 518,00 *
Výložníky	70 794,90	54 144,94	93 916,78	71 758,19
Základy	131 275,90	121 573,00	121 362,38	114 173,00
Spolu	622 741,33	726 056,34	716 610,50	807 449,19

Tab. 9.5: Náklady na jednotlivé stĺpy a základy pre obidva návrhy

\* Použité špeciálne stĺpy priamo od firmy Siteco

V nasledujúcej tabuľke je uvedená položka „Montážne prvky pre základ“, ktorá platí iba v prípade použitia stĺpu s výklopnou prírubou.

	Cena 1ks/1m (Kč)	HPS	LED
		Cena celkom (Kč)	Cena celkom (Kč)
Chránička dvojplášť. 450N/20cm	16	45 000	43 000
Rozvodnica EKM-2050SK-2D1U	1 254	100 320	84 018
Montážne prvky pre základ	325	26 000	21 775
Uzemňovací pásik FeZn 30/4	34,6	86 500	86 500
Poistky gL 10A	20	1 600	1 340
	Spolu	259 420	236 633

Tab. 9.6: Náklady na jednotlivé zvyšné komponenty pre obidva návrhy

Jednotlivé investičné náklady teda sú:

Pre návrh s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou budú podľa vzorca 9.1 investičné náklady (s votknutým stĺpom) nasledovné:

$$N_{Ia} = 270\,256,56 + 622\,741,33 + 2\,500 \cdot 80 + 237\,078 + 92\,400 + 241\,850 = 1\,664\,325,89 \text{ Kč} \quad (9.5)$$

Pre návrh s LED budú investičné náklady (s votknutým stĺpom) po použití toho istého vzorca:

$$N_{Ia} = 1\,871\,625,70 + 726\,056,34 + 2\,500 \cdot 67 + 294\,799,79 + 214\,858 = 3\,274\,839,83 \text{ Kč} \quad (9.6)$$

Rozdiel investičných nákladov obidvoch návrhov činí 1 610 513,94 Kč.

Pre návrh s vysokotlakovou sodíkovou výbojkou budú podľa vzorca 9.1 investičné náklady (s výklopnou prírubou) nasledovné:

$$N_{Ib} = 270\,256,56 + 716\,610,50 + 2\,500 \cdot 80 + 237\,078 + 92\,400 + 259\,420 = 1\,775\,765,06 \text{ Kč} \quad (9.7)$$

Pre návrh s LED budú teda investičné náklady (s votknutým stĺpom) po použití toho istého vzorca:

$$N_{Ib} = 1\,871\,625,70 + 807\,449,19 + 2\,500 \cdot 67 + 294\,799,79 + 236\,633 = 3\,378\,007,68 \text{ Kč} \quad (9.8)$$

Rozdiel investičných nákladov oboch návrhov činí 1 602 242,62 Kč.

Následne budú určené prevádzkové náklady sústavy po dobu 20-tich rokov.

## 9.4 Výpočet prevádzkových nákladov

Pri výpočte prevádzkových nákladov budeme počítat zjednodušený prípad, pri ktorom neberieme do úvahy zvyšovanie cien materiálu a práce v priebehu rokov. Pri cenách elektrickej energie budeme predpokladať navyšovanie o 3% každý rok.

Náklady na svetelné zdroje pre návrh s HPS získame podľa vzorca 9.3 nasledovne :

$$N_{svz} = \frac{3\,844}{16\,000} \cdot 36 \cdot 289 + \frac{3\,844}{16\,000} \cdot 44 \cdot 149 = 4\,074,64 \text{ Kč/rok} \quad (9.9)$$

Náklady na svetelné zdroje pre návrh LED nie je potrebné brať do úvahy, pretože životnosť LED modulu je 100 000 hodín, čo pri svietení 3 844 hodín ročne vychádza na dobu 26 rokov. Keďže do návrhu nie sú počítané napríklad škody spôsobené vandalizmom, tak je možné skonštatovať, že počas dvadsiatich rokov výmena svetelného modulu u LED svetiel nebude potrebná. Za dobu 26 rokov by výmena modulu nebola výhodná, nakoľko technológia bude už na inej úrovni a v tej dobe budú na trhu oveľa kvalitnejšie LED svetidlá. Môžeme teda počítat, že  $N_{svz}$  pri LED bude 0 Kč/rok.

