

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní



Perspektivy využití inteligentního osvětlení v malých obcích

Diplomová práce

Bc. Zuzana Purkrábková

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích
Studijní obor: IS - Inteligentní dopravní systémy

Praha, Listopad 2018

Vedoucí práce:

Doc. Ing. Pavel Hruběš, Ph.D.

Ing. Libor Kousal, CSc.

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Ústav dopravní telematiky

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Zuzana Purkrábková

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – IS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Perspektivy využití inteligentního veřejného osvětlení v malých obcích**

Název tématu (anglicky): **Prospects for the Use of Intelligent Public Lighting in Small Municipalities**

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Proveďte rešerši o trendech a technologiích veřejného osvětlení, prostudujte legislativní požadavky
- Zhodnoťte potřeby malých obcí oproti současným technologickým možnostem
- Navrhněte pro malé obce modelové příklady a scénáře stávajícího osvětlení a s instalací inteligentního osvětlení
- Posuďte varianty návrhu, jejich smysluplnost, uživatelský a ekonomický přínos
- Zhodnoťte vhodné přístupy a technologie pro malé obce

Rozsah grafických prací: standardní

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.

HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.

ČSN EN 13201: Osvětlení pozemních komunikací.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.**
Ing. Libor Kousal, CSc.

Datum zadání diplomové práce: **29. června 2017**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2018**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Zuzana Purkrábková
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. května 2018

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 30. listopadu 2018

.....
Bc. Zuzana Purkrábková

Abstrakt

Tématem této diplomové práce je využití technologie inteligentního osvětlení v malých obcích. Nejprve pojednává obecně o historii světelných diod a legislativě veřejného osvětlení. Následuje popis možných doplňkových funkcí, které mohou být instalovány do inteligentního osvětlení. V další části je práce zaměřena na problematiku malých obcí, finanční a technickou náročnost projektu na realizované rekonstrukci v obci Ptice. V závěrečné části práce rozebírá možné situace, včetně návrhů na zlepšení veřejného osvětlení v malých obcích a konkrétně v obci Úhonic. Přínosem práce je hlubší pohled na inteligentní osvětlení v malých obcích.

Klíčová slova: Inteligentní osvětlení, generel veřejného osvětlení, vzdálená správa, rekonstrukce veřejného osvětlení, světelná dioda.

PURKRÁBKOVÁ, ZUZANA. *Perspektivy využití inteligentního osvětlení v malých obcích*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, 2018. Diplomová práce.

This thesis analyses the possibilities of using intelligent lighting technology in small municipalities. The text starts with the history of light diodes and the legislation related to public lighting. This part is followed by description of possible additional features that can be installed in intelligent lighting. In the second part, the thesis focuses on the problems of small municipalities, the financial and technical demands of the project on the reconstruction in Ptice. In the final part of the thesis we analyze possible situations, including suggestions for improvement of public lighting in small municipalities and specifically in the village of Úhonic. The major contribution of the text is a closer look of small municipalities for intelligent lighting.

Keywords: Intelligent lighting, passport, remote control, reconstruction of street light, light emitting diode.

PURKRÁBKOVÁ, ZUZANA. *Prospects for the use of intelligent public lighting in small municipalities*. Prague: Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation sciences, 2018. Master's thesis.

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala doc. Ing. Pavlu Hrubešovi a Ing. Liboru Kousalovi, CSc. za jejich pomoc při výběru tématu a odborné vedení této diplomové práce. Dále patří mé poděkování Ing. Mirzovi Hadžiosmanovičovi a společnosti Actispro Light s.r.o. za teoretický základ, vysvětlení problematiky v praxi a poskytnutí přístupu k softwaru pro tvorbu generelu obcí.

Také bych ráda poděkovala paní Anně Vondrové z obce Ptice za pomoc při dohledávání informací o rozpočtu obce. V neposlední řadě patří mé poděkování bratrovi za jazykovou korekturu a rodičům za morální a materiální podporu po celou dobu mého studia.

Obsah

Seznam tabulek	5
Seznam obrázků	6
Seznam zkratk	7
1 Úvod do problematiky veřejného osvětlení	8
2 Současná situace	10
2.1 Inteligentní osvětlení	10
2.2 Význam veřejného osvětlení	12
2.3 Aktuální trend inovací v technologii osvětlení	12
2.3.1 Historie LED	12
2.3.2 Porovnání s vysokotlakou sodíkovou výbojkou	14
3 Legislativa	15
3.1 ČSN EN 13 201	17
3.1.1 ČSN EN 13 201-1	18
3.1.2 ČSN EN 13 201-2	19
3.1.3 ČSN EN 13 201-3 a ČSN EN 13 201-4	20
3.2 Pasport veřejného osvětlení	20
4 Veřejné osvětlení v malých obcích	21
4.1 Možnosti osvětlení obce	21
4.2 Stmívání	22
4.3 Aktuální situace osvětlování obcí v ČR	23
5 Doplnkové funkce inteligentního osvětlení	24
5.1 Tlumení osvětlení	24
5.2 Měření dopravních parametrů	25
5.3 Parkování	26
5.4 Nabíjení elektromobilů a elektrokol	27
5.5 Měření kvality ovzduší	28
5.6 Možnost připojení	28
5.7 Komunikace v síti	29
5.8 Vzdálená správa	29
5.9 Správa údržby	30
5.10 Otevření rozvaděče	31

5.11	Další možnosti	31
5.12	Možné komplikace	32
6	Finanční stránka	34
6.1	Stav v České republice	35
6.2	Finanční podpora	35
6.3	Přenesená správa	37
6.4	Cena veřejného osvětlení v České republice	37
6.5	Modernizované soustavy veřejného osvětlení	38
6.6	Další možnosti úspor	39
7	Obnova veřejného osvětlení v malých obcích	40
7.1	Koncepční řešení	41
7.2	Řešení pro malé obce	42
7.2.1	Inteligentní vybavení soustavy	43
7.2.2	Zatřídění komunikace	44
7.2.3	Uživatelská aplikace	45
7.3	Obec Ptice	46
7.3.1	Zatřídění komunikací podle intenzit	47
7.3.2	Rekonstrukce veřejného osvětlení	47
7.3.3	Situace před rekonstrukcí	48
7.3.4	Situace po rekonstrukci	49
7.3.5	Spotřeba energie	52
7.3.6	Finanční kalkulace	53
7.3.7	Zhodnocení rekonstrukce	55
7.4	Příklady osvětlení v programu RELUX	57
7.5	Modelová obec Úhonice	61
7.5.1	Navrhovaná rekonstrukce	62
7.5.2	Zhodnocení rekonstrukce	73
7.6	Použitelná inteligence	74
8	Závěr	77
	Seznam příloh	79
	Bibliografie	83

Seznam tabulek

6.1	Porovnání finanční náročnosti světelných zdrojů	38
7.1	Tabulka intenzit silnice II/101 [47]	47
7.2	Zatřídění komunikace dle aktualizované normy	51
7.3	Stáří VO podle Inventárních karet	52
7.4	Celková spotřeba VO	53
7.5	Z faktur OÚ Ptice (fakturováno Centropol Energy a.s.)	54
7.6	Shrnutí finálních nákladů na veřejné osvětlení obce Ptice	56
7.7	Shrnutí finálních nákladů na veřejné osvětlení obce Úhonice	62
7.8	ČSN EN 13 201-2	66

Seznam obrázků

2.1	Graf vývoje inteligentního osvětlení a výše investic dle kontinentů [7]	11
5.1	Pokročilý parkovací systém (Siemens) [23]	27
7.1	Mapa veřejného osvětlení Svatý Kopeček od společnosti Phillips, vpravo detail jednoho světelného místa [44]	46
7.2	Historická mapa obce Ptice [46]	46
7.3	Geografická mapa obce Ptice, čerpáno z Mapového portálu obce [46]	48
7.4	Zatřídění komunikací v obci Ptice pomocí webové aplikace Actispro Light s.r.o.	49
7.5	Rozvaděč Siemens	52
7.6	Rozvaděč DCK Holoubkov	52
7.7	Fotobuňka rozvaděče DCK Holoubkov	52
7.8	Zpráva o otevření skříně rozvaděče	53
7.9	Aktuální napojení jednotlivých větví VO v obci Ptice, včetně rozvaděčů	55
7.10	Stav VO v obci Ptice - rozmístění zdroje LED	58
7.11	Svítilno MODUS - stav v obci Úhonice	58
7.12	Svítilno MODUS - vyhovující stav normě ČSN 13 201	59
7.13	Svítilno SAFÍR 1 - výpočty nevyhovující normě ČSN 13 201	59
7.14	Optimalizované svítilno s konvenčním zdrojem	60
7.15	Svítilno LED AMPERA	61
7.16	Stávající osvětlení v obci Úhonice.	63
7.17	Porovnání osvětlení komunikací v obci Ptice a obci Úhonice	64
7.18	Zatřídění pozemních komunikací v Úhonicích pomocí webové aplikace Actispro Light s.r.o.	65
7.19	Protokol o zatřídění komunikace Kladenská, Úhonice (z webové aplikace Actispro Light s.r.o.)	66
7.20	Modelové situace osvětlení komunikace Kladenská	69
7.21	Modelové situace osvětlení komunikace Na Návsi	70
7.22	Modelové situace osvětlení komunikace Nenačovská	71
7.23	Rozvaděč SkyLite od Twilight [49]	73

Seznam zkratek

- CIE** fr. *Commission Internationale de l'Eclairage*, Mezinárodní komise pro osvětlení
- EN** evropské technické normy
- EPC** angl. *energy performance contracting*, smlouva pro přenesenou správu osvětlení
- GSM** fr. *groupe spécial mobile*, standard pro mobilní síť
- IEEE** angl. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství
- IoT** angl. *Internet of things*, síť jednoduchých zařízení vybavených senzory
- IZS** integrovaný záchranný systém
- LED** angl. *light emitting diode*, světelná dioda
- MHD** městská hromadná doprava
- QR kód** angl. *quick response*, prostředek pro automatizovaný sběr dat
- SPZ** státní poznávací značka
- SSZ** světené signalizační zařízení
- TKP** technické kvalitativní podmínky
- VO** veřejné osvětlení
- WiFi** angl. *wireless fidelity*, bezdrátová komunikace v počítačových sítích

Kapitola 1

Úvod do problematiky veřejného osvětlení

Vzhledem k zaměření mé bakalářské práce na téma koncepce smart city jako takové jsem se dostala k tématu inteligentního osvětlení. Téma je více specifikované a zaměřené na jednu konkrétní oblast chytrého města. Již při zpracování mé bakalářské práce mne zaujala problematika inteligentního osvětlení, a proto jsem se rozhodla tomuto tématu věnovat ve své diplomové práci.

Většina výzkumů této oblasti směřuje své praktické rady a ukázky do velkoměst. V České republice máme velké množství malých obcí, které budou v dalších letech vystaveny problému rekonstrukce veřejného osvětlení. I proto jsem se ve své práci zaměřila právě na tyto obce.

Kvůli změně nařízení Evropské komise o zákazu použití světelných zdrojů s nízkou účinností se aktuálně velmi mluví o nahrazení těchto zdrojů svítidly LED. Pokud k této náhradě dochází, nabízí se otázka, zda se nedají využít i další možnosti, které tento zdroj poskytuje.

Síť veřejného osvětlení je téměř v každé obci. Mluvíme o stávající infrastruktuře, která má mnohdy nevyužitý potenciál. Pokud by při rekonstrukci veřejného osvětlení a instalaci nových inteligentních svítidel docházelo k vysoké finanční úspoře, rozšíření technologie LED by nebylo tak zdlouhavé, jako doposud. Snad každá obec vyhledává možnosti, jak ušetřit v ročním rozpočtu. Nizozemská společnost Twilight B.V. tvrdí, že díky inteligentnímu osvětlení je možné uspořit 20 - 50 % ceny údržby [1].

Cílem mé práce bylo analyzovat možnosti chytrého osvětlení pro malé obce a vytvořit scénáře osvětlení pro hlavní průjezdní komunikaci. V první řadě jsem se zaměřila na porovnání světelné diody s konvenčním zdrojem světla a na legislativu týkající se této problematiky. Právě legislativa prošla v posledních letech změnou, na kterou obce často nestíhají adekvátně reagovat.

V další části jsem se zaměřila na možnosti dalších funkcí veřejného osvětlení, které jej činí inteligentním. V úvahu přichází například tlumení osvětlení v nočních hodinách, detekce parkovacích míst, nabíjení elektromobilů nebo například SOS tlačítko. Na tyto doplňky se váže otázka finanční náročnosti chytrého osvětlení, kterou se budu zabývat v další kapitole.

Praktickou část jsem uvedla koncepčním postupem při modernizaci soustavy, který dále rozvíjím o podněty, jaké funkce jsou aktuálně menšími obcemi vyhledávané. V závislosti na rozpočtu obce uvažuji, jaké inteligentní vybavení je žádoucí. Vzorovou obcí Ptice, kde rekonstrukce proběhla v roce 2015, doplním o finanční přehled a aktuální stav tři roky po rekonstrukci.

Po osvojení návrhového programu Relux jsem navrhla možné situace a řešení pro modernizaci soustavy veřejného osvětlení v menší obci, vybrat správný typ svítidla a jeho konfiguraci. Na tomto základě jsem vytvořila návrh rekonstrukce soustavy pro budoucí projekt v obci Úhonice.

Závěrem své práce se zaměřuji na otázky, zda se menším obcím vyplatí chytré osvětlení. Zajímavou otázkou zatím zůstává, zda mají obce o chytré osvětlení zájem a co od takové technologie vlastně čekají.

Kapitola 2

Současná situace

Dnes se inteligentním městem zabývá již většina velkých společností, ať už z hlediska městské infrastruktury, chytrých sítí nebo dalších přidružených témat, a právě inteligentní veřejné osvětlení je jedním z nich.

Tato část smart city podporuje rozvoj infrastruktury města a je zde velký potenciál k propojení s dalšími koncepty, jako například se systémem chytrých sítí. Otázkou je, jak moc rozsáhlé mají být tyto chytré systémy v závislosti na velikosti daného území.

2.1 Inteligentní osvětlení

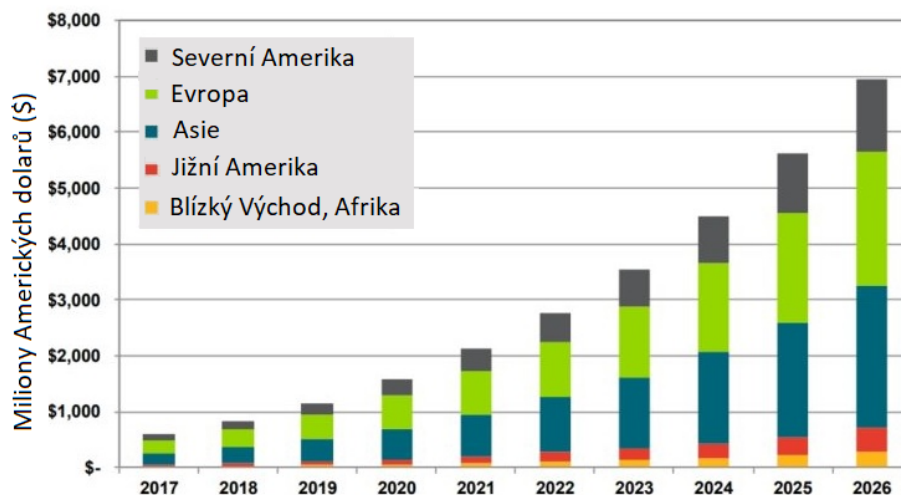
Veřejné osvětlení je součástí městské sítě a většinou je ve správě města. Jedná se o část infrastruktury, kterou nalezneme v každém městě či obci. Historie veřejného osvětlení sahá až do starověkých měst (Alexandrie, Pompeje), kdy bylo hlavním účelem zajistit bezpečnost osob v nočních ulicích [2]. První osvětlenou ulicí se stala roku 1807 londýnská Pall Mall díky plynovému osvětlení [3]. Jedná se o jeden z velkých faktorů v nákladech obcí.

Oproti termínu smart city, pojmu inteligentního osvětlení se věnuje méně definic. Definice se mění v závislosti, zda se jedná o osvětlení vnitřních místností nebo pouličního prostoru. Existují různé přístupy inteligentního osvětlení od jednoduchých domácích soustav, přes řešení osvětlení budov až po komplexní osvětlení města. Slovo inteligentní je možné vyložit více způsoby. Většina obyvatel to chápe jako něco nadprůměrného. Vložením dané funkce zvýšíme přidanou hodnotu výsledného produktu. Osvětlení se stává inteligentním, když na něj umístíme senzory a kamery

umožňující detekci pohybu a snímání dalších veličin [4].

Ve výzkumné zprávě Královské univerzity v Londýně je inteligentní osvětlení definováno jako systém, kde je hlavním cílem efektivní řízení pouličního LED osvětlení, které svítí na plný výkon v případě potřeby. Systém integruje technologie, které jsou schopné měřit i další důležité parametry (například senzory, bezdrátové komunikační sítě, stmívatelné rozvrhy)[5]. Také je občas nazýváno adaptivním, pokud se zvýší jas při detekované aktivitě. První patent pro inteligentní pouliční osvětlení byl zaznamenán v říjnu 1999. V něm je odůvodnění vzniku takového systému prosté – se zvyšujícím se počtem automobilů je nutné zlepšit infrastrukturu města a tato infrastruktura vyžaduje efektivní a snadnou údržbu [6].

Většina výzkumů zabývajících se touto problematikou předpovídá velký rozmach inteligentního osvětlení v příštích letech. Představitelé stále hledají možnosti, jak snížit energetickou náročnost jejich měst. Studie předpokládají, že nejvíce instalovaných chytrých systémů bude v Evropě, následně v Asii a Tichomoří (viz Obrázek 2.1). V roce 2017 výzkum odhadoval zhruba 6,3 milionu chytrých světelných míst. Pro rok 2026 předpovídá jejich počet až na 73 milionů.



Obrázek 2.1: Graf vývoje inteligentního osvětlení a výše investic dle kontinentů [7]

Pro shrnutí nyní mohu uvést inteligentní osvětlení jako systém, který se přizpůsobuje pohybu chodců, cyklistů a automobilů. Umožňuje vzájemnou komunikaci, vzdálený přístup, monitoring a další potřebné funkce pro zlepšení kvality života ve městě. Instalace svítidel LED je pouze prvním krokem. Je nutné také instalovat ovládací prvky, které budu dále vhodně využívat.

2.2 Význam veřejného osvětlení

Nejenže je veřejné osvětlení infrastruktura ke zvýšení bezpečnosti provozu, ale také pomáhá snížit kriminalitu. Například při ekonomické krizi v 70. letech bylo v některých evropských městech pouliční osvětlení vypínáno, v důsledku čehož se zde významně zvýšila kriminalita a počet škod [8].

Ve větších městech také můžeme mluvit o podpoře turismu. Turisté se i po setmění musí ve městě cítit příjemně, jelikož právě ve večerních hodinách utratí ve městě nejvíce peněz. Večerní atmosféru města můžeme nejen povzbudit, ale také ovlivnit vhodným osvětlením.

V Belgii například osvětlují celou dálniční síť. Ve Francii, Švédsku a Finsku osvětlují dálnice a silnice, pokud je překročena daná intenzita dopravy.

2.3 Aktuální trend inovací v technologii osvětlení

Klíčovým prvkem pro jakoukoliv inteligenci v osvětlení je instalace LED (z angl. light emitting diode) svítidla. Dnes je stále nejrozšířenější zdroj světla sodíková výbojka. Primární cíl u rekonstrukce v menších obcích bývá snížení nákladů na energii. Leckdy pomůže už jen výměna starých sodíkových výbojek za úspornější nízkoenergetické svítidla. Při instalaci LED svítidel se nám dále otevírá možnost řízení systému. LED je polovodičová součástka obsahující PN přechod, která vyzařuje světlo. Velmi často se jí také říká světelná dioda [9].

2.3.1 Historie LED

Princip LED byl objeven již ve 20. letech 20. století, ale první použitelné diody se objevily až v roce 1962. Skupina vědců na univerzitě v Illinois vyvíjela laser a pracovala na využití jednotlivých chemických látek (luminiscence u polovodiče, kovy křemíku, využití germania atp). Využití LED bylo poměrně rychle aplikováno u signalizačních kontrol ve výpočetní technice a časem vznikly LED, které byly použity jako brzdová či zadní světla některých dražších automobilů [10].

Díky stabilizaci světelných parametrů a prodloužení životnosti se rozšířilo jejich využití. Vývoj světelné diody prošel rychlým zlepšením vlastností a snížením ceny LED, čímž

se diody staly dostupnější. Tato technologie má již široké využití od signalizačních kontrol, součástek v automobilech a spotřební elektronice, podsvícení LCD displejů, podsvícení dopravního značení, instalace na železničních přejezdech až právě ve veřejném osvětlení. Již je možná instalace osvětlovací soustavy s LED svítidly (obsahuje i několik set LED). Tato svítidla je možné umístit na stožár v podobné konfiguraci (výšce a rozteči) jako konvenční svítidlo.

LED se poměrně dobře ujal jako náhrada za konvenční osvětlení díky rychlému poklesu ceny a zlepšení kvality. Dnes je možné využít LED s programovatelnými řadiči, které umožní individuální nastavení, monitoring a záznam vstupních i výstupních parametrů. Je tedy možné na jednotlivých komunikacích například snižovat výkon, čemuž se budu věnovat později.

Všeobecně lze o LED technologii říci, že má vysoký měrný výkon (až 200 lm/W u bílé diody), takže se jednoduše směřuje. Tím má také nižší spotřebu energie než jiné zdroje. Fungují na nižších příkonech než jiné konvenční zdroje. Při stmívání nemění barvu světla. Světelné diody jsou odolné vůči častému zapínání a vypínání a mají celkově vyšší životnost. Životnost běžné světelné diody je závislá především na pracovní teplotě diody. Mezní teplota okolo 80 °C může přechod nenávratně poškodit. Životnost dále závisí i na dalších parametrech (provozním proudu, životnosti ostatních součástí, teplotě okolí, kde je vyhovující nižší teplota, atp) [11].

Dříve bývala uváděna jako hlavní nevýhoda cena LED svítidla, což již není aktuální. Také jejich světelný tok je dnes srovnatelný, a není tak potřeba hustší síť světelných bodů. Výše zmíněný světelný výkon může být řazen i mezi nevýhody. Při špatně provedené instalaci může oslňovat, což je potřeba omezit. Jejich mezní provozní teplota nesmí být překročena, jinak dojde k trvalému poškození. Proto je například v automobilech, kde jsou kladeny vysoké požadavky na spolehlivost, zajištěno jejich chlazení.

Některé výzkumy poslední doby také poukazují, že využití LED svítidel může poškodit zrak a ovlivnit noční život a především biologické hodiny zvíře ve volné přírodě. Existují studie zkoumající, zda způsobuje zdravotní problémy (údajně zvyšuje riziko depresí, cukrovky a rakoviny) [12].

Při instalaci komplexnějšího systému se také budeme potýkat s otázkou, zda nedochází k narušení soukromí obyvatel měst. Argumentem proti této technologii také může být

její nedostatečné ověření v praxi. Ve světě není aktuálně instalace, která by fungovala více než 7 - 10 let. Stejně tak můžeme čelit obavám, zda je vhodné instalovat technologii, která se neustále vyvíjí. Obavy municipalit by mohly být o dostupnosti náhradních součástí v budoucnu.