Náklady na údržbu pre návrh s HPS a s LED budú podľa vzorca 9.4 nasledovné:

Pre HPS

$$N_{Udr} = \left( \frac{50}{\frac{16\,000}{4\,000}} + \frac{50}{\frac{16\,000}{4\,000}} \right) \cdot 80 = 2\,000 \text{ Kč/rok} \quad (9.10)$$

Pre LED

$$N_{Udr} = \left( \frac{50}{\frac{16\,000}{4\,000}} + \frac{0}{\frac{16\,000}{4\,000}} \right) \cdot 67 = 837,5 \text{ Kč/rok} \quad (9.11)$$

Celkové náklady po dobu dvadsiatich rokov budú nasledovné:

- Náklady na elektrickú energiu pre HPS: 1 528 497,07 Kč
- Náklady na elektrickú energiu pre LED: 537 207,57 Kč

- Náklady na svetelné zdroje pre HPS: 81 492,8 Kč
- Náklady na svetelné zdroje pre LED: 0 Kč
- Náklady na údržbu pre HPS: 40 000 Kč
- Náklady na údržbu pre LED: 16 750 Kč

Celkové prevádzkové náklady pre HPS po dobu dvadsiatich rokov budú nasledovné:

$$N_P = 1\,528\,497,07 + 81\,492,8 + 40\,000 = 1\,649\,989,87 \text{ Kč} \quad (9.12)$$

a pre LED:

$$N_P = 537\,207,57 + 16\,750 = 553\,957,57 \text{ Kč} \quad (9.13)$$

## 9.5 Celkové náklady na nové verejné osvetlenie

Aby sme si mohli porovnať, ktorý návrh sa finančne viacej vyplatí, tak budú jednoducho spočítané investičné náklady jednotlivých návrhov spolu s prevádzkovými nákladmi za dobu 20 rokov.

- Celkové náklady na vybudovanie verejného osvetlenia a prevádzku po dobu 20 rokov pre HPS:

$$N_{votk} = 1\,664\,325,89 + 1\,649\,989,87 = 3\,314\,315,76 \text{ Kč} \quad (9.14)$$

$$N_{prir} = 1\,775\,765,06 + 1\,649\,989,87 = 3\,425\,754,93 \text{ Kč} \quad (9.15)$$

- Celkové náklady na vybudovanie verejného osvetlenia a prevádzku po dobu 20 rokov pre LED:

$$N_{votk} = 3\,274\,839,83 + 553\,957,57 = 3\,828\,797,40 \text{ Kč} \quad (9.16)$$

$$N_{prir} = 3\,378\,007,68 + 553\,957,57 = 3\,931\,965,25 \text{ Kč} \quad (9.17)$$

Ako môžeme vidieť z nasledujúcich čísiel, tak návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami v prípade použitia votknutých stĺpov, vyjde za dobu 20 rokov o 517 731,64 Kč menej. Ak by sa použili stĺpy s výklopnou prírubou rozdiel by bol 509 460,32 Kč.

Poznámka: V predchádzajúcich kapitolách boli všetky ceny, ak nebolo uvedené inak, počítané s DPH.

## 10 ZÁVER

V diplomovej práci je popísaná základná teória svetelnej techniky, ktorá je nevyhnutná pre správne pochopenie problematiky návrhu. V rámci teórie je popísaná pomerne podrobne aj problematika verejného osvetlenia. Dôraz je kladený na základné pojmy a časti verejného osvetlenia. Teória je zakončená svetelnými zdrojmi, ktoré sa vo verejnom osvetlení používajú najčastejšie a spôsobom regulácie osvetľovacích sústav.

Cieľom diplomovej práce bolo vyhodnotenie súčasného stavu obce Bezděkov a následné navrhnutie novej osvetľovacej sústavy. Z praktického merania v obci bolo zistené, že súčasný stav osvetlenia nie je vôbec vyhovujúci. Na vzorke hlavnej cesty bola odmeraná intenzita osvetlenia pričom rovnomernosť vyšla 0,0314, čo je hodnota veľmi vzdialená od normou požadovanej hodnoty. Spôsob prevádzky, kde je na hlavnej ceste v prevádzke väčšinou iba každé druhé svietidlo a fakt, že je sústava od 23:00 vypnutá kompletne, je z bezpečnostného hľadiska rizikový a náprava je nevyhnutná.

Samotný návrh novej osvetľovacej sústavy je zložený z dvoch častí. Prvá časť je s použitím vysokotlakových sodíkových výbojok. V tomto prípade padol výber na svietidlá od firmy Philips, konkrétne Philips Malaga. Tieto svietidlá boli vybrané z dôvodu dlhodoobej tradície a spoľahlivosti, či už od firmy Philips alebo výrobku Malaga. Pre hlavnú cestu sú použité svietidlá s HPS výbojkou s príkonom 100 W, pričom celé svietidlo aj s konvečným predradníkom má príkon 114 W. Pre zvyšné cesty je navrhnuté svietidlo s HPS výbojkou s príkonom 61 W aj s predradníkom. Nakoľko obecné parky nie sú vôbec osvetlené, tak sme pristúpili na výber svietidla typu „kužel“ od firmy Hellux Typ 401 100 W. Týmto svietidlom bude osvetlená vozovka, tak aj príľahlý park. Pre reguláciu osvetlenia pri návrhu s HPS je použitý trojfázový stmievač od firmy REVERBERI, ktorý využíva amplitúdovú reguláciu napätia.

Druhá časť je návrh s použitím LED technológie. V tomto prípade boli vybrané svietidlá od firmy Siteco kvôli kvalite a modularite ich svietidiel a tiež jednoduchosti regulácie. Pre hlavnú cestu a vedľajšie cesty sú navrhnuté svietidlá SITECO Streetlight 10mini a pre osvetlenie parku je navrhnuté dizajnové svietidlo SITECO DL® 20 LED. Príkon takejto sústavy je v porovnaní s HPS návrhom podstatne menší, avšak investičné náklady sú približne dvojnásobné. Obe sústavy majú navrhnutú údržbu každé 4 roky.

Stĺpy verejného osvetlenia sú navrhované od firmy Strader pre obe sústavy. Rozvod kabeláže bude vedený káblom CYKY v ochrannej chráničke, kde 10 cm pod samotným káblom bude ťahaný uzemňovací pásik FeZn 30/4. Každý stĺp bude mať svoju rozvodnicu, a bude chránený poistkami.

Z hľadiska financií sú celkové náklady vzťahnuté na dobu 20 rokov. Pre návrh s HPS je suma, ktorú by musela obec zaplatiť za dobu 20 rokov za túto sústavu 3 314 315,76 Kč. Pri návrhu s LED je táto suma o 517 731,64 Kč viacej. Vzhľadom k tomu, že investičné náklady návrhu za pomoci HPS výbojok sú menšie a aj celkové náklady za dobu 20 rokov vyjdú menej, tak je pre obec odporúčané použiť návrh s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami a technológiu LED riešiť až po skončení životnosti momentálne navrhutej sústavy.