2.3.2 Porovnání s vysokotlakou sodíkovou výbojkou

Jak jsem již zmínila, u nás v republice můžeme najít dva typy zdrojů veřejného osvětlení - vysokotlakou sodíkovou výbojku nebo LED svítidlo. Je tedy vhodné porovnávat právě tyto možnosti. Náhradní teplota chromatičnosti vysokotlaké sodíkové výbojky Osram je 2 000 K a tuto hodnotu není možné přizpůsobovat. Oproti tomu LED může teplotu chromatičnosti měnit a tím i měnit barvu světla [13]. LED při nižším napájecím proudu nemění svou barvu, na rozdíl od sodíkové výbojky, která začne vyzařovat světlo v oblasti žluté barvy. Dioda se spíná téměř okamžitě, naproti tomu u sodíkové výbojky trvá několik minut, než naběhne na plný výkon.

Výkon sodíkové výbojky je až 115 lm/W (lumen na watt) a jejich teoretická životnost se pohybuje okolo 30 000 hodin, typicky je to zhruba 16 000 hodin. U LED můžeme mluvit o měrném výkonu až 200 lm/W a životnosti až 100 000 hodin [14]. Velmi podstatný rozdíl pro mé další pokračování je v možnosti regulace. Sodíková výbojka se dá regulovat pouze na úroveň zhruba 60 %, kdežto světelné diody můžeme regulovat v plném rozsahu 0 - 100 % (minimální hodnota tlumení bývá 10 %).

Díky nízkým povrchovým teplotám LED je možné pro konstrukci svítidla využít plastové materiály. Při využití zmíněných vlastností můžeme vytvářet osvětlovací soustavy, v nichž bude možné osvětlení dynamicky řídit. Pro ideální využití vlastností by měly být propojeny do sítě. Tím bude umožněn vzdálený přístup a řízení světla. Je tak možné okamžitě identifikovat výpadky, snížit náklady na údržbu. Oproti tomu detekce výpadků u sodíkových výbojek je pouze nahlášením chyby od uživatele nebo mobilní kontrolní jednotky [15]. Město Seattle mění sodíkové výbojky za LED a díky tomu snížilo spotřebu energie o víc jak 40 % [16].

Kapitola 3

Legislativa

Samozřejmě i instalace a provoz veřejného osvětlení se opírá o legislativní podklad. Tohoto tématu se dotýká ne jeden zákon, několik českých i evropských norem, vyhlášek, doporučení a dalších podpůrných dokumentů.

Do roku 1990 spadala správa veřejného osvětlení do gesce Ministerstva vnitra. Podle zákona o pozemních komunikacích je veřejné osvětlení příslušenstvím pozemních komunikací, a tudíž spadá pod správu majitele komunikace, čili většinou obce. Zákon o obcích v sobě nemá přímo zabudovanou povinnost obcí zřizovat veřejné osvětlení. Zákon č. 128/2000 Sb. O obcích udává, že *obec v samostatné působnosti pečuje v souladu s místními předpoklady a zvyklostmi o vytváření podmínek pro rozvoj sociální péče a pro uspokojování potřeb svých občanů. Jde především o uspokojování potřeby bydlení, ochrany a rozvoje zdraví, dopravy a spojů, potřeby informací, výchovy a vzdělání, celkového kulturního rozvoje a ochrany veřejného pořádku.* Nenalezla jsem právní předpis, který by nařizoval obcím provozovat na jejich územích veřejné osvětlení. V jednom z ustanovení ve vyhlášce Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb. je definována nutnost osvětlení dálnic a silnic v zastavěném území obce. Ovšem pro místní a účelové komunikace osvětlení povinné není. Veřejné osvětlení je také osvětlení stezek pro pěší a cyklisty, tunelů, pochodů, mostů, parků, náměstí, fasád významných budov, výtvarných děl atp.

Technické normy nejsou závazné, ale pouze doporučené. Jejich dodržení však může být vyžadováno zákonem nebo vyhláškou, často také bývá podmínkou ke stavebním a dalším nutným povolením. Pro oblast veřejného osvětlení je důležitá zejména

norma ČSN EN 13 201 Osvětlení pozemních komunikací, které se budu věnovat dále. Veřejnému osvětlení se věnují především normy ČSN EN 60 598 Svítidla, část 2-3 Svítidla pro osvětlení pozemních komunikací, kde jsou požadavky na svítidla pozemních komunikací nepřesahující 1 000 V nebo ČSN EN 12 665 Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení. Pravidelnou revizi ukládá norma ČSN 33 1500 Revize elektrických zařízení. Zde je daná lhůta pro pravidelné revize každé čtyři roky. Pokud dochází k preventivním kontrolám, může být interval revize prodloužen až na dvojnásobek.

Veřejného osvětlení se týká celá řada zákonů, mohu uvést zákon č. 458/2000 Sb. O podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o Státní energetické inspekci, zákon č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií nebo například zákon č. 86/2002 Sb. O ochraně ovzduší a jeho novela zákon č. 92/2004 Sb. Změna zákona o ochraně ovzduší. Zde je definováno obtěžující osvětlení, které se dle českých i evropských zákonů musí omezit.

Legislativní úpravy se týkají také zdrojů světla. V nařízení Evropské komise EC Regulation 245/2009 je stanoveno postupné stažení některých zdrojů světla, které se v roce 2018 dále nesmějí vyrábět. To znamená, že téměř 80 % nyní využívaných zdrojů světla nebude časem dostupných [17].

I pro LED jako takové platí standardy jejich optických vlastností. Standardy má ve správě Mezinárodní komise pro osvětlení (CIE = Commission Internationale de l'Eclairage) a hlavní směrnici v tomto ohledu je CIE 127:2007 Standardization of LED measurements. Zde je přesně popsáno, jak je třeba měřit světelnou intenzitu [18]. LED se také věnují české normy ČSN EN 61 031 Moduly LED pro všeobecné osvětlování - Požadavky na bezpečnost.

Pro svítidla je nutné doložit některé vlastnosti, jako například možnost uchycení na stožár a výložník o průměru 60 a 76 mm bez použití redukce, automatické odpojení elektrického proudu v případě manipulace s elektroblokem a další.

Také zapínací místo VO musí splňovat podmínky dané v normách. Musí být trvale přístupné, s dostatečným prostorem pro manipulaci (min 80 cm před dveřmi). Skříň musí být minimálně 600 mm nad terénem. Místo musí být označeno sériovým číslem. Až na výjimky je v obcích zakázáno nadzemní vedení, kabely musí být v minimální hloubce, ve správném podloží a splňovat další podmínky.

Mezi další doporučující literaturu patří například dokument CIE 115/1995 Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic, CIE 132/2000 Design methods for lighting of road, CIE 136/2000 Guide for the lighting of urban areas, CIE 140/2000 Calculation and measurement of illuminance and luminance in road lighting a CIE 154/2003 The maintenance of outdoor lighting systems.

3.1 ČSN EN 13 201

Evropská norma je v platnosti od roku 2005. Tato norma nahradila původní ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení, ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací a ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic. Norma vychází z dokumentů CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).

Norma ČSN EN 13 201 má 4 části:

- ČSN EN 13 201-1 Road lighting - Selection of lighting classes (Výběr tříd osvětlení)
- ČSN EN 13 201-2 Road lighting - Performance requirements (Požadavky na osvětlení)
- ČSN EN 13 201-3 Road lighting - Calculation of performances (Výpočet osvětlení)
- ČSN EN 13 201-4 Road lighting - Methods of measuring of the light performance of installations (Metody měření)

Tato evropská norma zavádí novou terminologii a třídy pozemních komunikací. Ke správnému zatřídění je potřeba znát:

- druh uživatele (motorová vozidla, cyklisté, chodci),
- typickou rychlost hlavního uživatele komunikace (km/hod),
- hustotu úrovnových a mimoúrovňových křižovatek (více či méně než tři křižovatky na jeden kilometr),
- intenzitu silničního provozu (počet vozidel za den),
- intenzitu cyklistického a pěšího provozu (běžná, velká),

- riziko kriminality a celkovou náročnost navigace (parkující vozidla, nutnost rozeznat barvu vozidla,...),
- vliv okolí a převládající počasí (úroveň jasů okolí, další rušivé elementy - reklamní tabule, osvětlené budovy, stožáry)

3.1.1 ČSN EN 13 201-1

Norma v první části definuje použité termíny a třídy komunikací. Po zavedení této normy byly komunikace rozděleny do šesti tříd (ME, CE, S, A, ES a EV). Aktualizace platná od roku 2017 zjednodušuje zatřídění komunikace na tři třídy - M (motorised traffic = motorová vozidla), C (conflict area = konfliktní oblasti) a P (pedestrians and low speed area = chodci a cyklisté). Každá třída má ještě své podtřídy. Toto zatřídění záleží na parametrech jednotlivých komunikací, kde se bere v potaz především rychlost provozu, hustota dopravy, složení dopravního proudu a náročnost orientace na komunikaci.

Pro každý podstatný parametr je v normě určená vážící hodnota (VW = weighting value). Při součtu všech těchto hodnot dostaneme součet vážících hodnot (VWS). Výslednou podtřídu komunikace pak určíme ze vzorce

$$\text{Podtřída komunikace} = 6 - VWS$$

Třída M je definována pro dopravní sběrné komunikace, občas může být použita i v rezidenční oblasti. Předpokládá se zde středně vysoká rychlost. U nových komunikací můžeme predikovat provoz s výhledem na 10 let pro další výpočty.

Třída C pak pro oblasti křížení dopravních proudů nebo křížení s jinými typy dopravy (nejčastěji chodci a cyklisté). Pokud se změní geometrie komunikace, počet jízdnic pruhů nebo šířka vozovky, považujeme to také za konfliktní oblast. Norma doporučuje, aby byla třída osvětlení pro konfliktní oblasti o jeden stupeň vyšší než třída osvětlení komunikace vedoucí do dané oblasti konfliktu (pokud ke křižovatce vede komunikace s osvětlením M4, měla by tam být minimálně třída M3). Třída P je vyčleněna pro pěší, případně cyklostezky s nízkou dopravní rychlostí (pod 40 km/hod).

Norma nepopisuje další třídy komunikací HS, SC a EV. Jedná se o třídy pro pěší komunikace, případně o komunikace s nízkým provozem a nízkou návrhovou rychlostí. V první části normy je také popsáno, jak se postupuje v případě stmívatelného osvětlení. V tomto případě je možné měnit určité parametry dle aktuálního časového intervalu (nejčastěji se mění hustota provozu). Na základě těchto rozdílů je možné definovat úroveň adaptivního osvětlení. Změny v podtřídě adaptivního osvětlení ovlivňují pouze průměrnou úroveň jasu, nikoliv další požadavky.

3.1.2 ČSN EN 13 201-2

Druhá část definuje světelně technické parametry měřené na zdroji světla a jejich minimální hodnoty vzhledem k jednotlivým třídám komunikace. V normě jsou pro dané komunikace dále definované hodnoty parametrů: celková rovnoměrnost jasu U_o , podélná rovnoměrnost jasu U_l , omezující oslnění TI, osvětlení okolí SR, průměrná osvětlenost a minimální osvětlenost. Kromě již výše zmíněných veličin je zde také definována životnost zdroje, příkon měřený ve wattech nebo měrný výkon měřený v lumenech na watt. V normě jsou také definované hodnoty pro mokrý povrch pro celkovou rovnoměrnost. Jsou státy, kde je povrch pozemních komunikací v nočních hodinách vlhký nebo mokrý téměř pořád.

Jednou z kapitol je také osvětlení přechodů pro chodce. Právě jejich přisvětlování je velmi atypickým projektem. Při špatné volbě osvětlení se situace může paradoxně zhoršit. Pro přisvětlování přechodů pro chodce jsou relevantní TKP 15 (příloha č. 1). V této části normy také najdeme kapitolu o vzhledu a vlivu osvětlení na životní prostředí. Nicméně zde nejsou žádné limitní hodnoty omezující veřejné osvětlení. Jsou zde pouze doporučená hlediska, kterým věnovat zvýšenou pozornost při návrhu. Norma upozorňuje na důležitost vzhledu osvětlení ve dne (vhodně zvolená výška stožárů, barva světla, způsob upevnění svítidel, jejich sklon nebo například umístění stožárů vzhledem k významným pohledům). Také musí osvětlení příjemně působit v noci. Je tedy nutné zvolit vhodný barevný tón, vhodnou výšku svítidla nebo regulaci hladiny osvětlení. Mimo jiné je zde také zmíněno omezení světla do směrů, kde je nežádoucí. Na základě těchto hledisek je možné stanovit požadavky na omezení obtěžujícího světla.

3.1.3 ČSN EN 13 201-3 a ČSN EN 13 201-4

Třetí část normy definuje jednotlivé fyzikální veličiny a parametry měřené na pozemní komunikaci, včetně vzorců a konstant nezbytných k jejich výpočtu. Také definuje systém souřadnic a matematickou konvenci převodu jednotek.

Závěrečná část pojednává o podmínkách k měření dříve popsaných veličin. Osvětlení musí být provozováno s potřebnou viditelností, musí splňovat rovnoměrné rozprostření světla a dodržet omezení oslnění (například omezit světelné toky do nežádoucích směrů).

Podle normy je možné snižovat a zvyšovat hladinu osvětlení. Je třeba tak činit v celém pásmu, nelze vypnout pouze jedno světelné místo. Dále je v normě například definovaná minimální hodnota součtu zbytkového denního světla a přisvětlení. Tato hodnota je zde daná, aby nedocházelo ke spínání světel, až když je téměř tma, což je problém u jedinců, kteří trpí šeroslepostí.

3.2 Pasport veřejného osvětlení

Dnes je dle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. 161 Vlastnictví technické infrastruktury povinnost provozovatele veřejného osvětlení mít zpracovaný pasport, tedy databázi majetku. Jedná se o popis a dokumentaci existujícího stavu, popsány jsou světelné body, sloupy i rozvaděče. Měl by také obsahovat fotodokumentaci a výpočty odhadované úspory.

Ideální je mít pasport včetně mapových podkladů. Pak je možné tuto databázi vhodně propojit a vytvořit například evidenční tabulky, tabulky údržby, revizí nebo tabulky sledování spotřeby. Každé světelné místo musí být očíslované a zanesené v městském geografickém informačním systému. Toto označení by mělo být 1,6 metru nad terénem viditelné ze strany od vozovky. Pasport je také vhodný začátek pro revitalizaci nebo obnovu veřejného osvětlení, potažmo instalace inteligentního osvětlení.

Kapitola 4

Veřejné osvětlení v malých obcích

4.1 Možnosti osvětlení obce

Jelikož v legislativních podkladech nikde není uvedeno, jak má být provozováno veřejné osvětlení, můžeme dnes nalézt různé typy pouličního osvětlení. Každá obec či město volí typ, který je ekologický, dostatečný pro danou komunikaci a v rámci možností jednoduchý.

Základním módem svícení je celonoční statický provoz. Tato svítidla se spouští a vypínají dle předem nastavených hodin. Další možností je soustava s fotobuňkou, která je citlivá na světlo a zapíná osvětlení při soumraku a vypíná při úsvitu. Tím se zkracuje a prodlužuje denní doba svícení. Většinou je stanoveno, že pokud je současná intenzita naměřená fotosenzorem nižší než prahová hodnota, spouští se osvětlení. Prahová hodnota bývá mezi 30 a 70 lx dle kategorie komunikace. Nicméně úspory jsou v zhruba 3 %, což je velmi málo [5]. Třetím typem můžeme nazvat osvětlení s řídicím systémem. Zde je možné uvést jednodušší řízení na základě času východu a západu slunce, ale i sofistikovanější způsoby řízení.

Mnohé obce pro snížení spotřeby elektrické energie praktikují úplné vypnutí světelné soustavy v nočních hodinách. Tedy osvětlení svítí ve večerních a ranních hodinách, kdy je na komunikaci větší intenzita provozu. Většinou o půlnoci pak dochází k úplnému vypnutí světelné soustavy (zpravidla mezi 00:00 a 04:00). Toto řešení podstatně naruší pocit bezpečí a komfort uživatelů, avšak stále se jedná dle mého názoru o lepší řešení než níže uvedené.

Další možností pro úsporu se jeví vypínání každého druhého svítidla, případně svítidel jen na jedné straně komunikace. Toto řešení bylo často vidět při energetické krizi v sedmdesátých letech minulého století. Bohužel efekt tohoto přístupu je ještě horší než při celkovém vypínání. Dochází k útlumu světelných podmínek mezi jednotlivými světelnými místy a vznikají výrazné přechody mezi osvětlenou a neosvětlenou částí. Oko řidiče se musí adaptovat z osvětleného prostředí do tmy, což může být velký problém. Stejně tak není dobré osvětlit pouze část komunikace (u přechodu, u zastávky,...), neboť vznikají světelné ostrůvky, které jsou pro řidiče velmi nepřírozené.

4.2 Stmívání

Hlavním problémem konvenčních svítidel je z pohledu městské správy zbytečné plýtvání energií v momentech, kdy na komunikaci není žádný provoz. V posledních letech se také velmi popularizuje pojem světelný smog, tedy světelné znečištění. To jsou hlavní dva problémy, které může pomoci vyřešit adaptivní stmívatelné osvětlení. Jedná se o regulaci světelného toku dle potřeb komunikace. V méně frekventované časy můžeme snížit hladinu osvětlení při zachování dostatečné rovnoměrnosti osvětlení. Řidič musí být schopen včas detekovat případnou překážku. Při propojení svítidel je možné jinak stmívat hlavní průjezdní komunikaci a jinak vedlejší komunikace v obytných zónách, jinak v noci mezi všedními dny, jinak ve víkendových nočních hodinách.

Samozřejmě instalace stmívatelného osvětlení nemusí být vždy ideální variantou. Je třeba uvažovat každou komunikaci jednotlivě. Pravděpodobně nebude příliš úspěšná instalace takového osvětlení na terénu zvláště komunikaci, kde se nachází mnoho zákrutů, nebo kde je provoz chodců konzistentní celou noc.

Pokud se tedy rozhodneme pro stmívatelné osvětlení, pomocí centrálního ovládání lze teoreticky ovládat jednotlivá světelná místa, vybranou komunikaci nebo celou oblast. Tlumení je nezbytné tak, aby řidiči neměli velké přechody do tmavé komunikace. Světelný rozdíl sousedních komunikací by neměl být větší než dvě třídy komunikace definované ČSN 13 201.

4.3 Aktuální situace osvětlování obcí v ČR

V dnešní době dochází k instalaci inteligentního systému veřejného osvětlení převážně rekonstruovaných systémů. Problematika rekonstrukce či obnovy soustavy veřejného osvětlení je vcelku aktuální. Většina svítidel v republice doslouží mezi roky 2020 a 2025 [19].

Obecně mívá rekonstrukce veřejného osvětlení podobné důvody - úspora elektrické energie, snížení nákladů na údržbu, někdy také pouhé čerpání grantů. Ať již požadujeme sebevíc chytré osvětlení, neměli bychom zapomínat na primární funkci. Veřejné osvětlení musí ve večerních hodinách svítit bez problémů, osvětlovat uliční prostor, poskytovat bezpečné dopravní podmínky, bezpečnější prostředí pro pěší a komfortnější pobyt ve městě.

Municipality měst se snaží propojovat osvětlení s dalšími možnými aplikacemi. Aby to bylo efektivní, musí se relativně dlouho dopředu predikovat vývoj města a definovat dlouhodobé cíle města. Díky rozvoji internetu věcí a jeho sítí je možné město propojit v jeden celek, a zvýšit tak kvalitu městských služeb. Inteligentní osvětlení nepřináší pouze úspory v energii a údržbě, ale je možné docílit zlepšení i v dalších oblastech - kriminalita, řízení dopravy, bezpečnost chodců a řidičů atp.

Je potřeba stanovit priority daného města. Menší městečka na venkově možná nepotřebují monitorovat kvalitu ovzduší. Jiná města zase nepotřebují řídit dopravu skrze měřené intenzity. Další vidí potenciál v inteligentním parkování (detekce volných míst a následná navigace do této oblasti). Před nasazením takového systému by se mělo vedení města zabývat otázkou, co od toho očekávají, jak se bude vyvíjet využití technologií v jejich městě a co jsou vlastně prioritní problémy daného města.

Kapitola 5

Doplňkové funkce inteligentního osvětlení

Jak jsem již zmínila v předešlých kapitolách, jedním z primárních důvodů obnovy inteligentního osvětlení je úspora. Kromě základních předpokladů pro úsporné osvětlení (pasport, koncepční přístup s využitím účinných světelných zdrojů a správné nastavení systému), přichází úspory také s efektivní správou. K efektivnějšímu využití také mohou pomoci následující doplňkové systémy, které mohou dělat veřejné osvětlení inteligentním.

Dále již předpokládám instalaci LED technologie a řídicí jednotky, která je schopná komunikovat. Samozřejmě také s osazením komunikace nebo světelného místa senzory a dalšími součástky pro měření nejen dopravních parametrů.

5.1 Tlumení osvětlení

Jelikož mluvím o osvětlení, hlavním úkolem celého systému je dostatečně osvětit danou komunikaci. Jak jsem již uvedla, sofistikovanější osvětlení je schopné tlumit světelný tok na základě intenzity provozu na pozemní komunikaci. K tomu je potřeba detekce chodců či vozidel, celkového pohybu na pozemní komunikaci.

Existuje více přístupů k možnosti tlumení osvětlení. Můžeme regulovat světelný tok z nulového, nebo minimálního osvětlení. To znamená, že světelná místa jsou vypnutá, nebo svítí na minimální nastavenou hodnotu a v případě detekce pohybu se rozsvěcí.

Pro detekci využívají systémy různých firem různé detektory - nejčastěji ultrazvukové nebo infračervené senzory. Některé systémy uvádí detekci pohybu chodců na 10 metrů, vozidel na 15 metrů [20].

Je možné také najít systém, který je založen na předpokládané poptávce. Díky naměřeným hodnotám autoři vytvořili model poptávky, na jehož základě definovali stavy stmívání svítidel po hodinách. Tento systém je velmi závislý na kvalitním modelu poptávky. Výzkum dokázal, že je možné ušetřit až 50 % energie ve srovnání se systémem, který vůbec nereguluje osvětlení [21].

Velikost intenzity provozu vhodné pro tlumení osvětlení nelze zobecnit. V centrech větších měst pravděpodobně tlumit světlo nechceme vůbec. V okrajových částech je nutné definovat míru intenzity, kdy je již nízká. Při implementaci stmívatelného osvětlení na základě detekce pohybu vyvstává zajímavá otázka, co je pro uživatele komunikace příjemnější. Zda více ocení osvětlení ve své bezprostřední blízkosti, či na cestě před sebou. Jak osvětlení ovlivňuje osobní pocit bezpečí v noci?

Osobně se domnívám, že prozatím není v nabídce vhodně řešená technologie pro plně adaptivní tlumení. Z bezpečnostního hlediska není vhodné, aby se pouliční osvětlení rozsvítilo pouze při detekci pohybu. Stejně tak většina dnešních technologií nabízí stmívání dle pohybu - detekuje směr vozidla, na jeho základě se dále rozsvěcí cesta před vozidlem a za vozidlem opět zhasíná. Řidiče vozidla ale nezajímá pouze bezprostřední okolí. Problémem také může být definovaná třída jednotlivých komunikací. Může tak nastat situace, kde řidič přejíždí z komunikace na jinou a výrazně se změní jas osvětlení (jedna komunikace má jinak definovanou nízkou intenzitu provozu než druhá).

Ještě méně představitelné to pro mne je z hlediska chodce, kdy by byl velmi narušen pocit bezpečí. Lepší využití vidím u předem definovaných režimů. Při jejich plánování je vhodné vzít v potaz i další okolnosti ovlivňující pohyb na pozemní komunikaci (například otevírací doba obchodů, odjezd prvního vlaku nebo parkovací podmínky).

5.2 Měření dopravních parametrů

Spolu s měřením intenzity provozu chodců či vozidel se nabízí otázka, zda není vhodné měřit více dopravních parametrů. Díky jednoduchým sensorům je možné počítat dopravu v místě světelného osazení, měřit rychlost vozidel, rozlišovat nákladní vozidla

od osobních dle jejich výšky a podobně.

Infrastruktura pouličního osvětlení by tak byla zapojena do městské chytré sítě. Nejčastěji se mluví o instalaci ultrazvukových senzorů (například pro sčítání dopravy). Pro intenzitu je možné použít i tepelné kamery, které nedetekují obličej ani SPZ, a nemusíme tak řešit ochranu osobních údajů.

V Paříži již testují propojení řízení veřejného osvětlení spolu s řízením SSZ [22]. Dnes je možné instalovat do svítidel senzory na monitorování stavu dopravy. Můžeme detekovat kongesce nebo dopravní nehody. Informace by se mohly z řídicího centra dostat rychleji k uživatelům komunikace. V budoucnu můžeme mluvit o předávání informací nebo varování o překročení povolené rychlosti přímo ze světelného místa do vozidla.

Již nyní je reálné využití infrastruktury veřejného osvětlení pro instalaci sběrných bodů. Je také možné na osvětlení instalovat dopravní kamery. Sběr těchto dat může zjednodušit dopravní management, umožnit plynulejší provoz, data mohou být využita při plánování dopravy.

5.3 Parkování

Dopravu ve městech značně komplikují vozidla hledající parkovací místo. Při vývoji inteligentního osvětlení také dochází k vývoji chytrých parkovacích systémů, kdy je na pouliční osvětlení instalován senzor pro detekci volných parkovacích míst v okolí. Záleží na jednotlivých systémech, zda je nutná instalace dalších součástí do vozovky, či nikoliv. Většinou mluvíme o přenosu dat v reálném čase. Systém je také možný využít nejen k detekci volného místa, ale také ke kontrole platební morálky parkujících vozidel. K detekci lze použít několik druhů senzorů instalovaných do svítidla - ultrazvukový, infračervený nebo například videodetekci.

Díky propojení světelných míst do komunikační sítě je možné sledovat parkovací plochy a informace o jejich obsazenosti přenášet do městské správy a dále k řidičům. Pomocí mikrovlnných senzorů je možné detekovat překážku, poté pomocí algoritmů určit, na jakém místě se nachází a následně tuto informaci přenést do systému. Opět neukládáme žádné osobní údaje. Takový systém používá například firma Siemens (viz Obrázek 5.1).



Obrázek 5.1: Pokročilý parkovací systém (Siemens) [23]

5.4 Nabíjení elektromobilů a elektrokol

Ve světě velmi propagovaná elektromobilita zasáhla i odvětví pouličního osvětlení. Zavést dobíjecí stanice na infrastrukturu veřejného osvětlení se jeví jako logický krok. Také většina výrobců a firem propagující inteligentní systémy osvětlení nabízejí tuto službu ve svém portfoliu. Ke sloupu veřejného osvětlení již vede elektrický proud, a tak se zdá pouze nutné vyvést ho ve správném zakončení tak, aby byl přístupný pro dobíjení elektromobilů, potažmo elektrokol. Problém je, že sloupy veřejného osvětlení nejsou trvale pod proudem, ale proud jimi prochází, pouze pokud svítí.

Pokud si představím klasický stožár veřejného osvětlení, má v nejširším místě průměr 220 mm. K nabití elektromobilu je potřeba větší prostor pro zavedení nabíjecí techniky. Také zde musí být usměrňovač střídavého proudu, který je v síti pouličního osvětlení, na stejnosměrný proud, který potřebuje baterie elektromobilu. Není tedy možné použít stávající stožáry pro instalaci této technologie.

Nabíjení elektromobilů poskytuje například společnost PRE, která instalovala v Praze několik svých chytrých lamp, a nyní testují jejich provoz. Pro nabíjení elektromobilů mají maximální výkon 22 kW [24].

Pravděpodobně by tímto systémem nebylo osazené každé světelné místo. Je možné diskutovat o možnosti dobíjení elektrokol, které klade menší technické nároky na zavedení. Osobně se ale nedomnívám, že by byl tento systém žádaný při rekonstrukci veřejného osvětlení v menších obcích.

5.5 Měření kvality ovzduší

Ve městech dnes dochází k velké koncentraci zplodin ve vzduchu, a tak je instalace čidla měření kvalitu ovzduší logickým krokem. Na jednom světelném místě je možné měřit stav ovzduší, teplotu, tlak, exhalace, koncentraci prachových částic nebo například hluk.

Čidla detekující tyto klimatické podmínky bývají vysoce odolné, schopné pracovat v extrémních teplotách a přesné. Statické měření těchto parametrů bývá velmi řídké a není schopné detekovat specifické zdroje znečištění ovzduší, případně hluku.

Díky měření těchto dat je možné například zvýšit hladinu osvětlení při dešti či mlze, kdy nejsou vizuální podmínky na pozemních komunikacích ideální. Bylo by tak možné předvídat případný vývoj smogové situace v jednotlivých částech měst. V jižních městech je také možné na základě vlhkosti vzduchu určit množství a harmonogram potřebného zavlažení.

5.6 Možnost připojení

Každé jednotlivé světelné svítidlo v sobě může mít zabudovanou jednotku pro příjem a další šíření signálu GSM sítě. Světelná soustava vytvoří WiFi síť, na kterou se může připojit každý uživatel pozemní komunikace. V Praze se například rozšiřují místa s veřejným připojením, nejčastěji to jsou zastávky MHD. Společnosti jako Cisco nebo Google spolupracují s velkými americkými městy na propojení centra pomocí WiFi [25]. Instalací jednotek na infrastrukturu veřejného osvětlení vytvoří bezdrátovou síť, přes kterou budou moci komunikovat zařízení IoT. Města tak činí za účelem inovace. Tím, že využijí světelná místa, ušetří za infrastrukturu - pravidelná a hustá síť sloupů veřejného osvětlení je ideální pro WiFi.

Nyní se to může zdát pouze jako pohodlí uživatele - možnost připojit se neomezeně na internet. Nemusíme se bavit pouze o připojení jednotlivců, ale i podnikatelské sféry. Do budoucna by mohlo být možné využít tuto síť pro komunikaci vozidel mezi sebou, případně s infrastrukturou, pro přenos informací o aktuálním stavu dopravy a podobně.

5.7 Komunikace v síti

Aby bylo možné všechna data sbírat a zpracovávat, je nutné zajistit komunikaci mezi jednotlivými světelnými místy. Dnes se bavíme o bezdrátové komunikaci, která může být vedena dle několika protokolů. Vždy musí komunikace probíhat obousměrně na chráněných kanálech. Nejčastěji jsem se setkala s využitím protokolu Bluetooth nebo ZigBee.

Bluetooth byl mezi prvními testovanými protokoly. Jeho výhodou byla interakce s mobilními telefony a dalšími zařízeními uživatele. Vzhledem k jeho dosahu přibližně 10 metrů byl dříve využíván ve výzkumech. Dnes již tento dosah není dostatečný.

ZigBee standard definovaný v technické normě IEEE 802.15.4 byl založen pro komunikaci mezi více zařízeními v síti WPAN (Wireless Personal space Network - bezdrátové osobní síť). Oproti Bluetooth je přívětivější z hlediska ceny a spotřeby energie. V pásmu 2,4 GHz je typická rychlost 250 kb/s, což by pro datový přenos stačilo. Přenosová vzdálenost záleží i na dalších podmínkách, ale pohybuje se mezi 10 - 100 metrů. ZigBee může mít až 65 000 uzlů, které komunikují mezi sebou. Díky přenosové vzdálenosti a množství zapojených uzlů je tak reálné zapojení ve veřejném osvětlení. V případě, že vypadne jedno světelné místo, je možný přenos informací na další, které je stále v dosahu [26].

Dalšími možnostmi může být síť WiFi, která má lepší přenosovou rychlost, ale také vyšší spotřebu. Využitelnou si mi jeví i technologie GPRS (General Packet Radio Service), kdy sice musíme obstarat na každé světelné místo další jednotku, ale jeho přenosové rychlosti zvládnou přenést i videozáznam.

5.8 Vzdálená správa

Veřejné osvětlení je téměř vždy ve správě daného města. Z praktického pohledu lze říci, že municipality ve finální verzi nezajímá, co vše je teoreticky možné, ale zda světlo opravdu svítí, kolik to stojí a zda to potřebuje opravit. K tomu by mohla vést webová aplikace, kde je možné zobrazit celou síť pouličního osvětlení i jednotlivá světelná místa. Je to nástroj pro správce sítě, jak efektivně a okamžitě zjistit, kde je daný problém, případně zda síť funguje, jak má.

Pro univerzálnost by měla být aplikace dostupná online skrze webové stránky. Pokud by bylo nutné aplikaci instalovat do mobilního zařízení, můžeme se potýkat s problémy kompatibility a podobně. V případě webové aplikace bude stav dostupný z jakéhokoliv přístroje připojeného k internetu.

Uživatelská aplikace by měla obsahovat několik částí - monitorovací (kde bude možné kontrolovat aktuální stav), ovládací (ruční zapínání jednotlivých světel či celé oblasti, pokud to práva uživatele povolují), mapové podklady se zvýrazněnými světlenými místy, grafickou a datovou část. Grafická část by mohla poskytovat zobrazení spotřeby energie dle vybraných časových období, výpočet provozních hodin jednotlivých světlených míst a další žádané informace.

Pro veřejnost by pak mohla být vytvořena obecná verze stránek, kde by obyvatelé mohli například sledovat aktuální spotřebu veřejného osvětlení nebo ji porovnat s minulými roky.

5.9 Správa údržby

Jak jsem již několikrát zmínila, velkou výhodou propojeného systému osvětlení LED je také správa údržby. Leckdy jsou náklady na údržbu vyšší než náklady na spotřebovanou energii. Díky centrálnímu dispečinku je možné zobrazit například ve webové aplikaci aktuální stavy světelných míst na mapě. Můžeme ihned detekovat a dostávat hlášení o poruše na jednotlivých svítidlech. Údržba je tak pravděpodobně rychlejší a efektivnější, než když závisí pouze na detekci obyvatel města, případně pohotovostního týmu.

Dispečer obdrží zprávu o nutnosti opravy daného světelného místa a může informace ihned předat servisnímu technikovi. Díky informacím zasílaných ze světla může technik vědět, co bylo příčinou poruchy, co bude tedy pravděpodobně potřeba vyměnit a může tak u sebe mít správnou náhradní část, aby mohl problém odstranit. Ušetří se tím doba strávená opravou jednoho světelného místa (technik k místu nemusí dvakrát) a také náklady s tím spojené.

Je také možné kontrolovat provozovatele soustavy (město má přesné informace o počtu poruch, době opravy atp). Správce může zobrazit historii každého světelného místa. Je tedy možné ze záznamů předpovídat životnost svítidla, případně jeho další poruchy.

Díky stavu nasvícených hodin tak můžeme v předstihu odhadnout, kolik bude potřeba vyměnit svítidel v dalších letech.

Podobnou správu údržby již úspěšně praktikují v několika světových městech, například v amerických metropolích Los Angeles a Buenos Aires, ve švýcarském Gaiserwald nebo polském Štětí [27].

5.10 Otevření rozvaděče

Detekce každého otevření skříně rozvaděče je užitečná funkce. Systém je schopný detekovat každou manipulaci, která v daném rozvaděči nastane. Ať už vypínání či zapínání jednotlivých světelných míst či jiná manipulace. Systém zaznamenává průběh po celou dobu otevření rozvaděčové skříně. Díky tomu je možná kontrola systému a případných černých odběratelů. Správce sítě tak má také pod kontrolou případné opravy na jednotlivých rozvaděčích. V případě havárie mohou uložená data sloužit pro zpětné zjištění příčiny.

5.11 Další možnosti

Jednou z dalších možností je instalace SOS tlačítka, které automaticky vyvolá tísňovou linku 112. S takovým systémem přišla například již zmíněná společnost PRE. Tlačítko by mělo pomoci člověku v nouzi spojit se hlasově s operátorem tísňové linky. Osobně si ale nejsem tímto systémem jistá. Domnívám se, že by docházelo více k falešným poplachům. Například v roce 2006 tvořily omyly a falešná volání (zneužití linky, hra dětí, nemoc, volání opilců) až 80 % volání na tísňovou linku 112 [28].

Společnost Twilight ve spolupráci s univerzitou Delft navrhuje využít pouličního osvětlení pro komunikaci mezi vozy IZS a světelnou soustavou. S implementací komunikace vozidel s infrastrukturou by bylo možné, aby vozidla IZS informovala skrze světelná místa o své poloze. Světla by data dále posílala do jednotlivých vozidel. Univerzitní kapacity zastávají názor, že to není pouze o úspoře energie, ale o tom, co vše mohou zprávou přenést a kam [29].

Především na americkém kontinentě se výzkumy také věnují možné detekci střely. Pomocí infrastruktury veřejného osvětlení, která je v dostatečné výšce nad komunikací,

by bylo možné detekovat zvuk vystřeleného náboje a téměř ihned místo lokalizovat. To by mohlo usnadnit další pomocné práce po daném incidentu.

Další možností by také mohlo být pomocí algoritmů rozpoznat shlukování více obyvatel, případně jeho periodicitu, a tím tak lépe rozprostřít policejní složky. Při propojení osvětlení a komunikační sítě se otevírají i další možnosti. Pokud města používají inteligentní odpadkové koše osazené čidly pro detekci naplnění, je možné propojit jejich komunikaci se světelným místem. [30]. Můžeme tak výrazně zlepšit efektivitu svozu odpadů ve městě a využít stávající infrastruktury k šíření dat.

5.12 Možné komplikace

Téměř všechny systémy inteligentního osvětlení, které se momentálně vyvíjí, počítají se sběrem dat z různých senzorů. Ať už se jedná o dopravní data, data o počasí nebo další údaje, vždy se bavíme o velkém množství dat, které je potřeba ukládat a zpracovat. Je vhodné předem stanovit, co přesně je třeba měřit, jak často a další klíčové parametry. Čím více dat ze systému budeme mít, tím bude samozřejmě ku příkladu dražší jejich zpracování.

Pokud budeme požadovat otevřená data z tohoto systému, umožníme tím vývojářům vytvořit nové aplikace a poté i pracovní místa ve městě. Na druhou stranu otevřená data mohou významně ovlivnit soukromí uživatelů a jejich bezpečnost.

Všechny zmíněné možnosti doplnění systému veřejného osvětlení budou funkční za předpokladu, že bude světelné místo neustále pod proudem. Čímž narážíme na problém pouhé výměny osvětlení - v České republice není veřejné osvětlení pod neustálým proudem. Zařízení se stává aktivní až s přicházející nocí, kdy je potřeba svítit. Během dne běžně není žádný elektrický proud v osvětlovací soustavě.

Systémy jsou založeny na detekci či senzorech, které musí být pro svůj provoz napájeny. To v aktuálních podmínkách není možné. Při této aplikaci bude muset vždy dojít k úpravě na vedení, ale také ke změně evropských standardů týkajících se veřejného osvětlení, aby bylo osvětlení napájeno i během dne. Případně je možné instalovat baterie do jednotlivých svítidel, což se ovšem prodraží.

Napájení může přinést i další výhody, mimo sbírání dat například zpoplatnění

nabíjených elektromobilů, použít infrastrukturu osvětlení k reklamním účelům, generovat další příjmy pro obec.

Kapitola 6

Finanční stránka

Osobně se domnívám, že prvotním důvodem pro instalaci inteligentního osvětlení v malých obcích je právě finanční úspora. Pro Českou republiku se uvádí jedno světelné místo na zhruba 5 - 8 obyvatel a provozní náklady takového světelného bodu jsou z poloviny pouze spotřeba elektrické energie [31]. Celosvětově byla v roce 2017 spotřeba elektrické energie veřejného osvětlení čtyřnásobná oproti roku 1970 [32]

V Německu tvoří náklady na veřejné osvětlení zhruba třetinu rozpočtu měst na energetiku. Evropská spotřeba energie na veřejné osvětlení je zhruba 60 TWh ročně, což je 2,5 % celkové energie v Evropě [33].

Všeobecně má veřejné osvětlení tři hlavní finanční složky – provoz (provozní náklady, výměny součástí), rekonstrukce osvětlení a cena spotřebované energie. Při výpočtu návratnosti musíme brát v potaz několik důležitých parametrů – aktuální stav osvětlení, parametry nového svítidla, cenu elektrické energie a další. Také musíme řešit provozní náklady stávajícího osvětlení a uspořené náklady na osvětlení po rekonstrukci. Cena údržby je funkcí vícero parametrů – především cena výměny lampy, cena nové a její životnost.

Vyčíslit ekonomickou výhodnost systému veřejného osvětlení můžeme několika způsoby. Při výpočtu jednoduché návratnosti systému předpokládám, že každý výdaj je pokrytý finálními ročními úsporami. Tato návratnost se výpočetně mírně liší v závislosti, zda se jedná o nový systém nebo obnovovaný. V novém systému řeším jen rozdílné ceny z použití různých zdrojů a tím dostanu výši jednotlivých možných úspor. U obnovy a renovace započítávám náklady na nový systém plus náklady na instalaci. Další

možností může být například vyčíslení nákladů na životní cyklus.

Menší obce mohou mít problém stanovit náklady na údržbu, kde je složité určit výchozí stav a předpokládané úspory. Finanční analýzu odvozují z nejnamáhanějšího prvku, který určuje životnost celého systému.

6.1 Stav v České republice

Ve správě obcí a měst bylo v roce 2017 zhruba 1,4 milionu svítidel [34]. Hodnota systému se odhaduje na zhruba 70 miliard korun. Rekonstrukce a provoz každoročně vyžadují zhruba jednu miliardu, reálně je investováno zhruba 600 milionů Kč. Obecně lze říct, že investicím do nových technologií a plánováním můžeme mít návratnost 4 - 6 let v závislosti na počáteční situaci.

Stav veřejného osvětlení v mnoha obcích ČR je v posledních letech nedostatečný. Bohužel často snahy o rekonstrukci a obnovu světelné soustavy končí kvůli nedostatku finančních prostředků. Osvětlení není jen o svítidlech, ale většinou je třeba také opravit napájecí rozvody nebo například stožáry veřejného osvětlení.

Ve stávající síti je většinou instalovaná stále ještě sodíková výbojka, někde lze najít ještě starší zdroje světla. Rekonstrukce či realizace nového systému veřejného osvětlení je rozhodnutí na více než 20 let. Dnes se životnost osvětlovacích soustav udává řádově okolo 30 let. Také se jedná o poměrně velkou investici. Je možné vyměnit pouze zdroj za novější (sloupy a kabely nechat původní), což také přináší úsporu. Municipality mohou využít finančních prostředků z různých fondů a grantů, ale musí také aktivně vyhledávat i finance mimo stát.

6.2 Finanční podpora

Prvním podporovaným projektem byl projekt E-Street (2006 - 2008), kterého se účastnilo 12 zemí a 13 organizací, podílející se na vývoji pouličního osvětlení. Díky tomuto projektu byly přesně definovány standardy CIE zmíněné výše a smlouvy EPC, kterým se budu věnovat dále. V Oslu byl instalován pilotní provoz inteligentního systému. V letech 2010 - 2013 byl realizován projekt ESOLI pro energeticky úsporné venkovní osvětlení. Rozpočet projektu byl téměř 2,2 milionu Eur, z toho 1,58 milionu

Eur bylo z evropských dotací [35].

Ministerstvo průmyslu a obchodu podporuje program EFEKT, kde je možné čerpat dotace na renovaci veřejného osvětlení. Jedná se o státní dotační program na podporu úspor energie. Z programu je možné čerpat dotace v období 2017 – 2021. Hlavními kritérii jsou především podíl uspořené energie na celkové spotřebě, podíl nákladů na úsporu, reálná doba návratnosti a výdaje vztažené k jednomu světelnému bodu. Například koncem roku 2017 byla vypsána výzva „Opatření ke snížení energetické náročnosti veřejného osvětlení 2018“, ze které bylo možné čerpat dotace na obnovu osvětlovacích soustav a také pořízení inteligentního řadiče [36]. Do obou těchto projektů se zapojila i česká společnost ELTODO.

Český program EFEKT je jeden z mála podpůrných programů, ale stále nemůžeme mluvit o fondu pouze pro veřejné osvětlení. Přitom se nejedná pouze o velké investice, na které obce nemají, ale také o jedny z nejrychleji návratných investic v rámci úspor elektrické energie. Problémem podpory ze strany Evropské unie jsou velké rozdíly ve finančních situacích a cenách energie pro každou zemi. Je obtížné nalézt systém, který lze použít v celé Evropě.

Energetické společnosti se taktéž začaly angažovat v možné pomoci obcím. Například ČEZ nabízí rekonstrukci osvětlení, případně i odkoupení celého systému a jeho provozování. Tímto způsobem již modernizovali osvětlení na 80 místech, většinou právě v menších obcích a městech [19].

Obce na některé granty nemohou dosáhnout. Výhodné nabídky většinou nabízejí poloviční řešení, kdy je výsledek neúplný nebo nekvalitní, případně nabídky podvodných společností. Jednou z nich byla iniciativa Energie pod kontrolou, která slibovala obcím finanční podporu a správu soustav veřejného osvětlení. Projekt byl podporován místními politiky ve volbách v roce 2014 a měl snížit náklady na energii. Po sérii malých problémů na instalacích převedla iniciativa odběrná místa jednotlivých obcí na novou společnost s nevýhodnou smlouvou pro obce. V září 2017 bylo ukončeno vyšetřování celé kauzy s výsledkem zpronevěřených 47 milionů Kč [37].

6.3 Přenesená správa

Vysoké vstupní investice bývají překážkou v instalaci moderního veřejného osvětlení. Malé obce nedisponují dostatečným kapitálem k rekonstrukci soustavy. Jedna z možností financování je tzv. smlouva EPC, kterou podrobně vymezil projekt E-Street. Energy performance contracting (EPC) je smlouva mezi obcí a společností poskytující komplexní energetický servis (ESCO = Energy Service Company, například ČEZ). Tato smlouva umožňuje přenesenou správu světelné soustavy, dodavatel hradí celou investici a obce ji poté splácí až z dosažených úspor. Je tedy možné modernizovat s garantovanou úsporou a bez vstupních investic. Po vypršení smlouvy se správa vrací do rukou obcím [38].

Primárním cílem je zvýšit účinnost distribuované energie, snížit dopad na životní prostředí a modernizovat elektrické zařízení. Hlavní výhodou tohoto postupu je záruka výsledku, minimalizace rizik a realizace kompletního řešení jednou firmou. Návrhová doba návratnosti takovéto investice je zhruba 10 let. Výhodnost využití této metody není 100 %. Vždy musí být provedena počáteční analýza. Je možné, že se vyplatí renovovat touto metodou například pouze část osvětlení obce. Pomocí metody EPC obnovily své soustavy VO například města Moravská Třebová, Litomyšl nebo Nymburk.

6.4 Cena veřejného osvětlení v České republice

V České republice počítáme průměrnou dobu svícení zhruba na 4 000 hod/rok. Při příkonu jednoho konvenčního světelného bodu 120 W mluvíme o 480 kWh/rok na jeden světelný bod [39]. LED svítidlo má příkon okolo 25 W, tudíž mluvíme o 100 kWh/rok. Cena elektrické energie pro veřejné osvětlení se uvádí průměrně 2 Kč/kWh. Hodnoty jsou zobrazené v tabulce níže (Tabulka 6.1). Hrubým výpočtem při zanedbání možných roztečí světelných zdrojů vyplývá, že ročně je jedno světelné místo osazené zdrojem LED zhruba o 760 Kč levnější než sodíková výbojka.

Údaje v tabulce jsou z roku 2013. Od té doby se situace změnila. Dnes je možné pořídit LED svítidlo již od 4 000 Kč, naopak cena sodíkové výbojky postupem času stoupala. Dokud byla sodíková výbojka v prodeji, její cena se vyšplhala až k 6 000 Kč.