## LITERATÚRA

- [1] [ED. BY] M. A. LAUGHTON .. Electrical engineer's reference book. 16th ed. Oxford [England]: Newnes, 2003. ISBN 9780750646376.
- [2] Na svetle záleží: Čo je Svetlo? [online]. 2015 [cit. 2015-10-10]. Dostupné z: <http://www.uspornaziarovka.sk/pages/%C4%8Co-je-Svetlo%3F.html>
- [3] HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013, 622 s. ISBN 9788086534213.
- [4] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 255 s. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [5] TESAŘ, Jiří a členové SRVO. Jak projektovat veřejné osvětlení. 1. Praha: Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení (SRVO), 2005.
- [6] PHILIPS: LED light quality [online]. [cit. 2015-10-20]. Dostupné z: <http://www.philips.co.uk/e/led-lighting/vivid-colors-led-lighting.html>
- [7] Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení: Termíny a definice [online]. 2009 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z: <http://www.srvo.cz/info-databaze/>
- [8] KOOPERATIVA, v.o.d.: Osvětlovací stožáry stupňovité patkové [online]. 2015 [cit. 2015-10-26]. Dostupné z: <http://www.kooperativa-vod.cz/ocelove-stozary/osvetlovaci-stozary-stupnovite-paticove/>
- [9] KOOPERATIVA, v.o.d.: Osvětlovací stožáry stupňovité bezpatkové [online]. 2015 [cit. 2015-10-26]. Dostupné z: <http://www.kooperativa-vod.cz/ocelove-stozary/osvetlovaci-stozary-stupnovite-paticove/>
- [10] KOOPERATIVA, v.o.d.: Doporučené charakteristiky betonových základů pro kotvení stožárů [online]. 2015 [cit. 2015-12-25]. Dostupné z: <http://www.kooperativa-vod.cz/static/soubory/kategorie-24/betonove-zaklady-637.pdf>
- [11] KOOPERATIVA, v.o.d.: Obecný popis stožáru [online]. 2015 [cit. 2015-12-25]. Dostupné z: <http://www.kooperativa-vod.cz/ocelove-stozary/obecny-popis-stozaru/>
- [12] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje: lineární zářivky [online]. Světlo [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37032.pdf>
- [13] KOLEKTÍV AUTOROV. The Electric Light: The Fluorescent Lamp [online]. Edison Tech Center [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.edisontechcenter.org/Fluorescent.html>
- [14] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 255 s. ISBN 978-80-01-04941-9.

- [15] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje: nízkotlaké sodíkové výbojky [online]. Světlo [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40237.pdf>
- [16] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje: vysokotlaké rtuťové výbojky, směšové výbojky [online]. Světlo [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/38296.pdf>
- [17] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje: vysokotlaké sodíkové výbojky [online]. Světlo [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39197.pdf>
- [18] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje: světelné diody [online]. Světlo [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39810.pdf>
- [19] LIGHTWELL: public lighting [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.lightwell.eu/en/public-lighting/>
- [20] EFEKTÍVNOSTĚ V ULICIACH 2013 [online]. OMS [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: [http://www.omslighting.com//data/files/PDF/BROCHURES/OMS\\_street\\_SK\\_2013\\_screen.pdf](http://www.omslighting.com//data/files/PDF/BROCHURES/OMS_street_SK_2013_screen.pdf)
- [21] Regulácia indukčných svietidiel s DALI. INLES [online]. 2015 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: <http://www.indukcnesvetla.sk/sk/regulacia-svietidiel-s-dali>
- [22] Power Line communication for street lighting. Smart Lighting Engineering [online]. 2014 [cit. 2015-12-01]. Dostupné z: <http://www.sleprojects.com/power-line-communication-for-street-lighting>
- [23] Spínače VO. ELTIS electronic: Vývoj, výroba a predaj elektronických zariadení [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z: <http://www.eltis.sk/us/spin1.htm>
- [24] Automatická regulace veřejného osvětlení. BUNIKO [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z: <http://www.buniko.cz/osvetleni.php>
- [25] ČSN 36 0400. Veřejné osvětlení. Praha: Český normalizační institut, 1984.
- [26] ČSN 13 201-1. Osvětlení pozemních komunikací: výběr tříd osvětlení. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [27] Google Maps: Bezděkov - Česká republika. Google [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <https://goo.gl/maps/vdFDQy5VF1U2>
- [28] Laboratorný návod predmetu Užití elektrické energie: *Měření osvětlení pracovní plochy* [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.ueen.feec.vutbr.cz/light-laboratory/?section=tasks>
- [29] Laboratorný návod predmetu Osvětlovací soustavy: *Křivky svítivosti svítidel a výpočet účinnosti* [online]. [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://www.ueen.feec.vutbr.cz/light-laboratory/?section=tasks>