Průměrná cena obnovy jednoho světelného bodu je 50 000 Kč. Je vhodné uvažovat cenu

Tabulka 6.1: Porovnání finanční náročnosti světelných zdrojů

	Vysokotlaká sodíková výbojka	LED svítidlo
Průměrný příkon	120 W	25 W
Roční spotřeba	480 kWh	100 kWh
Roční provoz	960 Kč	200 Kč
Průměrná pořizovací cena	4 000 Kč	12 000 Kč

samotného svítidla, ale také stožáru, rozvodů a dalších prvků. Při instalaci chytrého osvětlení je potřeba mít také chytré řídicí jednotky, rozvaděče, kde můžeme počítat s cenou cca 150 000 Kč/ks. V rozpočtu malé obce je na veřejné osvětlení na rok vyčleněno zhruba 100 000 Kč. Při předpokladu 125 – 150 světelnými místy tak může kompletní rekonstrukce stát obec odhadem 5 000 000 Kč [31].

Pokud vyčísluji roční náklady na jedno světelné místo, měla bych uvažovat cca 1 000 Kč na údržbu, 1 000 Kč na spotřebu energie a 1 000 Kč na pravidelnou obnovu. Je to tedy cca 3 000 Kč na jedno světelné místo na rok [2]. Menší obce mají průměrně 100 – 200 svítidel.

6.5 Modernizované soustavy veřejného osvětlení

V některých světových metropolích jsou již instalovány inteligentní světelné soustavy. Na základě těchto pilotních projektů je možné demonstrovat případné úspory elektrické energie i finančních prostředků plynoucí z modernizace osvětlovací soustavy.

Například New York nahradil 250 000 pouličních světel LED diodami a očekává úsporu 6 000 000 \$ ročně a dalších 8 000 000 \$ úsporu za údržbu. Cambridge bylo jedno z prvních měst v USA, které vyměnilo sodíkové výbojky v ulicích za LED. Díky bezdrátovým prvkům monitorují spotřebu energie a světla mohou být tlumena odlišně dle frekvence pohybu v oblasti. Dosáhli snížení zhruba 80 % spotřeby energie. [3]. V Los Angeles nahradili LED diodou zhruba 140 000 světelných bodů a docílili roční úspory 68 GWh (63 % energie) a 10 000 000 \$ [15].

Na Slovensku vytvořili zdroje pro čerpání fondů z Evropské unie. V posledních letech tak probíhá velká revitalizace, do které se zapojilo cca 300 měst a obcí. Například město Čadca se stalo prvním ve střední Evropě, které je kompletně osazené LED osvětlením [40].

V České republice zatím neexistuje větší projekt s inteligentním osvětlením. Menší obce začínají obnovy soustav výměnou konvenčních zdrojů za LED. Například v jihočeské obci Dírná nahradili osvětlení na hlavním náměstí s návratností do 7 let pomocí EPC. Před rekonstrukcí byla roční spotřeba 1950 €/rok, nyní je 600 €/rok. Podobnou instalaci zvolila také obec Trhové Sviny (předtím roční spotřeba 1630 €, nyní 540 €) [41].

6.6 Další možnosti úspor

Úspora přichází také s jednotnou instalací stejného systému a stejných typů svítidel v celém městě. Většina společností již vyrábí svítidla, u kterých je možná montáž bez speciálního nářadí. Díky jednodušnosti systému není potřeba, aby měla servisní četa velké zásoby různých typů součástí.

Neméně podstatný by měl být ve finančním hledisku také názor veřejnosti. Jak jsem již zmínila, jedná se o vysokou investici z městských finančních prostředků. I proto je třeba určit, co a jak přesně je potřeba inovovat a vyměnit. Ve starém centru města není žádoucí mít bílé LED světlo. Pouliční osvětlení musí odrážet stav techniky dnes, ale i za 10 let. Je žádoucí, aby byl tento koncept přijat kladně obyvateli města, kteří v něm žijí.

Kapitola 7

Obnova veřejného osvětlení v malých obcích

Jak jsem již zmínila v předchozí kapitole, dnes je stav veřejného osvětlení především v menších obcích a městech špatný a jeho náprava je velmi nákladná. Obce zanedbaly údržbu a pravidelnou obnovu, mnohdy si situace žádá velkou jednorázovou investici. Instalace inteligentních technologií, například pro řízení dopravy, je dnes běžná praxe. Stejně jako tyto systémy, i systémy pouličního osvětlení se vyvíjí převážně pro velká města. Rozdíl mezi tím, co je žádané ve městě a v menší obci je přitom značný. Ve městech se řeší kongesce, znečištění ovzduší nebo parkování. V menších obcích řeší problémy mobility, nedostatečné infrastruktury a finanční úspory.

Instalaci chytrého veřejného osvětlení ale neřeší pouze evropská města. Například v Indii stále žije většina obyvatel ve venkovských oblastech. Vzhledem k velikosti země musí řešit nedostatečnou konektivitu obcí, ale také nekvalitní infrastrukturu, včetně té pro pouliční osvětlení. V Indii jsou horské oblasti, kde obce vůbec nemají veřejné osvětlení. Jeho instalace pak může zvýšit životní úroveň obyvatel. V těchto místech zkouší solárně napájený systém, kdy svítidla v sobě mají baterii na ukládání energie. Spínání osvětlení je řízeno dle slunečního svitu detekovaným solárním senzorem. Kvůli klimatickým jevům (záplavy, monzunové deště) a geografickým podmínkám není možné zavést elektrickou síť do všech oblastí.

Pro instalaci solárního napájení je ve většině případů potřeba externí baterie, do které se bude energie ukládat během dne. Evropská síť na tento systém není

budována. Zároveň je solární napájení přímo závislé na slunečním svitu, který není v našich podmínkách vždy dostatečný. Soustava by tak musela být napájena solárně a pro případ potřeby také připojena ze sítě. Svítidla jsou tím pádem také dražší. V evropských zemích zatím není tato možnost ekonomicky výhodná a nebudu se jí dále zabývat.

7.1 Konceptní řešení

Obnova veřejného osvětlení by se měla řešit koncepčně. Při jejím plánování by nás nemělo zajímat pouze finanční a ekonomické hledisko, veřejné osvětlení určuje noční podobu města. Je třeba předem naplánovat, jak by se mělo osvětlení spravovat, obnovovat a rozšiřovat. Nezbytné je uvažovat dopravní hledisko, ale také například architektonický význam, umístění sídla v krajině, významnost obce a jejích komunikací. V koncepci by mělo být jasně definováno, co se od systému očekává, jaké jsou požadavky a parametry. Nemělo by se stát, že projekt skončí instalací chytrých svítidel a řídicí jednotky bez dalšího pokročilého využití. Pokud systém nebude mít promyšlený budoucí management a správu, velmi pravděpodobně to povede pouze ke zvýšení provozních nákladů a nevyužití všech funkcí.

Všeobecně se při obnově veřejného osvětlení bavíme o několika následných krocích, ve kterých postupně zmapujeme aktuální stav. Na jeho základě navrhujeme inteligentní řešení, které bude vyhovovat dané situaci. Pokud obec nemá hotový pasport, měl být realizován na začátku celé obnovy.

Prvním krokem je analýza stávajícího stavu. Jde o souhrn mapových a dálkových pohledů, dokumentace vnitřní struktury města, identifikaci důležitých staveb a dopravních vztahů a podobných úkonů.

Základní plán veřejného osvětlení neboli generel, je studie charakterizující úroveň nočního osvětlení. Definuje parametry osvětlení a slouží jako podklad pro návazné dokumenty. Tento plán má analytickou a návrhovou část. V analytické části by měla být zdůrazněna část obnovy, která je zásadní.

Dokument se opírá o výpočty s reálnými parametry dané komunikace dle norem (již známé rozteče svítidel, šířka komunikace,...). Jako první dochází k zatřídění komunikace, následují světelné výpočty. Zde se řeší historický vývoj města s ohledem

na funkční využití komunikací a možné budoucí prognózy a vývoje. Dokument je tvořen pro delší časový horizont, zhruba 20 let.

Plán obnovy a modernizace je technicko-ekonomická studie. Zde je jasně definované, jaká technologie a jaké opatření se použijí v daném místě. Popsané jsou jednotlivé kroky pro zlepšení soustavy veřejného osvětlení (například výměna zdrojů světla, technologie vypnutí a regulace, ...), výběr technologie, časový rozpis realizace a její finanční náročnost, a odhadované úspory.

V první části je zhodnocení stávajícího stavu a jeho výpočty. Zde je také potřeba udělat analýzu energetické náročnosti a provozních a investičních nákladů. Na základě pasportu zohledňujeme požadavky obce vzhledem k jejím finančním možnostem. V druhé části dochází k mapování budoucích možností, které jsou uvedeny v Základním plánu veřejného osvětlení. Je třeba provést výpočty nákladů na rekonstrukci a úspor. Poté se vybere nejlepší řešení vzhledem k zadaným kritériím.

Na závěr je třeba realizovat projektovou dokumentaci. Kvůli rychlému technickému vývoji je tento dokument tvořen zhruba na 5 let.

Již z papírového projektu by mohlo být zřejmé, jak moc výhodná bude obnova dané soustavy. Například zda bude požadované zatřídění komunikace rozdílné od reálného zatřídění. Dalším ukazatelem může být energetická analýza stávajícího stavu a nově navrhované soustavy.

Projekt obnovy veřejného osvětlení lze jednoduše vyhodnotit. Ať je již diskutována finanční stránka (úspora energie, úspora servisu, doba návratnosti, ...), nebo neekonomické hledisko jako snížení dopadu na životní prostředí nebo eliminace rušivého světla.

7.2 Řešení pro malé obce

Energetický management je jeden z nejnáročnějších v obci, ale hraje důležitou roli. V roce 2014 bylo téměř 50 % osvětlení obcí opraveno málo, nebo vůbec [42]. Osvětlení by mělo být jednou z prvních investic v obci. Když není úsporné, může zasahovat až do 40 % rozpočtu obce [15]. Osvětlení staré 30 let může být stavěné pro jiné účely, než pro které slouží dnes (například pro dříve frekventovanou komunikaci již dnes nemusí být potřeba tak silné).

Zatím se většina výzkumů věnovala inteligentnímu osvětlení ve městech. Instalace inteligentního, adaptivního osvětlení na hlavních komunikacích pozbývá smyslu. Zde je intenzita po většinu pracovních hodin svítidla natolik vysoká, že se stmívání jako takové nevyplatí. Snížení spotřeby energie bude významné ve venkovských a obytných částech, ale na hlavních komunikacích s vysokou noční intenzitou bude pravděpodobně zanedbatelné, ne-li vyšší. V odkazu na normu ČSN 13 201 je inteligentní osvětlení vhodné pro třídy komunikací P a nižší podtřídu M.

Většina systémů pouličního osvětlení dnes neumí komunikovat. Pokud se bavíme o inteligentním osvětlení, je třeba udělat více, než jen vyměnit konvenční zdroje světla za LED. Návrh nové soustavy je založen na tabulkových hodnotách normy 13 201. Vždy systém navrhujeme pro maximální možnou hodnotu, která může nastat (intenzita vozidel a chodců, okolní jas). Pokud jsou některé parametry neznámé, používají se předpokládané údaje. Tím může dojít k předimenzování a po spuštění systému je třeba tyto hodnoty kompenzovat.

V prvé řadě je třeba určit, v jaké oblasti obce bude instalována nová soustava veřejného osvětlení. Zda se jedná o průjezdnou hlavní komunikaci, či zda se bavíme o obytných čtvrtích, kde není provoz tak silný. Město bývá typicky rozděleno do několika zón, které jasněji definují, pro jaké účely prostory slouží (centrum, obytné čtvrti, průmyslové zóny, parky, ...). U menších obcí již nemusí být toto rozdělení zřetelné a vždy je třeba zjistit reálnou situaci.

7.2.1 Inteligentní vybavení soustavy

Hlavní otázkou tedy je, co vše by mělo umět inteligentní osvětlení v menších obcích. Jak jsem již uvedla dříve, nedomnívám se, že by bylo reálné tlumit osvětlení na základě detekce pohybu. Pokud vůbec, tak preferuji variantu tlumení na dvě až tři možné hladiny osvětlení, přičemž hodnota nejnižší tlumené hladiny by neměla jít pod 25 %. Při svícení na 100 % je adaptace oka prakticky neohrožena, ale při ztlumeném světle na 50 a 25 % se, především na mokřém povrchu, začíná akomodace oka měnit. Při tlumení na 25 % také vzrůstá pocit nebezpečí uživatelů komunikace, především chodců [43].

Pokud bychom přece jen chtěli tlumit osvětlení na základě pohybu, je třeba předem definovat, zda má být osvětlení zaměřeno na pěší uživatele komunikace nebo na vozidla.

Vozidla mají dle zákona povinnost svítit svými vlastními světly. Je ale také možné, že detekcí a zvýšením jasu v reakci na chodce okolo něj vytvoříme zmíněné světelné ostrůvky, které jsou nebezpečné pro řidiče.

V menších obcích, přibližně okolo 1 000 obyvatel, nepředpokládám, že budou instalované sofistikovanější dopravní systémy. Musíme vždy uvažovat požadavky na danou komunikaci. Pravděpodobně zde nebude žádaný kamerový dohled, systém rozpoznání obličejů ani další podobné systémy. Je ale možné, že bude žádaný například systém měření úsekové rychlosti, který je již možný napojit na soustavu veřejného osvětlení. Stejně tak intenzita dopravy či detekce nákladních vozidel může být praktickým ukazatelem.

Užitečné může být například osazení každého světelného bodu unikátním QR kódem, který obsahuje technické informace o svítidle. Tím bychom výrazně zjednodušili hlášení poruch, ale také servis. Toto řešení začala v druhé polovině roku 2018 dodávat jako standardní součást objednávky společnost Siteco. Stejně tak se domnívám, že měření exhalací a kvality ovzduší je možné využít i v menších obcích.

V menších obcích naopak v blízké době neočekávám velké rozšíření elektrických dopravních prostředků, a i vzhledem k nutné úpravě napájení celého systému nejspíš nebude tento doplněk žádaný.

Na posouzení každé obce pak zůstává, zda potřebují instalaci parkovacích systémů, případně dalších podpůrných senzorů. Obdobně tomu bude s možností využití infrastruktury veřejného osvětlení pro šíření bezdrátové sítě WiFi.

Vzdálená správa se mi jeví jako velmi užitečný nástroj pro představitele malých obcí. Je tak možné sledovat funkčnost celé soustavy, spotřeby elektrické energie nebo otevírání rozvaděče v reálném čase. Není potřeba obsluhovat každý světelný bod zvlášť. Při instalaci inteligentní řídicí jednotky je již optimální nastavení a inteligence zabudována přímo v ní.

7.2.2 Zatřídění komunikace

Pro zatřídění komunikace je mimo jiné potřeba určit, kdo je uživatelem dané komunikace, zda se na ní pohybují ve větších intenzitách i cyklisté nebo pěší, případně zda se vyskytují zaparkovaná vozidla.

Zatřídění probíhá na základě podmínek definovaných normou ČSN 13 201 a její úpravou z roku 2016. Probíhá většinou pomocí softwaru. Třída je určena pomocí nejhoršího možného stavu svítidla. Celý výpočet projektujeme na úroveň svítidla (nikoliv výložníku, ten může být posunut vlivem kabelového vedení a tím by se musel výpočet měnit). Uvažujeme rovný úsek mezi čtyřmi světelnými body, měříme poté mezi 2. a 3. svítidlem (zde je situace nejméně ovlivněna okolím). Pomocí jasové kamery měříme 60 metrů před prvním svítidlem úroveň jasu. Na základě zadaných hodnot software vypočítá danou třídu komunikace.

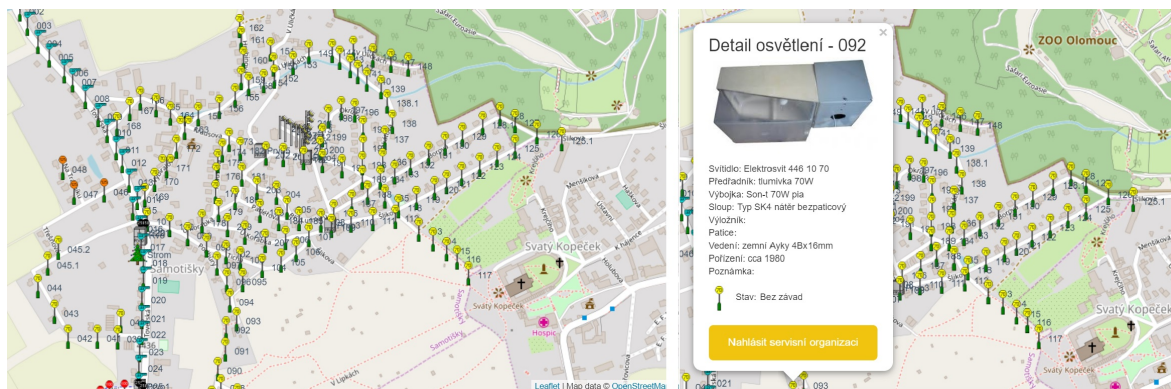
Křížovatkové úseky a zatačky doplňuje ČSN 36 0455, kde jsou uvedeny převodní tabulky pro tato místa. Ve většině případů dochází k rozdílnému určení kategorie oproti rovnému úseku. Pro vykompenzování tohoto rozdílu se zužuje rozteč mezi jednotlivými světelnými body v kritickém místě.

7.2.3 Uživatelská aplikace

Vedení obcí by mělo mít možnost kontrolovat stav soustavy veřejného osvětlení. K tomu by sloužila uživatelská webová aplikace. Hlavním cílem je možnost kontroly soustavy. Aplikace je zpřístupněna online skrze webovou stránku, není tak nutná instalace ovládacích prvků do mobilního telefonu či tabletu. To také umožní přístup z kteréhokoliv zařízení připojeného na internet.

Po přihlášení se objeví mapa s přehledem všech světelných míst, která jsou barevně odlišena dle svého aktuálního stavu (svítí / nesvítí / nesvítí a má svítit). Dále je možné zobrazit historická data nebo například výpočet prognózy budoucích stavů. Vše se zobrazí v tabulkovém i grafickém formátu. Ideální je možnost exportu do tabulkové databáze, případně do pdf.

Pro přihlášení budou definované role podle kompetencí uživatele. Například role hosta umožní zobrazení stavů a údajů, ale není možné provádět jakékoliv změny. Naproti tomu operátor může měnit jednotlivé stavy svítidel a správce má neomezený přístup. Aplikace by také mohla umožňovat obyvatelům hlásit online poruchy přes mapový portál. Podobný formát zvolila například firma Phillips, která má několik instalací v oblasti Olomoucka (viz Obrázek 7.1).



Obrázek 7.1: Mapa veřejného osvětlení Svatý Kopeček od společnosti Phillips, vpravo detail jednoho světelného místa [44]

7.3 Obec Ptice

Obec Ptice leží ve Středočeském kraji v okrese Praha Západ. Od hlavního města ji dělí zhruba 20 km. Úředně spadá pod obec s rozšířenou působností Černošice. Pod správou Ptice spadá osada Dolní Podkozí ležící v údolí Loděnického potoka, 4 km západně od Ptice.

Ptice historicky vznikaly podél obchodní cesty spojující Kladno a Hořelice, ležící poblíž dnešní Rudné. Odtud vedla hlavní komunikace Praha – Plzeň. Historicky byla obec rozdělena na dvě části, Horní a Dolní Ptice (viz mapa Obrázek 7.2), i proto se zde dodnes nachází dva obchody a dva rybníky. V obci se nenachází základní škola, spadá pod školu v Úhonicích. V roce 2015 zde byla postavena mateřská školka. K 1. 1. 2017 žilo v obci 793 obyvatel [45].



Obrázek 7.2: Historická mapa obce Ptice [46]

Pticemi vede silnice II/101 z Kladna a Unhoště a dále pokračuje na Rudnou a Radotín.

V minulosti byla přes Ptice vedena autobusová doprava do Kladna, Berouna a do Prahy. Dnes se zde nachází dvě zastávky (Ptice a Ptice, křižovatka) příměstské autobusové dopravy č. 307 vedené trasou z Prahy Zličín do Unhoště. Autobus jezdí ve špičkových hodinách pracovních dní třikrát za hodinu, o víkendu pak každé dvě hodiny.

7.3.1 Zatřídění komunikací podle intenzit

Z celostátního sčítání dopravy z roku 2010 a 2016 vyplývá, že hlavní silnice procházející obcí (II/101) má klesající tendenci využití (viz Tabulka 7.1). To může být způsobeno dostavbou dálnice D6 směrem na Karlovy Vary, která se návazně napojuje na Pražský obchvat v blízkosti plzeňské dálnice D5. Z uvedených intenzit lze vyvozovat zatřídění komunikace.

Tabulka 7.1: Tabulka intenzit silnice II/101 [47]

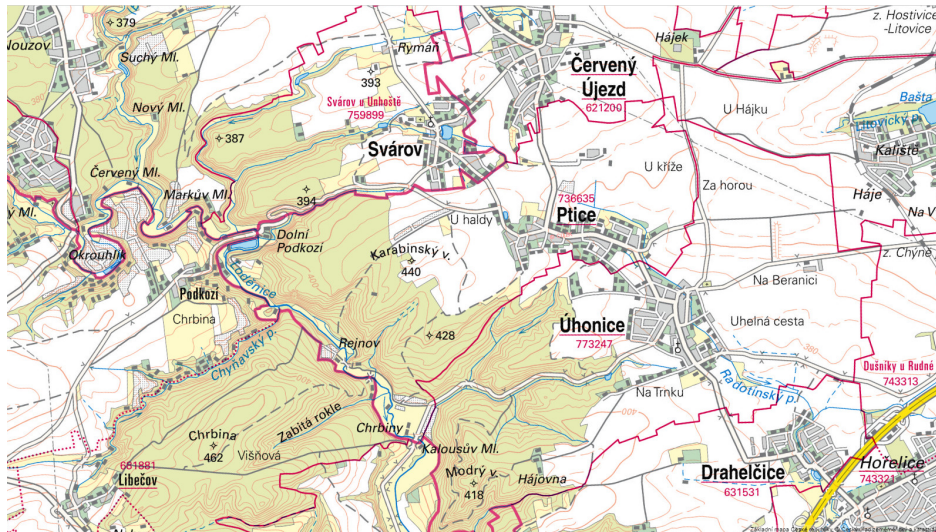
	rok 2010	rok 2016
Roční průměr intenzit přes den (06-18) [voz/den]	3861	3145
Roční průměr intenzit večer (18-22) [voz/den]	575	486
Roční průměr intenzit přes noc (22-06) [voz/den]	436	293

V obci není vybudován chodník pro pěší podél celé délky hlavní komunikace. Místy vede chodník po jedné straně. Dá se očekávat provoz osobních automobilů, nákladních a zemědělských vozidel, cyklistů i pěších.

Obec na základě modernizace zpřístupnila online mapový portál, kde je možné prohlížet mapu obce, katastrální mapy a další možnosti (Obrázek 7.3). Je zde také zobrazeno zařazení komunikací do tříd zimní údržby. Dnes je možné najít na mapách i infrastrukturu elektrického vedení. V budoucnu chtějí mapový podklad rozšířit o lampy veřejného osvětlení.

7.3.2 Rekonstrukce veřejného osvětlení

V srpnu roku 2015 byla podepsána smlouva s firmou Siemens s.r.o. na *Rekonstrukci a vybudování nového veřejného osvětlení na vybraných komunikacích obce Ptice*. Práce zahájené počátkem září 2015 měly být hotové nejpozději na konci roku 2016 v celkové hodnotě 3 538 860 Kč včetně DPH. V této ceně byly zahrnuty veškeré náklady na projekt (vlastní veřejné osvětlení, odvoz a likvidace odpadů, zábor veřejného



Obrázek 7.3: Geografická mapa obce Ptice, čerpáno z Mapového portálu obce [46]

prostranství, zapůjčení dopravních značek, úklid místa realizace, geodetické práce, projektové dokumentace realizačního a skutečného provedení atp). Celý projekt byl zaměřen na rekonstrukci ulice Hlavní, která je páteřní komunikací obce, a dále na několik vybraných vedlejších komunikací.

Hlavními cíli projektu byla nová soustava veřejného osvětlení na hlavních komunikacích a v rezidenčních oblastech, zvýšení bezpečnosti v obci a úspora nákladů za provoz a údržbu. Došlo k instalaci osvětlení s moderním řídicím systémem a bylo zprovozněno webové rozhraní umožňující kontrolu soustavy. Je možné zobrazit přehled rozvaděčů, ale také detailní informace o jednotlivých místech. Aplikace zobrazuje historická data, která se uchovávají na serveru.

7.3.3 Situace před rekonstrukcí

Původně bylo veřejné osvětlení instalováno ve výšce 6 nebo 8 metrů v nepravidelných roztečích. Docházelo tak k nerovnoměrnému nasvětlení a vznikaly světelné stíny. Stáří sodíkových svítidel bylo přes 25 let. Vedlejší komunikace byly osvětleny buď původním osvětlením se stářím přes 20 let, nebo v nových rezidenčních oblastech osvětlením vzniklým zhruba do 10 let. Nově vzniklé komunikace byly nasvíceny rovnoměrně, ve staré zástavbě osvětlení vůbec nebylo instalováno, případně nesplňovalo dané požadavky norem.

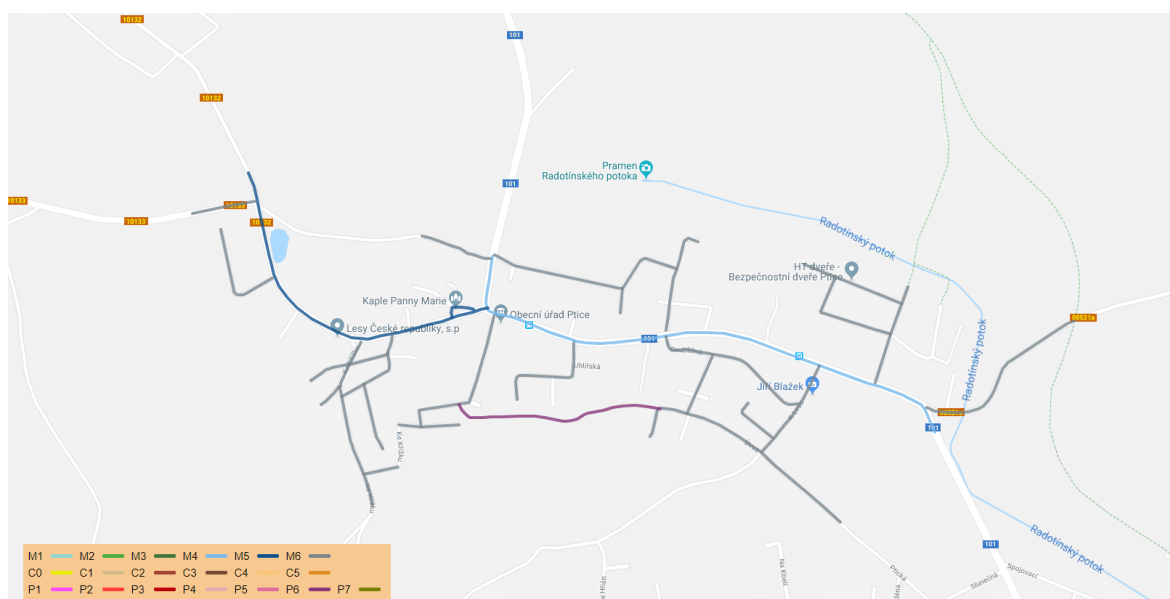
Celkový příkon soustavy včetně ztrát na předřadnicích byl 14,2 kW a výkon soustavy

11,4 kW. Soustava byla spouštěna soumrakovým senzorem, který detekuje světelné podmínky a zapíná soustavu veřejného osvětlení. Před rekonstrukcí bylo v obci celkem 181 světelných bodů a 4 rozvaděče.

Ulice Hlavní je průjezdnou komunikací, vyskytují se zde převážně motorová vozidla, případně pomalá vozidla nebo cyklisté. Typická rychlost je mezi 30 a 60 km/hod, můžou se zde vyskytovat chodci. Komunikace není směrově rozdělená. Nachází se zde více kritických oblastí (křižovatek). Denní intenzita provozu je mezi 800 a 1 000 vozidel. Na komunikaci parkují vozidla. Velmi podobnou charakteristiku mají i vedlejší komunikace směrem na Svárov (ulice K Jezírku), kde je rozdíl v denní intenzitě zhruba 200 – 300 vozidel [48].

7.3.4 Situace po rekonstrukci

V obci došlo k rekonstrukci osvětlení v ulici Hlavní, K Jezírku a Ke Křížku. Páteřní komunikace Hlavní byla projektem začleněna do třídy ME4b (starší verze označení dle původní normy ČSN EN 13 201). Vybrané vedlejší komunikace spadaly do tříd ME5 a ME6 (Obrázek 7.4). Skrze webovou aplikaci jsem provedla přepočítání zatřídění komunikací dle aktuální normy, rozdílné výsledky zobrazuje Tabulka 7.2. Díky aplikaci bylo možné i mapové zobrazení jednotlivých zatřídění.



Obrázek 7.4: Zatřídění komunikací v obci Ptice pomocí webové aplikace Actispro Light s.r.o.

Byla vyměněna sodíková svítidla za LED svítidla od společnosti Siteco SL30 mini, respektive SL10 mini. Došlo také k výměně zemní kabeláže a některých stožárů. Byla provedena výstavba nového osvětlení na pěší komunikaci spojující ulice Za Úřadem a Úvoz. Stávající kabeláž byla zastaralá a poruchová. Nová soustava slibuje energetickou úsporu a úsporu v údržbě.

Oproti původnímu projektu došlo také k rekonstrukci ulice K Lesu a osvětlení parku a ulice Úvoz. V projektu byla doporučována výměna stožárů ČEZ, ke které nakonec nedošlo, a tak je část osvětlení instalována na tyto starší stožáry.

Jelikož je v obci zaveden plyn, nebylo místy možné vést kabeláž pod zemí. Bylo tak nutné vybudovat vrchní vedení tam, kde hrozilo položení kabeláže veřejného osvětlení blízko plynového potrubí.

Došlo k výměně čtyř rozvaděčů. Stávající nevyhovující rozvaděče byly nahrazeny inteligentními rozvaděči IQPoint, které v sobě mají integrovaný řídicí systém a umožňují zálohu dat na cloud. Rozvaděč umožňuje měření spotřebované energie, rozdělení na jednotlivé okruhy a právě přídatné doplňkové funkce (stmívání, monitoring, vzdálená správa,...).

Soustava byla spouštěna soumrakovým senzorem, který detekoval světelné podmínky a zapínal soustavu veřejného osvětlení. V důsledku toho docházelo ke spínání o zhruba 30 minut dříve, než bylo potřebné. Při nahrazení spínače astrohodinami s naprogramovaným časovým spínáním došlo k hospodárnějšímu provozu.

Nyní se v obci nachází i pátý rozvaděč, na něž je napojené veřejné osvětlení Za Úřadem. Tento rozvaděč je od firmy DCK Holoubkov, je jednodušší, bez inteligence a spíná osvětlení pomocí fotobuňky. Rozdílné technické parametry jsou evidentní po otevření jednotlivých rozvaděčů (viz Obrázek 7.5 a Obrázek 7.6). Problémem tohoto spínání je možné ovlivnění zakrytí fotobuňky a tím zapnutí osvětlení i během dne.

Svítidla fungují ve dvou polohách intenzity svícení. Ve špičkových hodinách svítí na 100 %, mezi 00:00 a 05:00 se tlumí na 70 % své intenzity. Stmívání skrze pohybový senzor by bylo finančně náročné a pro malou obec nevyužitelné.

K výměně došlo zhruba u poloviny svítidel. Podle inventárních karet obec v minulých letech opravila nebo vyměnila téměř všechna svítidla. I proto nedošlo k úplné výměně. V roce 2016 také došlo k celkovému rozšíření světelné soustavy nejen na komunikaci Úvoz, ale také připojením nové zástavby (Tabulka 7.3).

Tabulka 7.2: Zatržení komunikace dle aktualizované normy

Parametr	Možnosti	Hodnota váhy	HODNOTY KOMUNIKACÍ					
			Hlavní	K Jezírku	Ke Křížku	Úvoz	K Lesu	
Cestovní rychlost	Velmi vysoká ($v \geq 100 \text{ km/hod}$)	3						
	Vysoká ($70 \text{ km/hod} < v < 100 \text{ km/hod}$)	2						
	Mírná ($40 \text{ km/hod} < v \leq 70 \text{ km/hod}$)	0						
	Nízká ($v \leq 40 \text{ km/hod}$)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Hustota provozu	Vysoká	1						
	Mírná	0	0					
	Nízká	-1						
Složení dopravního proudu	Smišený, vysoký podíl nemotorizovaných vozidel	2						
	Smišený	1	1	1				
	Pouze motorizovaná vozidla	0						
Oddělení jízdních směrů	Ne	1	1	1	1	1	1	1
	Ano	0						
Parkující vozidla	Ne	1	1	1	1	1	1	1
	Ano	0					0	
Jas okolí	Vysoký (výlohy, billboardy, sportovní hřiště)	1						
	Mírný (normální situace)	0	0	0	0			
	Nízký	-1					-1	-1
Navigace v okolí	Velmi těžká	2						
	Obtížná	1						
	Jednoduchá	0	0	0	0	0	0	0
Součet (VWS)			2	1	2	0	1	
Zatržení dle projektové dokumentace			ME4b	ME5	ME6	ME6	ME6	ME6
Zatržení dle aktuální verze normy ČSN EN 13 201			M4	M5	M6	M6	M6	M6



Obrázek 7.5: Rozvaděč Siemens



Obrázek 7.6: Rozvaděč DCK Holoubkov



Obrázek 7.7: Fotobuňka rozvaděče DCK Holoubkov

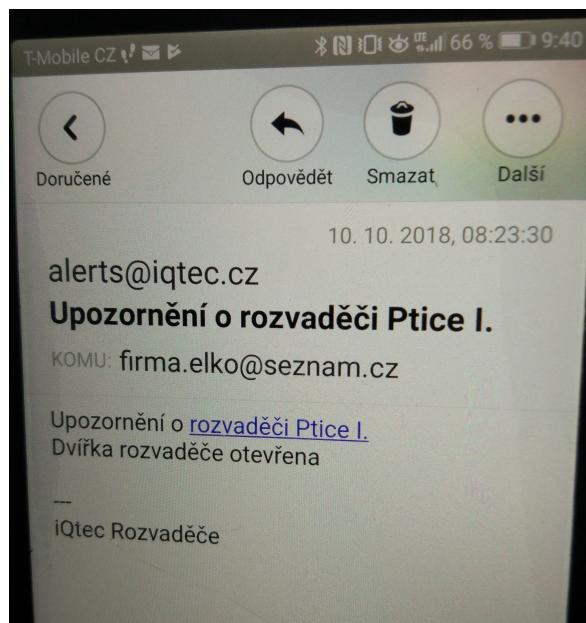
Tabulka 7.3: Stáří VO podle Inventárních karet

Název komunikace	Rok pořízení VO	Udávaná životnost
U Lesárny	08/2007	50 let
Za Jirotkou	05/2009	50 let
Jezírko	12/2013	40 let
Obecní park	12/2013	40 let
K Hájku	12/2013	40 let
U Větrolamu	07/2014	40 let
Ke Křížku, K Lesu, Hlavní, Souběžná	12/2016	40 let
Uhlířská, K Dráze, Úvoz, Vechtr, Jezírko	12/2016	40 let
Za Úřadem	01/2017	40 let

Díky vzdálené správě je možné kontrolovat provoz veřejného osvětlení online po přihlášení. Při poruše je možné zobrazit přímo jednotlivé svítidlo, které nesvítí a jednoduchou základní diagnostikou zjistit, v čem je nejspíše problém. Systém taky informuje o každém otevření rozvodné skříně pomocí emailu (viz Obrázek 7.8).

7.3.5 Spotřeba energie

Instalace nového osvětlení probíhala na hlavní komunikaci na podzim roku 2015 a to tak, že téměř tři měsíce na této komunikaci nefungovalo veřejné osvětlení. Z toho plyne výkyv a menší spotřeba za daný rok (viz Tabulka 7.4). Z této tabulky také vyplývá, že po instalaci v roce 2016 klesala roční spotřeba za veřejné osvětlení. Částky placené za veřejné osvětlení jsou zavádějící vzhledem k rostoucí ceně energií v průběhu let. Tabulka 7.5 přehledně zobrazuje spotřebu jednotlivých větví veřejného osvětlení. Jednotlivé výkyvy lze vysvětlit napojováním nových větví a rodinných domů,



Obrázek 7.8: Zpráva o otevření skříně rozvaděče

nebo také déle trvající zimou, což vedlo k delšímu a dřívějšímu sepnutí veřejného osvětlení. Faktury obecního úřadu za spotřebu energie a částka za spotřebovanou energii v závěrečném rozpočtu nikdy nebude stejná. Fakturace probíhá dle kalendářního roku, kdežto závěrečný rozpočet je uvažován včetně měsíce ledna následujícího roku.

Tabulka 7.4: Celková spotřeba VO

Rok	Roční spotřeba [MWh]	Roční platby za energie VO
2014	67,33	96 524 Kč
2015	37,82	70 271 Kč
2016	62,31	135 837 Kč
2017	60,89	131 484 Kč

7.3.6 Finanční kalkulace

V následující tabulce (Tabulka 7.6) jsou přehledně zobrazeny náklady na veřejné osvětlení dle závěrečných účtování obce. Pro rok 2018 jsou uvedeny údaje z první poloviny roku. V tabulce lze vidět nárůst nákladů v letech 2015 a 2016, kdy došlo k rozsáhlé rekonstrukci soustavy veřejného osvětlení. Pro vysvětlení, ve sloupci *Nákup ostatních služeb* může být zahrnuto například půjčení vysokozdvížné plošiny a dalších podpůrných služeb. Ve sloupci *Nezařazený materiál* jsou kupované výbojky, výměnné diody atp. V roce 2017 bylo k veřejnému osvětlení přiřazeno původně soukromé

Tabulka 7.5: Z faktur OÚ Ptice (fakturováno Centropol Energy a.s.)

Období	Fakturováno za VO	Kaplíčka			Spotřeba [MWh] za dané období			Jezírko	Celkem spotřeba [MWh]
		Horní Ptice	Střední Ptice	Dolní Ptice	Horní Ptice	Střední Ptice	Dolní Ptice		
1.1.2014-22.7.2014	46 234,60 Kč	0,022	8,577	17,479	12,883	5,782	44,743		
23.7.2014-21.7.2015	50 289,00 Kč	0,003	8,765	18,239	11,887	6,281	45,175		
22.7.2015-31.12.2015	45 126,31 Kč	0,002	4,045	4,333	4,042	2,807	15,229		
1.1.2016-26.7.2016	77 283,61 Kč	0,005	4,139	16,278	5,795	3,378	29,595		
27.7.1016-31.12.2016	58 553,35 Kč	0,004	4,091	10,345	15,508	2,766	32,714		
1.1.2017-12.7.2017	66 555,54 Kč	0,004	4,607	22,385	5,760	3,010	35,766		
13.7.2017-31.12.2017	64 928,19 Kč	0,005	4,321	12,557	5,416	2,824	25,123		
1.1.2018-10.7.2018	78 237,08 Kč	0,300	4,982	26,860	12,180	3,307	47,629		

osvětlení na komunikaci Za Úřadem a vystavena nová větev Za humny, což lze najít ve výdajích ve sloupci *Budovy, haly, stavby*.

V tabulce jsou výdaje na finanční ohodnocení opraváře uvedeny do roku 2016 v sloupci *Ostatní osobní výdaje*, od roku 2017 se tyto výdaje přesunuly do sloupce *Nákup ostatních služeb*. Tato změna musela být provedena kvůli změně typu pracovního vztahu mezi obcí a opravářem / firmou. Díky instalaci inteligentních rozvaděčů se snížily náklady na údržbu skrze vzdálenou správu. Do roku 2016 opravy sodíkových výbojek prováděl místní elektrikář. Nové osvětlení vyžaduje sofistikovanější opravy především z pohledu programování. Proto musela obec na opravy najmout soukromou firmu. Tím náklady na opravy vzrostly.

7.3.7 Zhodnocení rekonstrukce

Pro zlepšení této rekonstrukce bych navrhla přidání dalšího rozvaděče na jižní konec obce. V této lokalitě je rozestavěná nová zástavba, ke které bude také potřeba vést veřejné osvětlení. Dalším důvodem je přetížení rozvaděče na komunikaci Hlavní, kde nyní dochází k občasným výpadkům způsobených přetížením této větve. Na nový rozvaděč by také mohla být napojena komunikace K Dráze a K Višňovce.



Obrázek 7.9: Aktuální napojení jednotlivých větví VO v obci Ptice, včetně rozvaděčů

V závěru vyšel projekt rekonstrukce veřejného osvětlení na 3,1 mil Kč bez DPH. V porovnání s jinými projekty se jedná o nižší cenovou hladinu. K úsporám došlo především díky využití stávajících ČEZ stožárů. K energetickým úsporám díky instalaci LED svítidel došlo také. Kvůli špatnému původnímu osvětlení komunikace bylo potřeba přidat světelné body, čímž stoupla spotřeba elektrické energie. Obec tedy platí více za

Tabulka 7.6: Shrnutí finálních nákladů na veřejné osvětlení obce Ptice

Rok	Schválený rozpočet pro VO	Závěrečná částka za VO	Budovy, haly, stavby	Opravy, údržba	Ostatní služby	Elektrická energie	Nezařazený materiál	Ostatní výdaje	Drobný hmotný majetek
2011	162 000,00 Kč	132 487,00 Kč	-	-	-	115 529,00 Kč	458,00 Kč	16 500,00 Kč	-
2012	172 000,00 Kč	159 825,00 Kč	-	-	-	136 198,00 Kč	7 127,00 Kč	16 500,00 Kč	-
2013	172 000,00 Kč	518 092,90 Kč	363 484,00 Kč	-	-	129 194,90 Kč	8 914,00 Kč	16 500,00 Kč	-
2014	153 000,00 Kč	159 174,18 Kč	-	-	7 865,00 Kč	123 496,18 Kč	9 813,00 Kč	18 000,00 Kč	-
2015	200 000,00 Kč	2 603 593,61 Kč	2 445 787,61 Kč	-	-	125 980,00 Kč	7 897,00 Kč	18 000,00 Kč	5 929,00 Kč
2016	215 000,00 Kč	2 849 154,40 Kč	2 684 588,40 Kč	24 926,00 Kč	-	121 640,00 Kč	-	18 000,00 Kč	-
2017	260 000,00 Kč	781 573,16 Kč	489 077,16 Kč	101 676,30 Kč	30 250,00 Kč	151 442,00 Kč	9 127,70 Kč	-	-
2018 (1. pol)	300 000,00 Kč	-	-	40 000,00 Kč	40 000,00 Kč	89 842,08 Kč	-	-	-

spotřebu elektrické energie, ale k úsporám dochází v roční spotřebě MWh (viz tabulka 7.4 Celková spotřeba VO).

Při pohledu na závěrečné účty za veřejné osvětlení pro posledních sedm let je zřejmé, že celkové náklady na správu a údržbu veřejného osvětlení narůstají. V položce běžných výdajů je započítána spotřebovaná energie, údržba, opravy, materiál atp. Jedná se o provozní náklady spojené s veřejným osvětlením. Do položky kapitálové výdaje spadají investice a rekonstrukce. Jak lze vidět z tabulky, kapitálové výdaje v obci Ptice výrazně vzrostly s rekonstrukcí.

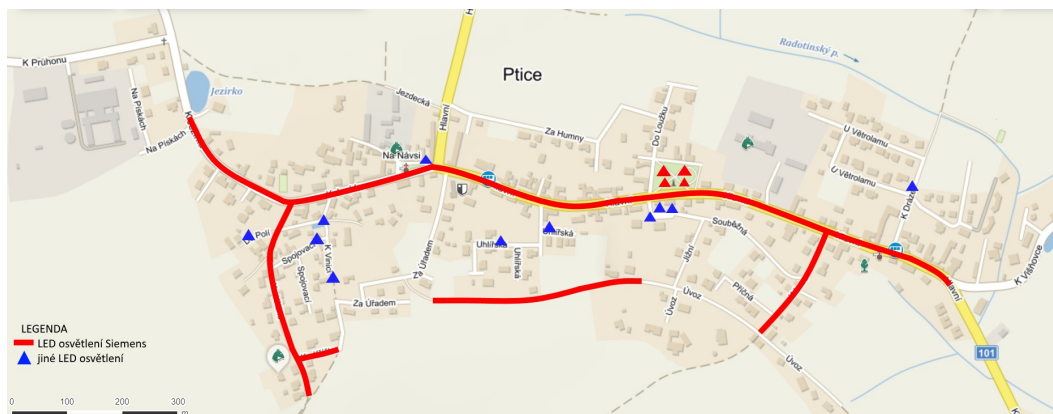
Také díky neustálému rozšiřování sítě veřejného osvětlení v obci se úspory spojené se zmíněnou rekonstrukcí nepromítnou do zúčtování obce tak, jak by se dalo očekávat. Od ukončení rekonstrukce v obci přibyly další čtyři osvětlené komunikace a nová výstavba stále pokračuje. V září roku 2018 bylo v obci 226 světelných bodů. V roce 2017 tedy jedno světelné místo stálo obec průměrně 803,8 Kč (670 Kč elektrická energie + 133,8 Kč opravy).

Výdaje v řádech milionů korun jsou velkým zásahem do obecního rozpočtu. Při znalosti ročního rozpočtu malé obce na veřejné osvětlení je zřejmé, že návratnost takového systému je v průběhu několika desetiletí. Předpokládám, že to bude hlavní problém, proč jiné obce k rekonstrukci veřejného osvětlení přistupují velmi zdrženlivě.

Obec se nyní každé opravované světelné místo pokouší osadit zdrojem LED. Zřídkakdy narazí na odpor občanů, kteří si nepřejí LED osvětlení před domem a žádají sodíkový zdroj. Obec Ptice bude žádat o grant na opravu veřejného osvětlení a nahrazení sodíkových zdrojů za žluté LED (pro zachování rázu obce). Již nyní se v obci nachází několik LED diod instalovaných mimo zmíněnou rekonstrukci (viz Obrázek 7.10). Tyto LED svítidla mají výkony 30 nebo 50 W. Z toho je možné usuzovat, že LED přináší obci zjednodušení ve formě oprav a údržby a také zmíněnou úsporu.

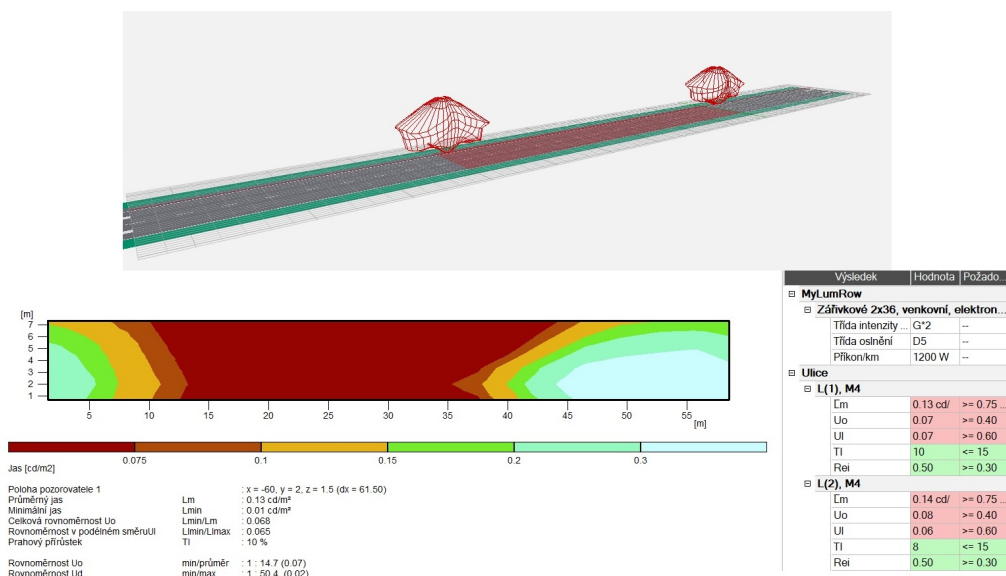
7.4 Příklady osvětlení v programu RELUX

V programu Relux jsem porovnála, na základě parametrů pozemních komunikací a v souladu s ČSN 13 201, několik druhů svítidel a scénářů, která by bylo možné využít pro osvětlení malé obce. Scénáře jsem zasadila na hlavní průtah obce, pro kategorii komunikace M4.