- [30] Philips Lighting: MASTER SON-T PIA Plus [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/high-intensity-discharge-lamps/son-high-pressure-sodium/master-son-t-pia-plus>
- [31] Philips Lighting: MASTER SON-T PIA Plus 100W [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [http://www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/high-intensity-discharge-lamps/son-high-pressure-sodium/master-son-t-pia-plus/928151709230\\_EU/product](http://www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/high-intensity-discharge-lamps/son-high-pressure-sodium/master-son-t-pia-plus/928151709230_EU/product)
- [32] STRADER s.r.o.: Stĺpy a stožiare katalóg [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: [www.strader.sk/index.php/products/upevnovacie-systemy-a-tlmeniindex.php/fileinfo/download?id=30692](http://www.strader.sk/index.php/products/upevnovacie-systemy-a-tlmeniindex.php/fileinfo/download?id=30692)
- [33] Krytiny-Střechy: Mapa větrných oblastí [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: [http://www.krytiny-strechy.cz/technicke\\_info-k-navrhovani-strech/mapa-vetrnych-oblasti/](http://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/mapa-vetrnych-oblasti/)
- [34] DITOM Construction s.r.o: Mapa větrných oblastí [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: [http://www.ditom.cz/dokumenty/mapa\\_vitr.jpg](http://www.ditom.cz/dokumenty/mapa_vitr.jpg)
- [35] TZB-info: Mapa větrných oblastí [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0075/007505o1.gif>
- [36] E.M.A. - ELEKTROMATERIÁL spol. s r.o: Katalóg CYKY [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: [http://ema-elektro.sk/files/p\\_14010/Technicky\\_list\\_kable\\_CYKY.pdf](http://ema-elektro.sk/files/p_14010/Technicky_list_kable_CYKY.pdf)
- [37] Theben AG: PC set OBELISK top2 [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://www.theben.de/en/Products/Accessories/Software/PC-set-OBELISK-top2>
- [38] KOLEKTIV AUTORŮ. Kurz osvětlovací techniky XXVII [online]. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: [http://www.csorsostrava.cz/sborniky/Kurz\\_osvetlovaci\\_techiky\\_XXVII.pdf](http://www.csorsostrava.cz/sborniky/Kurz_osvetlovaci_techiky_XXVII.pdf)
- [39] Regulace veřejného osvětlení: REGULACE VO [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.regulace-vo.cz/regulace-vo/>
- [40] Siteco Beleuchtungstechnik GmbH: Streetlight 10 mini LED [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: [http://www.siteco.com/asset/uk\\_en/\\*/PDF/744709/244229\\_e.pdf](http://www.siteco.com/asset/uk_en/*/PDF/744709/244229_e.pdf)
- [41] Siteco Beleuchtungstechnik GmbH: DL® 20 LED [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: [http://www.siteco.com/fileadmin/downloads/product\\_brochures/outdoor/DL\\_20\\_en.pdf](http://www.siteco.com/fileadmin/downloads/product_brochures/outdoor/DL_20_en.pdf)
- [42] Siteco Beleuchtungstechnik GmbH: Streetlight 10 LED [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: [http://www.siteco.com/fileadmin/downloads/product\\_brochures/outdoor/Streetlight\\_10\\_en.pdf](http://www.siteco.com/fileadmin/downloads/product_brochures/outdoor/Streetlight_10_en.pdf)

- [43] HELLUX ELEKTRA s.r.o.: 401-5 [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.hellux.cz/katalog-produktu/10-401-5>
- [44] DŮM SVÍTIDEL: Sadové svítidlo NMF 401-5 [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.dum-svitidel.cz/verejne-osvetleni/sadove-a-parkove/nmf-401-5-70-50w-ral7045-hellux.htm>
- [45] Philips Lighting: Malaga SGS101 [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/malaga/malaga-sgs101>