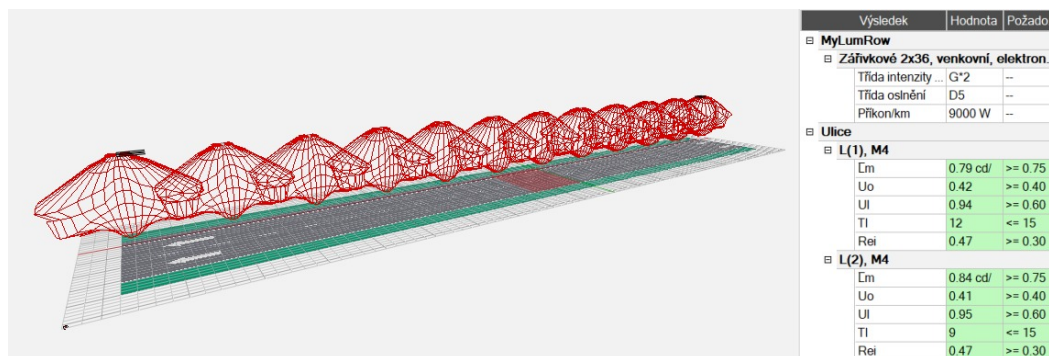


Obrázek 7.10: Stav VO v obci Ptice - rozmístění zdroje LED

První ze scénářů je osvětlení pomocí MODUS LV 236 (zářivkové 2x36, venkovní, elektronický předř.), které je velmi častým svítidlem v obcích. Svítidlo je osazeno zářivkovou trubicí. Světelné body mají rozteč průměrně 60 metrů a jsou ve výšce zhruba 8 metrů bez přesahu, příkon soustavy je v tu chvíli 1200 W/km (Obrázek 7.11). Taková situace je aktuálně v Úhonicích (viz následující kapitola). Při tomto rozmístění světelných bodů lze vidět, jak vznikají světelné ostrůvky, které pro řidiče vytváří nepříjemné přechody z tmy do světla. Aby toto svítidlo vyhovovalo ČSN v parametrech dané komunikace, měla by mít světelná soustava rozteč 8 metrů s příkonem minimálně 9000 W/km (Obrázek 7.12). Taková rozteč je v praxi nepoužitelná (běžná rozteč začíná na 30 metrech). Znamenalo by to přidat téměř sedmkrát víc světla než je nyní.



Obrázek 7.11: Svítidlo MODUS - stav v obci Úhonic



Obrázek 7.12: Svítidlo MODUS - vyhovující stav normě ČSN 13 201

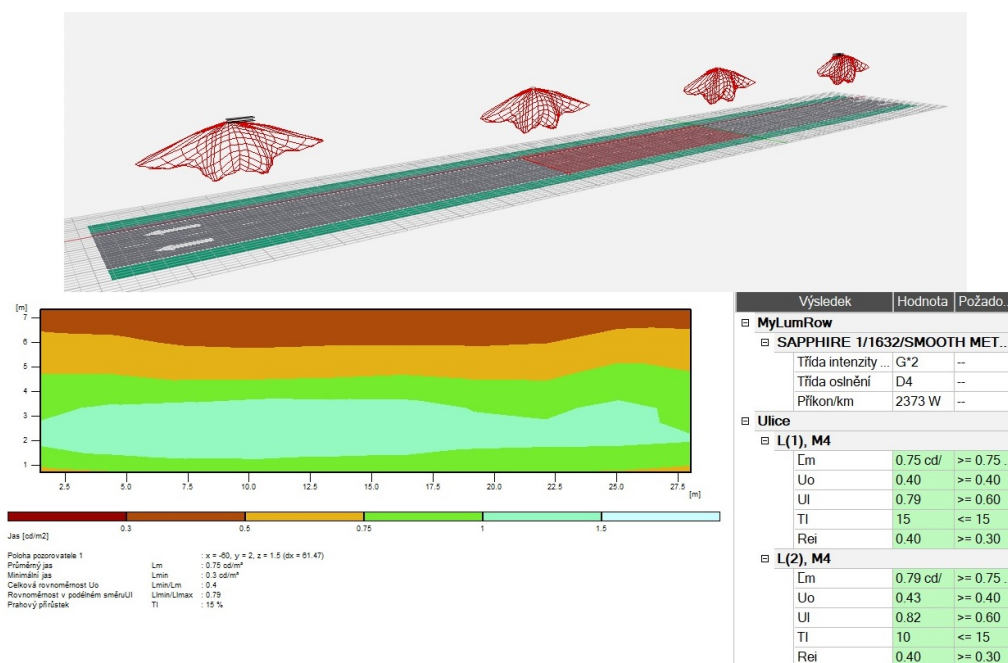
Další uvažované svítidlo je SAFÍR 1 od firmy Artechnic Schreder, také používané v mnoha obcích. V obci Úhonice je používané svítidlo se zdrojem 50 nebo 100 W. Ani toto svítidlo ale nemá zdroj LED. V prvním případě zdroje 50 W (použití SAPHIRE 1/1632/SMOOTH METHACRYLATE/SON-T 50/-25/120/10°) dosáhnou optimálního rozložení při rozteči 15 metrů, výšce světelného bodu 8 metrů a příkonu 3333 W/km. Pro 100 W zdroj (SAPHIRE 1/1632/SMOOTH METHACRYLATE/SON-T 100/-30/120/10°) je optimální rozložení v rozteči 40,5 metru, výšce světelného bodu 10 metrů a příkonem 2469 W/km. Zde ale uvažují přesah 2 metry. Pokud budu uvažovat nulový přesah, jak u předchozího typu svítidla, dostanu opět velmi nízkou rozteč 15 metrů ve výšce 8 metrů. Taková instalace by měla příkon 6667 W/km, a i přesto by nesplňovala parametr rovnoměrnosti (Obrázek 7.13). I tato rozteč je příliš malá pro praktické použití.

Výsledek	Hodnota	Požádo...
MyLumRow		
SAPHIRE 1/1632/SMOOTH MET...		
Třída intenzity ...	G*3	--
Třída oslnění	D4	--
Příkon/km	6667 W	--
Ulice		
L(1), M4		
Em	1.80 cd/	>= 0.75 ...
Uo	0.28	>= 0.40
UI	0.86	>= 0.60
TI	13	<= 15
Rei	0.39	>= 0.30
L(2), M4		
Em	1.97 cd/	>= 0.75 ...
Uo	0.27	>= 0.40
UI	0.93	>= 0.60
TI	5	<= 15
Rei	0.39	>= 0.30

Obrázek 7.13: Svítidlo SAFÍR 1 - výpočty nevyhovující normě ČSN 13 201

Jak jsem již zmínila v teoretické části, většina obcí v České republice nemá

instalované LED zdroje osvětlení. Dalším krokem tedy bylo porovnat stávající modely firmy MODUS a model SAFÍR na stejné parametry komunikace, jako výše uvedené scénáře. Výsledkem je použití modelu SAPPHIRE 1/1632/SMOOTH METHACRYLATE/SON-T 70/-25/110/10° při rozteči 29,5 metru, výšce 7,75 metru a příkonu soustavy 2373 W. Toto osvětlení splňuje všechny parametry normy (Obrázek 7.14). Při osvětlení dle uvedených parametrů nevznikají světelné ostrůvky, jako například u výše uvedeného rozložení osvětlení MODUS.



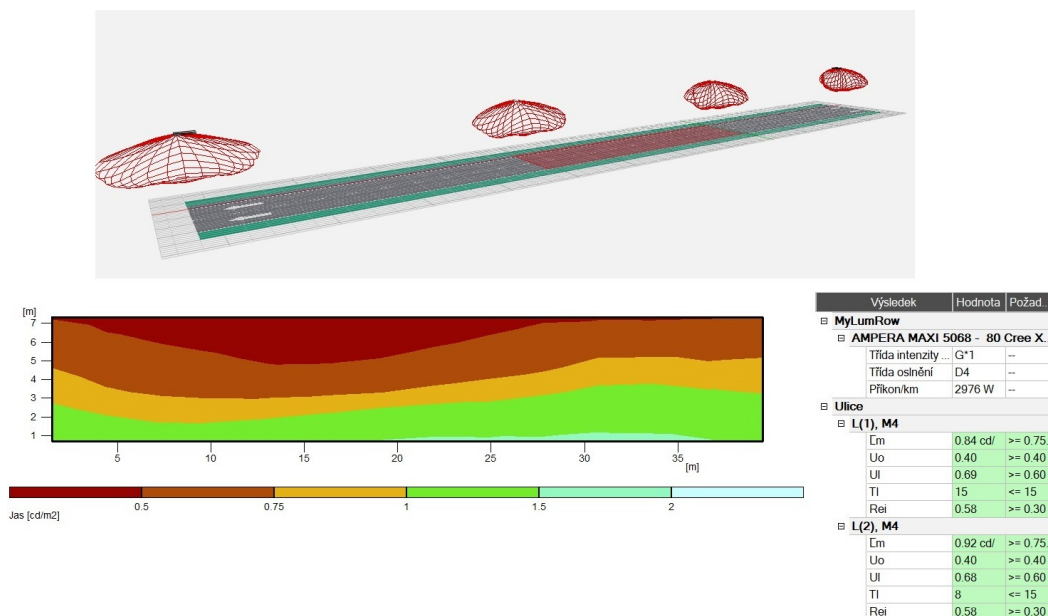
Obrázek 7.14: Optimalizované svítidlo s konvenčním zdrojem

Žádná z výše uvedených možností ale neumožní případné tlumení osvětlení v pozdních nočních hodinách, detekci skrze vzdálenou správu a další možné instalace navíc. Nejedná se o ekologické zdroje světla. Dalším problémem může být již zmíněná vyhláška Evropské unie o zákazu starších zdrojů osvětlení. Z těchto důvodů se přikláním k volbě LED osvětlení, které má tyto možnosti a zvýší komfort osvětlení obce.

Aktuálně je na trhu několik možností světelných diod. Na LED přechází postupně i česká firma MODUS. Poměrně osazované jsou svítidla AMPERA od Artechnic Schreder. Pro své porovnání jsem zvolila svítidla Siteco SL11 a svítidla AMPERA. Při porovnání svítidel těchto dvou firem vychází ve scénářích lépe svítidlo firmy Siteco, a tak se mu budu věnovat dále konkrétně pro obec Úhonice.

Optimální svítidlo AMPERA MAXI 5068 - 80 Cree XP-G2 500mA WW 230V

Flat má vysoký příkon, 2976 W/km. Pro optimalizovaný výkon je vhodné svítidlo umístit 8 metrů nad zem a v rozteči 41 metru. Vykreslení takové křivky svítivosti je Obrázek 7.15.



Obrázek 7.15: Svítidlo LED AMPERA

7.5 Modelová obec Úhonice

Jako modelovou obec jsem si zvolila obec blízko Ptice, obec Úhonice. Ptice jsou nyní jednou z nejlépe osvětlených obcí ve středočeském kraji a jsou úzce vázány právě na obec Úhonice. Je zde spádová základní škola, další pracovní příležitosti a obce jsou téměř propojeny na komunikaci Hlavní. Domnívám se, že je tedy logické pokračování v kontinuitě veřejného LED osvětlení.

Obec Úhonice měla k datu 1. 1. 2017 evidováno 1108 obyvatel. Nachází se jihovýchodně od Ptice. Obcí prochází z jihu na sever komunikace č. 101 pokračující právě do Ptice. Jak jsem již zmínila v kapitole pojednávající o legislativě, od roku 2018 se nesmějí vyrábět některé zdroje světla. Obec tak časem bude nucena přejít na modernější zdroje světla. Úhonice mají udělaný pasport z roku 2015. Je možné zobrazit na mapovém portále online budovy, pozemní komunikace a obecní pozemky, síť veřejného osvětlení zatím chybí.

Nyní probíhá údržba skrze soukromou odbornou firmu, kdy například za rok 2017 údržba stála 75 468 Kč (viz Tabulka 7.7).

Tabulka 7.7: Shrnutí finálních nákladů na veřejné osvětlení obce Úhonic

Rok	Schválený rozpočet pro VO	Závěrečná částka za VO	Budovy, haly, stavby	Opravy, údržba	Ostatní služby	Elektrická energie
2014	370 000,00 Kč	313 981,00 Kč	96 096,00 Kč	72 828,00 Kč	-	145 057,00 Kč
2015	430 000,00 Kč	201 765,00 Kč	-	50 658,00 Kč	-	151 107,00 Kč
2016	450 000,00 Kč	222 300,00 Kč	-	77 005,00 Kč	4 904,50 Kč	145 295,00 Kč
2017	400 000,00 Kč	217 800,50 Kč	-	75 468,00 Kč	-	137 428,00 Kč
7/2018	280 000,00 Kč	-	-	-	-	-

7.5.1 Navrhovaná rekonstrukce

Pro výše zmíněné důvody jsem navrhla rekonstrukci veřejného osvětlení. Navrhuji použít stejný typ svítidel pro zjednodušení následných oprav a údržby.

PASPORT Jako první krok k návrhu rekonstrukce je potřeba pasport veřejného osvětlení, tedy soupis majetku (seznam stožárů, svítidel, světelných zdrojů). Pasport pro veřejné osvětlení je aktuálně pouze v tabulkové podobě, je zde zaznamenáno 167 světelných míst s 297 světelnými zdroji a 4 rozvaděče. Nyní je v obci 7 různých typů zdrojů světla, z čehož nejnověji jsou instalována svítidla Schröder SAFIR 1 na hlavní komunikaci (Na Návsi, Kateřinská, Dušnická). Nejčastější svítidlo je sodíkové MODUS LV. V obci jsou instalována dvě svítidla Schröder MC12 pro osvětlení přechodu (u základní školy a v ulici Na Návsi). Aktuálně je v obci 13 typů stožárů veřejného osvětlení, nejčastěji betonový stožár. Není pravidlem propojení obecního rozhlasu a veřejného osvětlení.

ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU Následným krokem je analýza stávajícího stavu. V Úhonicích se nachází o něco více světelných bodů, než v obci Ptice. Konkrétně je zde 297 světelných bodů. Na místních komunikacích je příkon svítidel většinou 36 W nebo 50 W, na vedlejších komunikacích (zejména Nenačovská a Kladenská) jsou svítidla s příkonem 70 W. Na hlavní průjezdné komunikaci (Na Návsi, Kateřinská) je příkon svítidel 100 W, u přechodových svítidel Schröder pak 150 W. Nyní probíhá spínání veřejného osvětlení pomocí fotobuňky.

Stáří jednotlivých bodů není evidováno. Rozvody elektrické energie nejsou obnoveny,

z celkového počtu zhruba 5 500 metrů je většina (přes 4 000 metrů) starších 10 let. V soustavě veřejného osvětlení není momentálně instalována žádná inteligentní řídicí jednotka. Jak jsem již zmínila, v obci je téměř veškeré osvětlení osazeno sodíkovým zdrojem nebo zářivkovou trubicí.

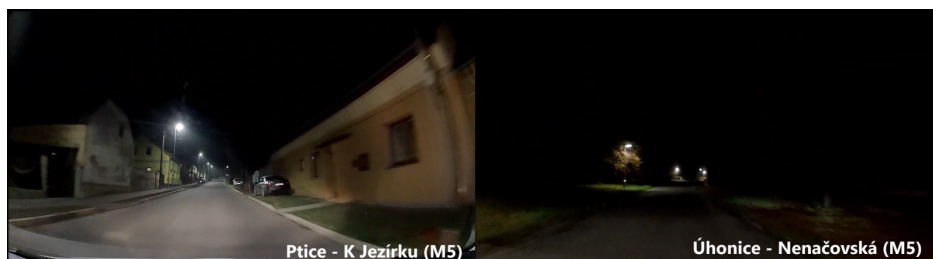
Obec do obnovy veřejného osvětlení v posledních letech mnoho neinvestovala. Poslední velká investice je v závěrečném zúčtování zaznamenána v roce 2014. Dále je také možné si všimnout ceny za údržbu, která je dvojnásobná, oproti údržbě v Pticích. Každý rok obec investuje okolo 70 000 Kč do údržby veřejného osvětlení.

Při průjezdu obcí je patrné, že veřejné osvětlení není moderní. Některé výbojky problikávají, některé osvětlují nedostatečně určený prostor. Při porovnání s obcí Ptice je hůře osvětlena především průjezdná komunikace Kladenská - Na Návsi - Kateřinská - Drahelčická, vedoucí z Ptice směrem na Rudnou. Výška jednotlivých světelných bodů se liší v závislosti na jejich upevnění. Mnohá svítidla jsou upevněna na stěny přilehlých domů nebo na nižší stožáry. Nedostačující je například osvětlení v ulici Nenačovská (zhruba 5 metrů vysoko, viz Obrázek 7.16).



Obrázek 7.16: Stávající osvětlení v obci Úhonicích.

Jelikož spolu obce sousedí, při nočním průjezdu je rozdíl osvětlení velmi patrný. To je možné porovnat v přiložených videích. Ani místní komunikace (třídy M5 a M6) nejsou v Úhonicích vhodně osvětleny. Přitom se jedná o komunikace, kde není chodník, a tak musí občané chodit z autobusu po okraji vozovky. Porovnání s osvětlením komunikace téže třídy v obci Ptice je zobrazeno na obrázku dále (Obrázek 7.17).



(a) Porovnání komunikací třídy M5



(b) Porovnání komunikací třídy M6

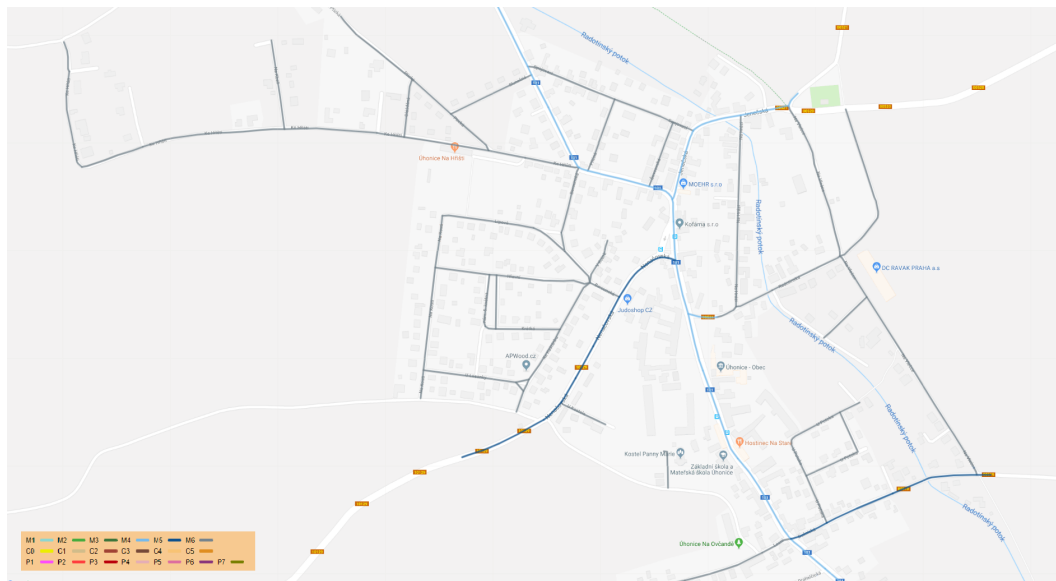
Obrázek 7.17: Porovnání osvětlení komunikací v obci Ptice a obci Úhonice

GENEREL POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ Dalším krokem při rekonstrukci veřejného osvětlení je generel pozemních komunikací. To znamená zatřídění komunikací dle platné normy ČSN 13 201. Díky tomu určím požadavky na veřejné osvětlení v obci. Podklady pro generel jsou především digitální mapa obce, normy ČSN, zákony a vyhlášky týkající se veřejného osvětlení. Dále pak například data získaná z celostátního sčítání dopravy a jiná. Zatížení komunikací dle celostátního sčítání je stejné jako v případě Ptice, jelikož obcí prochází stejná komunikace II/101. Generel jsem provedla ve spolupráci s firmou Actispro Light s.r.o. a jejich softwarem.

Na základě zvolených parametrů je třeba určit třídu pozemních komunikací. Určení je v souladu s ČSN 13 201. Podle tohoto hodnocení se dále odvíjí výpočet světelných požadavků a výběr konkrétních svítidel. Všechny třídy byly určeny jako dopravní komunikace (M), komunikace výlučně pro pěší (P) se v obci nenacházejí, konfliktní oblasti nebyly definovány. Chodník je v obci pouze nepravidelně podél hlavní průjezdní komunikace, proto ho nebudu dále uvažovat.

Výsledkem je celková mapa obce (viz Obrázek 7.18) a protokol o zatřídění jednotlivých pozemních komunikací (viz Obrázek 7.19). Ze zatřídění je možné získat i přehlednou tabulku jednotlivých komunikací. Pro obec Úhonice jsem získala třídy M4 až M6, což je převládající kategorie.

Na základě zatřídění komunikací je dále možné určit prahové hodnoty a parametry



Obrázek 7.18: Zatřídění pozemních komunikací v Úhonicích pomocí webové aplikace Actispro Light s.r.o.

osvětlení jednotlivých komunikací. Ty musí korespondovat s normou ČSN EN 13 201-2. Na základě parametrů vybraného svítidla a parametrů pozemní komunikace lze vypočítat požadavky na osvětlení. Jak jsem již zmínila výše, osvětlení je v obci umístěno v různé výšce. Také má různé upevnění a vzdálenost od pozemní komunikace. Šířka pozemních komunikací se také liší, na hlavních komunikacích je to převážně 7 - 8 metrů.

PLÁN OBNOVY Domnívám se, že malá obec nepotřebuje velkou inteligenci ve veřejném osvětlení. Nicméně rekonstrukcí stávající soustavy je možné instalovat LED svítidla tak, aby bylo v budoucnu možné soustavu dále rozšiřovat.

Vybraná svítidla Výběr svítidla závisí na parametrech určených generelem. Projektovat by se mělo na nejhorší možný stav. Svítidlo po pár letech nedosahuje světelných možností jako na začátku. Pro rekonstrukci jsem zvolila LED svítidla Siteco řady SL11. Jsou konstruována s myšlenkou možných doplňkových funkcí bez nutnosti větších zásahů, což koresponduje s ideou výše.

Řada svítidel SL11 je tvořena ve spolupráci s firmou OSRAM. Hlavním účelem je efektivní a hospodárné osvětlení. Základem je robustní kryt, modul nouzového osvětlení EVG a LED modul. Výsledkem je rovnoměrné a neoslňující osvětlení. Velkou výhodou



Obrázek 7.19: Protokol o zatřídění komunikace Kladenská, Úhonic (z webové aplikace Actispro Light s.r.o.)

Tabulka 7.8: ČSN EN 13 201-2

Třída komunikace	Jas suchého povrchu pozemní komunikace		
	L [cd/m^2]	U_o	U_l
M4	$\geq 0,75$	$\geq 0,40$	$\geq 0,60$
M5	$\geq 0,50$	$\geq 0,35$	$\geq 0,40$
M6	$\geq 0,30$	$\geq 0,35$	$\geq 0,40$

tohoto typu svítidla je možnost opravy a údržby bez náradí, stejně jako možnost instalace dalších modulů a životnost 100 000 hodin. Všechny typy je možné stmívat a jsou schopné přijímat protokol řízení a monitorování světla bez další kabeláže. SL11 má v řadě 3 možné modely - midi, mini, mikro, které se liší především příkonem svítidla. Všechny tři typy se dělají v různých výrobních variantách. Ve svém návrhu jsem uvažovala pouze svítidla s ECG Premium nebo Premium RF. Díky tomuto vybavení je možná komunikace jednotlivých svítidel mezi sebou a předávání informací. ECG Premium umožňuje komunikaci po napájecím vedení, ECG Premium RF (radio frequency-ready) pak umožňuje komunikaci vzduchem. Obě varianty poskytují konstantní světelný tok po celou dobu životnosti svítidla (vysvětleno dále). Je možné individuální sledování a ovládání svítidla bezdrátově z centrální řídicí stanice. Svítidla mají na vrchu konektor, kde je umístěno jasové čidlo. Každé místo umožňuje

komunikaci s okolními svítidly. Všechna místa jsou vázána do mřížové sítě, informace se posílají do gateway a do nadřazeného systému. Pak je možné například zobrazení parametrů soustavy ve webové aplikaci (informace o jednotlivých svítidlech, skupiny svítidel, světelné větve, tlumení a další). Pro tuto činnost je nutné mít svítidla trvale pod proudem.

Pomocí předchozích funkcí je možné aplikovat tlumení, ale především rozsvěcení svítidla v případě potřeby. Tlumení svítidel při minimálním provozu mi nepřijde vhodné. Nedosáhnou ani výrazných finančních úspor, ani velkého komfortu uživatelů komunikace. Rozsvěcení svítidel v případě potřeby je naopak velmi užitečný nástroj pro zpřehlednění krizové situace. Svítidlo bude v normálním režimu svítit na 75 % svého výkonu, ale je možné ho rozsvítit na 100 % v případě potřeby. Je možné takto rozsvítit pouze několik světelných bodů, celou jednu ulici nebo i celou větev světelných bodů.

Siteco od roku 2018 osazuje svoje svítidla QR kódem. Díky tomu je možné identifikovat každé svítidlo offline. Přináší ulehčení při hlášení poruchy na svítidle. Inteligentním na tom spatřuji především možnost regulovat proud, který vtéká do svítidla. Je běžné, že budící proud časem roste, jelikož klesá výkon svítidla. Svítidlo by mělo stále svítit stejnou intenzitou, a tak je nutné zvyšovat tento proud. Pokud dochází k výměně svítidla, díky QR kódu je možné identifikovat přesně jednotlivé světelné místo a zresetovat budící proud znovu na původní hodnotu. Nebude tak do místa zbytečně dodáván větší proud než je nutné. V případě výměny předřadníku je možné nastavit budící proud na hodnotu, na jaké byl před výměnou. Díky této identifikaci mám přehled o stáří a stavu každého svítidla a parametrech jeho svícení.

KLADENSKÁ

Kladenská ulice je jednou z hlavních příjezdových cest do Úhonic. Šířka komunikace je 8 metrů, kategorie M4. Místy se na komunikaci vyskytuje chodník na jedné straně. Pro tuto komunikaci jsem hledala dvě možnosti návrhu, první pouze vyhovující LED osvětlení, druhý pak osvětlení, které již bude navrhováno na výkon svých 75 %, a bude tak možné případné rozsvícení na 100 % v kritickém případě (dopravní nehoda, porucha kanalizace,...). Při návrhu svítidla na 75 % bude soustava splňovat normu i pro tento nižší výkon, v případě rozsvícení na plný výkon nebude problém.

V první variantě je zvolené LED osvětlení SL11 MINI 4 000 K ST0.5a (56 W / 7230 lm).

Pro správné osvětlení komunikace musím zmenšit stávající rozteč (50 - 60 metrů) téměř na polovinu, a to na 35 metrů. Světelné body budou umístěny ve výšce 8 metrů a přesahem 1 metr a nakloněním 5°. Přesah a náklon bylo nutné započítat pro splnění všech parametrů výpočtu. Svítidla SL11 je možné naklánět pod úhly 0°/5°/10°/15°, a tak to tedy není problém. Příkon soustavy bude 1626 W/km.

Druhý návrh komunikace Kladenská již počítá s možností rozsvěcení v krizových situacích, je tedy navrhován na 75 % výkonu svítidla. Zde jsem se dostala do situace, kdy mohu použít jak variantu MINI s nižším příkonem, tak variantu MIDI s příkonem vyšším.

SL11 MINI 4 000 K ST0.5a (47 W / 6202 lm) vyhovuje v nejnižší přijatelné rozteči 30 metrů, výšce 8 metrů a náklonem 10°. Příkon této soustavy je 1587 W/km. Toto svítidlo je ve verzi Premium RF. To znamená, že je integrován regulátor svítidla, který umožňuje bezdrátovou komunikaci s ostatními svítidly.

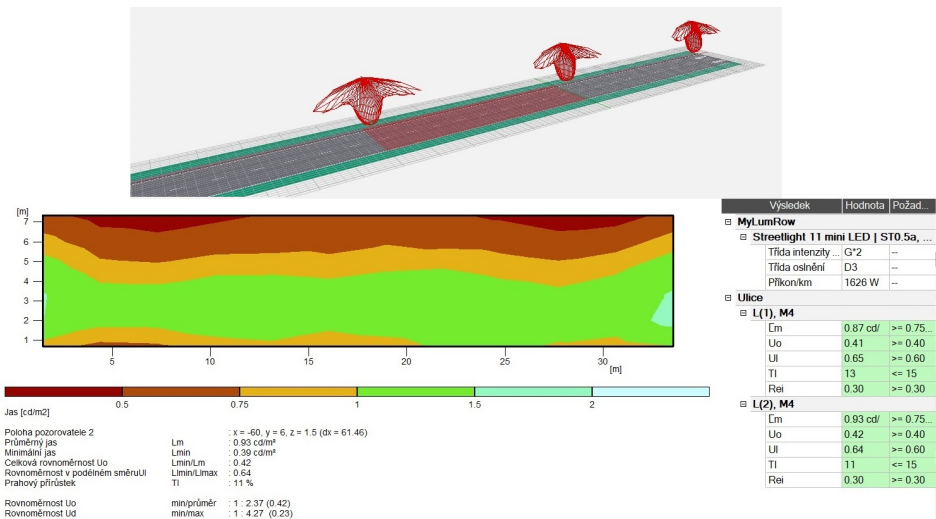
Při použití svítidla typu MIDI jsem se dostala na větší rozteč, ale také zároveň bylo nutné zvýšit umístění světelných bodů. SL11 MIDI 4 000 K ST1.2a (50 W / 6480 lm) vyhovuje v rozteči 40 metrů, výšce 9 metrech a naklonění 5° ve všech parametrech normy ČSN 13 201. Příkon takové soustavy je vysoký, 2515 W/km. Všechny popsané situace viz Obrázek 7.20.

NA NÁVSI

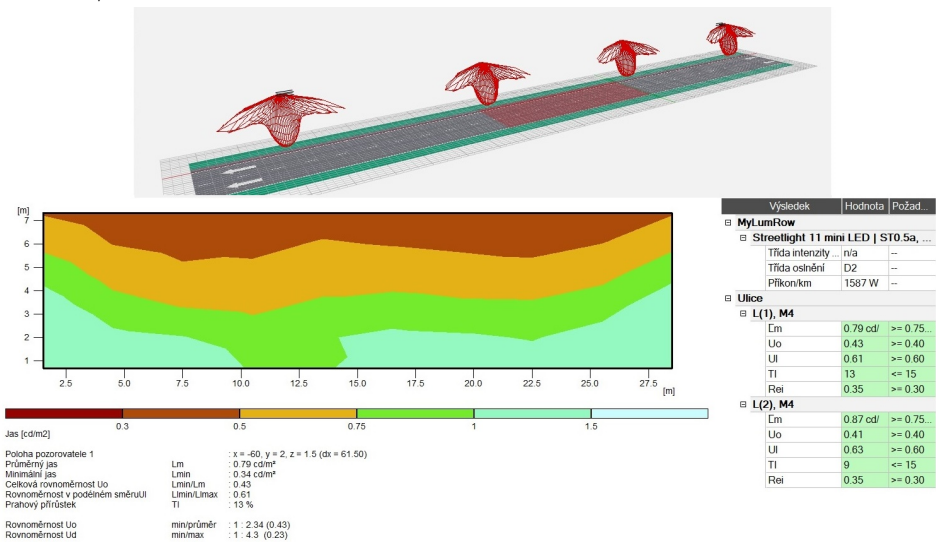
Komunikace Na Návsi je, jak název napovídá, centrem obce Úhonice. Zde nalezneme obecní úřad, poštu, restauraci, v okolí pak základní a mateřskou školu. Tato komunikace je jedna z hůře osvětlených komunikací v obci. Přesto, že se jedná o komunikaci třídy M4, rozteč světelných bodů je místy 70 - 80 metrů, tvoří se velké světelné ostrůvky. Podél komunikace je pás obecného prostoru, chodník chybí. I zde jsem hledala dvě varianty osvětlení jako v předchozím případě.

První variantou je SL11 MINI 4 000 K ST0.5a (64 W / 8270 lm) s roztečí 39 metrů, výškou 9 metrů a náklonem 10°. Příkon této soustavy bude 1641 W/km. Aktuálně je zde rozteč 60 - 70 metrů, bylo by tedy potřeba téměř dvojnásobek světelných bodů.

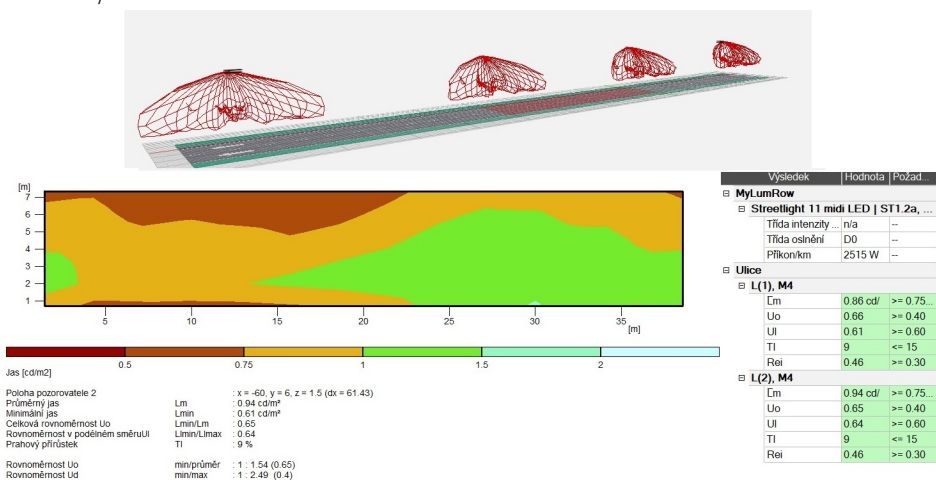
Druhou možností je regulované svítidlo SL11 MIDI 4 000 K ST1.2a (50 W / 6480 lm) v rozteči 37 metrů, výšce 9 metrů a naklonění 5°. Příkon je 2719 W/km (Obrázek 7.21). Toto svítidlo může být i v rozteči 35 metrů a výšce 8,5 metru, ale příkon je v tu chvíli



(a) SL11 MINI 4000 K, rozteč 35 metrů, výška 8 metrů, náklon 5°, příkon 1626 W/km



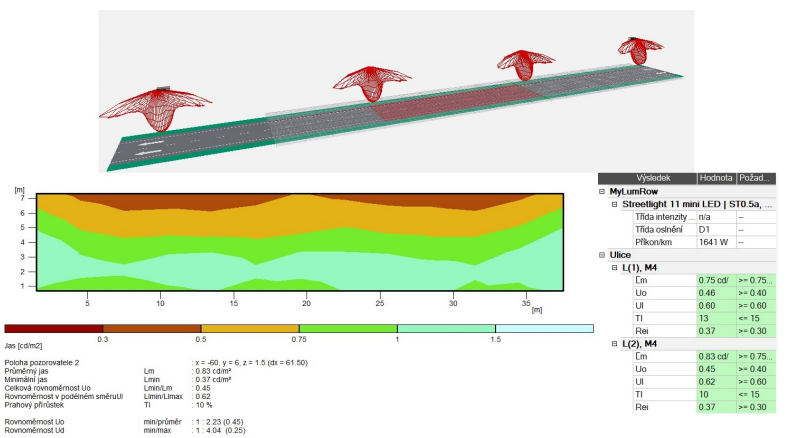
(b) SL11 MINI 4000 K, rozteč 30 metrů, výška 8 metrů, náklon 10°, příkon 1587 W/km



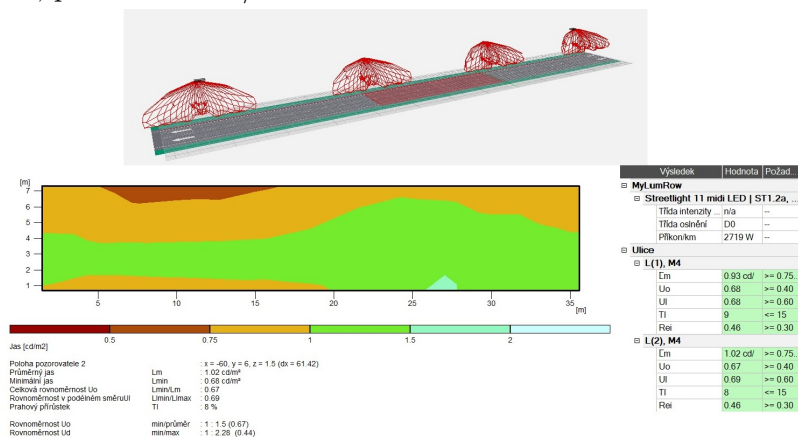
(c) SL11 MIDI 4000 K, rozteč 40 metrů, výška 9 metrů, náklon 5°, příkon 2515 W/km

Obrázek 7.20: Modelové situace osvětlení komunikace Kladenská

už 2874 W/km. Svítidlo je v Premium verzi, což umožňuje komunikaci jednotlivých svítidel po napájecím vedení.



(a) SL11 MINI 4 000 K, rozteč 39 metrů, výška 9 metrů, náklon 10°, příkon 1641 W/km



(b) SL11 MIDI 4 000 K, rozteč 37 metrů, výška 9 metrů, náklon 5°, příkon 2719 W/km

Obrázek 7.21: Modelové situace osvětlení komunikace Na Návsi

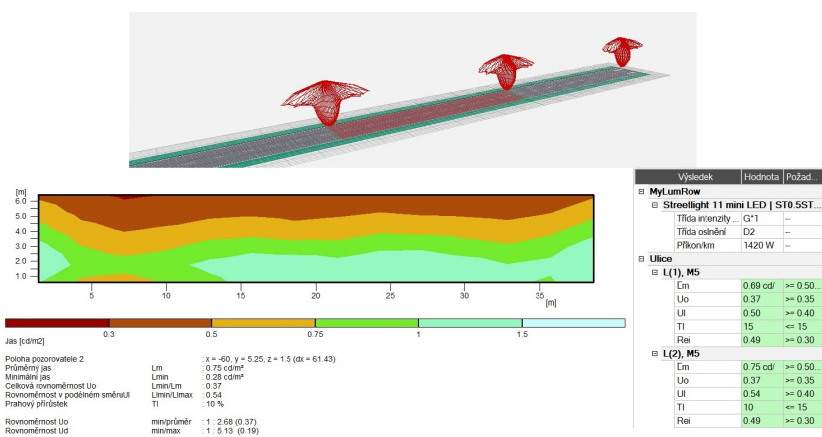
NENAČOVSKÁ

Vedlejší komunikace Nenačovská je v obci spojnicí autobusové zastávky a východní části obce. Je zde předpokládán pohyb pěších. Komunikace je 7 metrů široká, třídy M5. Aktuálně jsou zde instalované svítidla MODUS, která v noci tvoří tmavé ostrůvky. Pro tuto komunikaci jsem volila dvě možnosti návrhu.

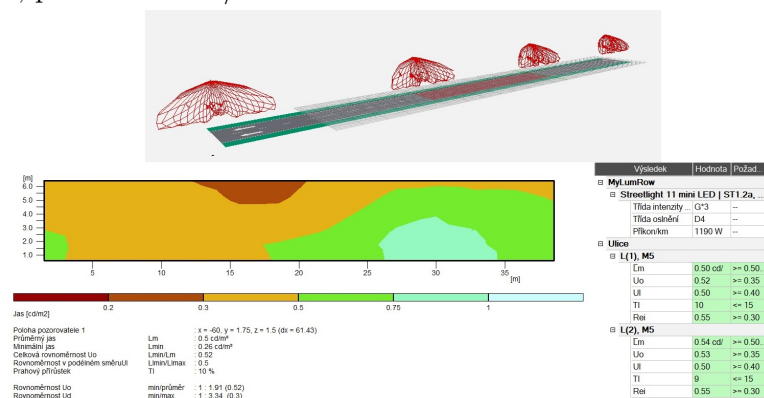
První je návrh řešení, kde je použito svítidlo SL11 MINI 4 000 K ST0.5 ST0.5 (56 W / 7230 lm) s roztečí 40 metrů a výškou světelných bodů 8 metrů. Pro splnění normy ČSN 13201 je nutné svítidla naklonit pod úhlem 10°. Tato soustava má příkon 1420 W/km.

Ve druhém návrhu uvažují možné krizové rozsvícení na 100 % výkonu, a tedy svítidlo je již vypočítáno pouze na 75 % svých možností. Zbude tak dostatečné rezerva pro případné zvýšení osvětlení. V tom případě použijí svítidlo SL11 MINI 4 000 K ST1.2a (47 W / 6067 lm) v rozteči 40 metrů a výšce 8 metrů. Příkon takové soustavy bude 1190 W/km. Svítidlo je opět ve výbavě Premium RF. Obě možnosti jsou zobrazeny dále (Obrázek 7.22).

Výhodou obou scénářů je zachování rozteče svítidel, která je ve stávající hodnotě. Nebylo by nutné provádět velké výkopové práce. Oproti stávajícímu osvětlení ovšem nebudou vznikat světelné ostrůvky, které jsou velmi nebezpečné pro řidiče. Druhá varianta využívá chytřejší svítidla, které je možné propojit v síť.



(a) SL11 MINI 4 000 K, rozteč 40 metrů, výška 8 metrů, náklon 10°, příkon 1420 W/km



(b) SL11 MINI 4 000 K, rozteč 40 metrů, výška 8 metrů, náklon 0°, příkon 1190 W/km

Obrázek 7.22: Modelové situace osvětlení komunikace Nenačovská

Při vytvoření simulačních modelů vychází velmi výhodně model SL11 MINI nebo MIDI 4 000 K. Při instalaci 4 000 K svítidla bude možné svítit na nižší úroveň, a pouze

v případě mimořádné situace bude možné zvýšit úroveň osvětlení. Použitím světla s vyšším světelným výkonem tak mohu zvýšit světelný komfort bez nutnosti vyšších finančních nákladů. Aby toto bylo možné, musí být světlo navrhované již na menší výkon, než je jeho maximální. Tím vytvořím požadovanou rezervu. Svícení vždy musí vyhovovat normě ČSN 13 201. Aby bylo možné použít tato svítidla, je potřeba mít inteligentní řadič (například Tvilight).

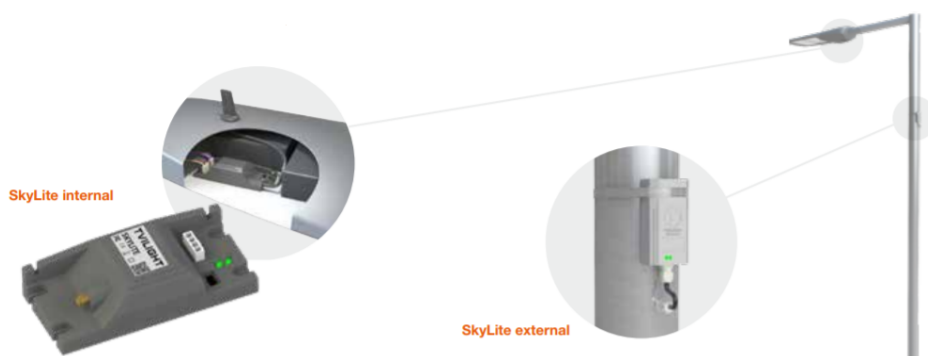
Pro Nenačovskou ulici bych volila druhou variantu, kterou je tedy možné inteligentně řídit a zvyšovat její svítivost dle situace. Pro průjezdnou komunikaci Kladenská je podle mého na výběr z řešení MINI a MIDI, kde je velký rozdíl především v příkonu. Varianta MINI má příkon 1587 W/km, MIDI poté 2515 W/km. Z hlediska příkonu je tedy výhodnější varianta MINI. Jelikož bych pro komunikaci Na Návsí volila to stejné svítidlo MIDI s příkonem 2719 W/km, je otázka, zda není pro obec výhodnější mít méně různých typů svítidel a instalovat tedy i na Kladenskou komunikaci stejné svítidlo.

Řada svítidel SL 11 je konstruována tak, aby bylo možná mechanická výměna co nejvíce součástí stejných pro všechny typy svítidel. Myšlenka by tak byla jednodušší pouze při prvotním objednání svítidel. Vzhledem k tomu, že komunikace Kladenská je okrajovou komunikací, je na vjezdu do obce, tedy vjezdu ze tmy, volila bych variantu MINI, kde bude menší oslnění řidiče při vjezdu do obce. Tato soustava má příkon 1587 W/km.

Na modelovaných komunikacích bude potřeba upravit rozteč svítidel, což znamená další výdaje navíc. Bohužel momentálně jsou rozteče velké a není možné komunikace osadit LED osvětlením v takových intervalech. Stejně tak bude nutná výměna sloupů veřejného osvětlení, které jsou nyní velmi různorodé, mnohdy jsou svítidla připevněná na přilehlé domy, a není možné svítidlo správně nastavit.

Rozvaděč Tvilight Pro plné využití chytrých možností svítidel Siteco SL11 je nutné mít v obci osazeny inteligentní rozvaděče. K tomuto účelu jsem vybírala rozvaděče nizozemské firmy Tvilight (Obrázek 7.23). Obecně se tato firma snaží propojit síťovou infrastrukturu pro osvětlení měst a digitální služby. Chtějí tak docílit multifunkčního využití již stávající sítě. Vždy je umožněna obousměrná komunikace. Řešení SkyLite umožňuje dálkové bezdrátové ovládání svítidel. Konfigurovatelné tlumicí profily patří do základního vybavení. V případě selhání vrací svítidla do neadaptivního, původního režimu. SkyLite má otevřené rozhraní pro technologie třetích

stran. S doplňkovým senzorem pohybu CitySense Plus umožňuje detekci chodců, cyklistů i vozidel ve třech zónách detekce. Firma Tvilight nejvíce propaguje inteligentní osvětlení podle potřeb, tedy stmívání světla v případě nepřítomnosti uživatelů. Tento doplňkový prvek není uvažován v mém návrhu pro malou obec.



Obrázek 7.23: Rozvaděč SkyLite od Tvilight [49]

Spínání veřejného osvětlení Nyní je spínání řízeno fotobuňkou. Ta neeliminuje stíny, může tak dojít k prodloužení ranního vypnutí. Fotobuňku není možné umístit přímo pod osvětlení, kde bývá umístěn rozvaděč. Činnost fotobuňky ovlivňují nečistoty na čidle, projíždějící vozidla, napadaný sníh atp. To vše zvyšuje její nepřesnost. Oproti tomu astrohodiny jsou řízeny předem danou tabulkou spínání, kdy je pro každý den určen jiný čas soumraku a úsvitu dle lokace obce. Instalace astrohodin v rozvaděči je finančně zhruba 10 000 Kč, což v koncové hodnotě rekonstrukce není závratná částka. Astrohodiny ukládají i počty odsvícených hodin a další data, která je možné využít při budoucí optimalizaci. Použití astrohodin je doporučeno normou ČSN EN 36 0455. Díky instalaci LED a astrohodinám odpadá nutnost tlumení osvětlení.

7.5.2 Zhodnocení rekonstrukce

Závěrečným krokem by mělo být zhodnocení rekonstrukce. Instalace světelných diod je pro obec z dlouhodobého hlediska ekonomicky výhodné. LED svítidla mají životnost až 25 let. Díky vzdálené správě klesá finanční náročnost roční údržby v průměru o 20 %. V obci Úhonice se tedy bavíme o zhruba 15 000 Kč za rok.

Je nutné si uvědomit, že rekonstrukce musí vyhovovat dané normě, tudíž by bylo nutné v obci instalovat více světelných bodů, než je nyní. Dále by byly nutné stavební úpravy,

pokud by se upravovala rozteč na jednotlivých komunikacích. Pokud obec chce osvětlení vyhovující požadavkům normě, není ale jiné řešení, než nahrazení stávající soustavy zdrojem LED.

Celkově je velmi obtížné vyčíslit rekonstrukci osvětlení v menších obcích. Jak lze vidět z modelových situacích, budou pravděpodobně nutné stavební úpravy, přidání světelných míst a výměna rozvaděčů. Výměna jednoho svítidla se pohybuje okolo 50 000 Kč a rozvaděče 150 000 Kč. Navíc obce mnohdy neví, jaký příkon má soustava nyní, kolik hodin ročně svítí a většinou ani kolik mají světelných míst. Rekonstrukce veřejného osvětlení by byl velký zásah do obecního rozpočtu.

LED zdroje světla jsou šetrnější k životnímu prostředí a mají nižší spotřebu vztaženou k jednomu světelnému bodu. Instalace nového osvětlení umožňuje obci lepší správu osvětlení a přidání doplňkových služeb pro své občany (detekce znečištění vzduchu, možné napojení obecního rozhlasu atp).

Za největší klad výměny soustavy považuji zlepšení bezpečnosti v obci. Díky rekonstrukci osvětlení dojde k lepšímu osvětlení komunikace a přilehlého prostoru. Ten se stane bezpečnější pro pohyb chodců a cyklistů. Lépe osvětlená komunikace je také komfortnější pro psychiku chodce v nočních hodinách.

7.6 Použitelná inteligence

Z výše uvedených postupů a informací vyplývá, že malá obec (myšleno zhruba do 1 000 obyvatel) ročně utratí za veřejné osvětlení cca 200 000 Kč, 150 000 Kč za elektrickou energii, 50 000 Kč za údržbu, opravu a další nutné výdaje. V této částce ale nejsou žádné větší rekonstrukce a výdaje. To nejsou v rozpočtu obce nezanedbatelné částky. Pokud dále uvažuji částky za výměnu jednoho světelného bodu a rozvaděče, celková suma znatelně roste.

Pokud se již obec pro modernizaci rozhodne, vše musí být v souladu s normou. Velmi pravděpodobně dojde k instalaci LED osvětlení. V tuto chvíli je stále možné pořídit normální LED osvětlení, bez inteligence. Cenový rozdíl standardního svítidla oproti inteligentnímu je zhruba 2 000 Kč, ovšem inteligentní svítidlo nabízí další možnosti rozvoje i do budoucna.

Přesto, že se jedná o inteligentní osvětlení, v mém návrhu není započítáno tlumení

osvětlení v nešpičkových časech. Pokud instalujeme LED osvětlení, není již nutné tlumení osvětlení. Tlumení přináší především ekonomický přínos. Úspory jsou při instalaci LED zdroje velmi nízké a návratnost je dlouhá (při výkonu 50 W a tlumení na 30 % v noci je výpočet následující: svítí se na 15 W po 4 000 hodin ročně, to je 60 kWh/rok a při 2 Kč/kWh je úspora 120 Kč/rok). Pokud je osvětlení navrženo dle normy, nedochází ani k nežádoucímu oslnění a zbytečnému svícení, které by mohlo vytvářet světelné znečištění.

Díky instalaci inteligentních rozvaděčů je možné zobrazit skrze webovou aplikaci soustavu veřejného osvětlení. Zde bude případně zvýrazněna větev osvětlení, kde je porucha. Rozvaděč jako takový nekomunikuje se svítidlem, pouze předává informaci dále třetí straně. V malých obcích není zapotřebí detekovat konkrétní jednotlivé světelné místo, kde je hlášena porucha. Větvě osvětlení nejsou osazeny velkým množstvím bodů, a tak jejich kontrola není náročná. Detekce každého jednotlivého místa by přinášela další finanční náklady.

Inteligentní je již instalace LED osvětlení jako takového. Nyní není situace v obcích taková, aby každá obec hned investovala do rozsáhlých systémů a doplňků k osvětlení. Instalací LED jsou otevřené možnosti do budoucna. Technologie se zajisté budou dále rozvíjet, již nyní ale výrobci postupují s myšlenkou konektivity nových výrobků na ty stávající. Bude možné modernizovat osvětlení pouze výměnou nutných součástí. Stejně tak tomu je při návrhu osvětlení s výkonovou rezervou, kde je případně možné další rozsvícení při změně situace v okolí komunikace (typicky nová výstavba).

Další popsané možnosti vždy vyžadují napájení. Veřejné osvětlení v České republice ale aktuálně není pod napětím celý den. Větvě světelných bodů se zapínají se sepnutím astrohodin nebo fotobuňky. Při instalaci inteligentního osvětlení, které bude schopno komunikovat bezdrátově mezi sebou, případně po napájecím vedení, je nutné nepřerušované napojení míst do sítě elektrického vedení.

Jak jsem již psala výše, světelné body bude možné rozsvítit při krizové situaci, dopravní nehodě atp. Díky využití inteligentních svítidel je možná vzdálená správa, monitoring osvětlení (hlášení nehody na jedné větvi) a kontrola otevření skříně rozvaděče.

Po zpracování této práce si nejsem jista, jak mohou být další možné instalace využity. Je například možné instalovat čidla měření kvality ovzduší. Neumím si představit, jak by mohla malá obec tato data využívat v praxi. Je nereálné uzavřít vjezd do obce ve

chvíli, kdy jsou naměřeny zvýšené hodnoty znečištění. Podobné řešení by mohlo být specifikováno u obcí, v jejichž blízkosti jsou továrny, elektrárny, sklady nebezpečného odpadu atp. Zde by teoreticky bylo možné měřit vybrané škodliviny, které hrozí únikem ze zmíněné fabriky. Při naměření vyšších hodnot by pak bylo možné informovat občany rychleji.

Inteligentní světelná místa mohou sbírat různé informace a data. Je nutné si ujasnit, jaká data potřebují obce sbírat a jak je mohou následně zpracovat a využít. Právě zmíněná detekce kvality ovzduší se momentálně jeví jako málo využitelná. Co se bude následně dít, pokud se naměří zvýšená koncentrace škodlivin? Má obec možnost objízdné trasy pro vozidla, a tím možnost zákazu vjezdu do obce? Nebo bude mít pouze informace, že ke zvýšení koncentrace došlo a dále s nimi nebude schopna pracovat. Při sběru jakýchkoliv dat je potřeba zajistit jejich úložiště, což jsou další náklady, stejně tak člověka, který je bude dále kontrolovat. Budovat velká centrální dohledová centra nad obcí do 1 000 obyvatel je nesmyslné.

Velmi probíraná je také možnost dobíjení elektromobilů a elektrokol. Jsem zatím velmi skeptická k tomuto řešení pro města, natož pro menší obce. Jednak osvětlení není pod proudem, což by se muselo změnit. Nabíjení vozidel vyžaduje velký tok proudu, na který momentálně nejsou dimenzované rozvody soustav VO. Pocitově si také neumím představit, že majitel elektromobilu upřednostní nabíjení (a tím i parkování) venku pod lampou, než ve své kryté garáži. Podobně skepticky se stavím i k případnému SOS tlačítku či detekci parkovacích míst.

Naproti tomu je možné lampu osadit dopravními detektory, systémem měření dopravy nebo rychlosti. To by naopak mohlo být pro obec užitečné, ať už pro představu dopravních proudů, kategorizaci vozidel nebo restrikcí při rychlé jízdě.

Kapitola 8

Závěr

Během posledního desetiletí se zvýšilo množství instalovaných technologií inteligentních dopravních systémů. Většina těchto systémů se používá pouze v městských oblastech. V metropolích se často stává, že jsou ulice přesvícené. Venkovské oblasti naopak nejčastěji podporují strategii vypínání celé soustavy veřejného osvětlení v méně frekventovaných časech. S ohledem na nařízení Evropské komise EK 245/2009 bylo v roce 2017 staženo z výroby zhruba 80 % zdrojů světla. Obce tak musí zdroje nahradit, renovovat celý systém, nebo se omezit pouze na akutní opravy.

Cílem mé práce bylo analyzovat možnosti chytrého osvětlení pro malé obce. V teoretické části jsem se věnovala různým funkcím, které poskytuje inteligentní osvětlení. Pokud jsem tyto možnosti vztáhla na malé obce, došla jsem k závěru, že použití v takové lokalitě je prozatím nevýhodné. Všeobecně jsem u všech instalací narazila na problém, že světelné místo musí být neustále pod proudem. Dnes soustavy veřejného osvětlení nejsou takto konstruovány.

Při úvahách nad propojením infrastruktury veřejného osvětlení a sítě dobíjecích stanic pro elektromobily jsem našla několik konfliktních bodů. Například abychom zabránili nebezpečí vlečných kabelů, je potřeba mít dobíjecí stanice v přední části chodníku. Reálně také zpochybňuji zájem o tuto technologii v malých obcích.

V rámci osvětlení menších obcí je prozatím zbytečné uvažovat propojení sítě veřejného osvětlení s dalšími komplexními systémy. Detekce volných parkovacích míst, SOS tlačítko ani například měření kvality ovzduší není ze stran obcí vyhledávanou technologií. Municipality menších obcí nyní zajímá především stav světelných bodů

a zda osvětlení plní svou primární funkci, tedy svícení.

Mým druhým cílem bylo vytvoření scénáře osvětlení menší obce. Pomocí programu Relux jsem vypracovala několik možností osvětlení komunikací. Na základě rekonstrukce v obci Ptice, aktuálního stavu v této obci a podnětech ze strany místních úředníků jsem navrhla osvětlení hlavních komunikací pro obci Úhonice.

Při zjišťování postoje k rekonstrukci v obcích Ptice a Úhonice jsem došla k závěru, že úředníci obcí vyžadují od veřejného osvětlení pouze svícení. Pro další přidané hodnoty aktuálně nevidí žádné využití.

Pokud chceme instalovat chytré osvětlení v malé obci, jedná se o poměrně velkou investici a zásah do obecního rozpočtu. Je nutné vědět, na co budou jednotlivá data případně sbírána a k čemu dále poslouží. Čím více informací bude světelná soustava schopna ukládat, tím samozřejmě stoupá investiční cena. Je zbytečné, aby docházelo pouze k ukládání dat bez dalšího zpracování.

Co se týče realizace projektů inteligentního osvětlení, prozatím většinou dochází k výměně konvenčních zdrojů za světelné diody. Největší inteligencí prozatím zůstává samotná instalace LED technologie. Soustavy nebývají projektovány s možným rozšířením do budoucna a leckdy chybí koncepční řešení.

Seznam příloh

1. Video č.1 - Porovnání osvětlení hlavní komunikace obce Ptice a obce Úhonice
2. Video č.2 - Porovnání osvětlení vedlejších komunikací stejných obcí (třída M5, M6)

Bibliografie

- [1] “Technical brochure”, TVILIGHT BV, 2015.
- [2] P. Žák. (2014). Veřejné osvětlení je třeba řešit koncepčně, ale obce nevědí jak, Moderní obec, WWW: <https://moderniobec.cz/verejne-osvetleni-je-treba-resit-koncepcne-ale-obce-nevedi-jak/> (cit. 18.10.2018).
- [3] R. Elberg a E. Woods, “Smart Street Lighting as a Smart City Platform”, Navigant Consulting. WWW: <https://www.echelon.com/assets/blt339a50e1c88306c2/Navigant%20Research-Echelon%20Smart%20Street%20Lighting%20White%20Paper%20-%20Full%20Report.pdf> (cit. 18.10.2018).
- [4] *A Complete Solution for Advanced LED Lighting Control, Public Safety, and Smart City Applications*, NetSense for Cities, Verizon. WWW: https://static1.squarespace.com/static/53d2cdffe4b069e965155fc8/t/5693fc26dc5cb4e20e40b151/1452538926885/20160111_NetSense-Cities.pdf (cit. 18.10.2018).
- [5] R. Alexandru, V. Gami, V. Aggarwal, J. Sun, P. Tu, I. Ionascu a N. Lamanna, “Smart LED Street Lighting”, Imperial College London, Department of Electrical a Electronic Engineering, 2014. WWW: <http://www.ee.ic.ac.uk/niccolo.lamanna12/yr2proj/report.pdf> (cit. 18.10.2018).
- [6] J. Levy, “Intelligent outdoor lighting control system”, pat. 6 204 615, 5. říj. 1999. WWW: <https://patents.justia.com/patent/6204615> (cit. 18.10.2018).
- [7] J. Hill. (14. čvc 2017). Smart Street Lighting To Reach 73 Million Installed Units By 2026, Clean Technica, WWW: <https://cleantechnica.com/2017/07/14/smart-street-lighting-reach-73-million-installed-2026/> (cit. 18.10.2018).
- [8] J. Kotek, “Proč a jak musí svítit veřejné osvětlení”, *Světlo*, roč. 3, č. 3, 2002, ISSN: 1212-0812. WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/proc-a-jak-musi-svitit-verejne-osvetleni--16860> (cit. 18.10.2018).
- [9] “ČSN IEC 50 (845) (330050) Mezinárodní elektrotechnický slovník, Kapitola 845: Osvětlení”, Praha, 1996.
- [10] H. Rupprecht, J. M. Woodall a G. D. Pettit, “Efficient visible electroluminescence at 300 K from GaAlAs p-n junction grown by liquid phase epitaxy”, *Applied Physics Letters*, roč. 11, č. 3, 81–83, 1967.
- [11] V. Dvořáček, “Světelné zdroje - světlené diody”, *Světlo*, roč. 10, č. 5, 2009, ISSN: 1212-0812. WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39810.pdf> (cit. 18.10.2018).

- [12] K. Sheridan. (22. lis. 2017). Energy-saving LEDs boost light pollution worldwide, Phys.org, WWW: <https://phys.org/news/2017-11-energy-saving-boost-pollution-worldwide.html> (cit. 18. 10. 2018).
- [13] *Zavedení smart technologií do měst a obcí využitím prvků veřejného osvětlení*, 22. zář. 2017. WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/zavedeni-smart-technologiei-do-mest-a-obci-vyuzitim-prvku-verejneho-osvetleni--2503> (cit. 18. 10. 2018).
- [14] P. Žák a S. Švecová. (19. ún. 2015). Koncepce veřejného osvětlení měst a obcí – Část 6, Moderní obec, WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/koncepce-verejneho-osvetleni-mest-a-obci-cast-6--752> (cit. 18. 10. 2018).
- [15] “The Business Case for Smart Street Lights”, Silver Spring Networks, 2013. WWW: <https://www.silverspringnet.com/wp-content/uploads/SilverSpring-Whitepaper-Smart-Street-Light-Bizcase.pdf> (cit. 18. 10. 2018).
- [16] E. Smalley, “Transformations in Lighting”, Solid State Lighting Research And Development Workshop, 2012.
- [17] “Commission regulation (EC) No 245/2009”, *Official Journal of the European Union*, 2009, ISSN: 1725-2555. WWW: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0017:0044:en:PDF> (cit. 18. 10. 2018).
- [18] *Measurement of LEDS*, Commission Internationale de l’Eclairage, 2007, ISBN: 978-3-901906-58-9. WWW: <http://www.cie.co.at/publications/measurement-leds> (cit. 18. 10. 2018).
- [19] P. Zenkner, “Veřejné osvětlení dosluhuje a jeho modernizace si žádá miliardy korun. Zajímá se o ni i ČEZ”, *Hospodářské noviny*, 23. lis. 2016, ISSN: 1213-7693. WWW: <https://archiv.ihned.cz/c1-65528230-osvetleni-mest-si-zada-miliardy-zajima-se-o-ne-take-cez> (cit. 19. 10. 2018).
- [20] Y. Wu, C. Shi, X. Zhang a W. Yang, “Design of new intelligent street light control system”, in *IEEE ICCA 2010*, 2010, s. 1423–1427. DOI: 10.1109/ICCA.2010.5524348.
- [21] S. Pizzuti, M. Annunziato a F. Moretti, “Smart street lighting management”, in *Energy Efficiency*, sv. 6, 2013, 607–616. DOI: 10.1007/s12053-013-9195-9.
- [22] *Innovative streets light technology*, Silver Spring Networks. WWW: <https://www.silverspringnet.com/solutions/street-lights/> (cit. 19. 10. 2018).
- [23] *Parkovací systémy*, Siemens. WWW: <https://www.siemens.cz/smartcities/parkovaci-systemy> (cit. 19. 10. 2018).
- [24] *Chytré lampy PRE potvrdily zhoršenou smogovou situaci v Praze*, Pražská energetika, 25. led. 2017. WWW: <https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/chytre-lampy-pre-potvrdily-zhorsenu-smogovou-situaci-v-praze/> (cit. 01. 10. 2018).

- [25] A. J. Hawkins. (9. květ. 2016). Kansas City just installed free public Wi-Fi and dozens of 'smart' streetlights, The Verge, WWW: <https://www.theverge.com/2016/5/9/11640558/kansas-city-free-public-wifi-smart-streelights-google-sprint-cisco> (cit. 19. 10. 2018).
- [26] *ZigBee Specification*, Zig Bee Document 053474r17, ZigBee Standards Organization, 2012. WWW: <http://www.zigbee.org/wp-content/uploads/2014/11/docs-05-3474-20-0csg-zigbee-specification.pdf> (cit. 18. 10. 2018).
- [27] R. Voorspoels, *Rethinking lighting specifications*, Philips. WWW: <http://www.lighting.philips.com/main/support/connect/lighting-technology/lighting-design-and-quality/rethinking-lighting-specifications> (cit. 19. 10. 2018).
- [28] *Lidé ve velkém zneužívají linku 112*, Hasičský záchranný sbor, 15. břez. 2007. WWW: <http://www.hzsmsk.cz/index.php?ID=549> (cit. 19. 10. 2018).
- [29] D. Carrington. (29. čvc 2013). Twilight: The 'talking' streetlamps that will lighten your heart (but not your wallet), CNN, WWW: <http://edition.cnn.com/2013/07/18/tech/innovation/twilight-street-lamps-roosegarde/> (cit. 19. 10. 2018).
- [30] M. Kirk. (19. říj. 2015). Copenhagen's 'Smart' New Street Lamps Shine Brighter for Cyclists, CityLab, WWW: <https://www.citylab.com/solutions/2015/10/copenhagens-smart-new-street-lamps-shine-brighter-for-cyclists/411154/> (cit. 19. 10. 2018).
- [31] P. Žák a T. Moravec, *Koncepční řešení veřejného osvětlení*, ETNA.
- [32] "Energy efficiency—a critical view", *Energy*, roč. 31, č. 1, s. 10–20, 2006, ISSN: 0360-5442. DOI: 10.1016/j.energy.2004.04.055.
- [33] *Intelligent Street Lighting*, Siemens, 2014. WWW: <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/road-solutions/services/intelligent-streetlighting-en.pdf> (cit. 19. 10. 2018).
- [34] *Obnova veřejného osvětlení může trvat až 15 let. Nejkritičtější je situace v malých obcích*, Active Radio, 10. břez. 2017. WWW: <https://news.yourradio.cz/tema/obnova-verejneho-osvetleni-muze-trvat-az-15-let-nejkritictejsi-je-situace-v-malych-obcich-12431> (cit. 19. 10. 2018).
- [35] *Energy Saving Outdoor Lighting (ESOLI)*, European Commission, 10. břez. 2017. WWW: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/esoli> (cit. 19. 10. 2018).
- [36] *Opatření ke snížení energetické náročnosti veřejného osvětlení 2019*, Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2017. WWW: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/54039/76454> (cit. 19. 10. 2018).
- [37] *V kauze zmizelých milionů z Energie pod kontrolou padlo obvinění. Projekt doporučovali lidovci*, Lidové noviny, 5. zář. 2017. WWW: https://www.lidovky.cz/domov/tejml-mel-zproneverit-pres-46-milionu-za-rozkradenou-energii-pod-kontrolou-padlo-obvinieni.A170905_163527_ln_domov_ELE (cit. 19. 10. 2018).

- [38] *Zpráva o potencionálních regionálních/národních zdrojích financování veřejného osvětlení*, Streetlight-EPC. WWW: http://www.streetlight-epc.eu/fileadmin/redakteure/Streetlight-EPC/Project_outputs/WP4/Funding_Sources/Funding_sources_for_streetlight-EPC_South_Bohemia_CZ.pdf (cit. 19.10.2018).
- [39] *Často kladené dotazy*, Veřejné světlo. WWW: <http://www.verejnesvetlo.cz/caste-dotazy/> (cit. 21.10.2018).
- [40] M. Veselíková a M. Vlnas. (25. ún. 2017). Jiří Švestka: Týden po instalaci LEDEK v první obci přijela kontrola, jestli se jim nezasekl elektroměr, peníze.cz, WWW: <https://www.penize.cz/podnikani/321142-jiri-svestka-tyden-po-instalaci-ledek-v-prvni-obci-prijela-kontrola-jestli-se-jim-nezasekl-elektro> (cit. 19.10.2018).
- [41] Streetlight-EPC. WWW: <http://www.streetlight-epc.eu/publications-events/#c12513> (cit. 21.10.2018).
- [42] M. Staša, *Inteligentní veřejné osvětlení*, SEVEN7, 11.lis. 2014. WWW: http://www.calla.cz/data/energetika/seminare/Setrne_osvetleni/Stasa.pdf (cit. 23.10.2018).
- [43] *Seattle LED Adaptive Lighting Study*, Northwest Energy Efficiency Alliance, 29.kvěť. 2014. WWW: <https://neea.org/img/uploads/seattle-led-adaptive-lighting-study.pdf> (cit. 23.10.2018).
- [44] *Najdi svítidlo - nahlas poruchu*, City Maps. WWW: <http://www.mapy-verejne-osvetleni.cz/> (cit. 23.10.2018).
- [45] *Počet obyvatel v obcích k 1.1.2017*, kód publikace 130072-17, Praha: Český statistický úřad, 28.dub. 2017.
- [46] *Mapový portál obce Ptice*. WWW: <https://www.gobec.cz/ptice/> (cit. 23.10.2018).
- [47] *Celostátní sčítání dopravy 2016*. WWW: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx> (cit. 23.10.2018).
- [48] T. Růžička a J. Veselý, “Návrh rekonstrukce veřejného osvětlení na vybraných komunikacích obce Ptice”, Siemens, s.r.o., 2015.
- [49] “Light points the way”, OSRAM. WWW: [https://media.osram.info/im/img/osram-dam-3800387//TVlight_-_New_ways_for_intelligent_cities_\(EN\).pdf](https://media.osram.info/im/img/osram-dam-3800387//TVlight_-_New_ways_for_intelligent_cities_(EN).pdf) (cit. 19.11.2018).