

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh osvětlení pozemní komunikace

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Andrei Vanovich**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Elektroenergetika

Název tématu: **Návrh osvětlení pozemní komunikace**

Pokyny pro vypracování:

1. Základní parametry osvětlení pozemních komunikací.
2. Světelné zdroje a svítidla pro osvětlení pozemních komunikací.
3. Alternativní návrhy osvětlení vybrané pozemní komunikace výbojkovými svítidly a LED svítidly.
4. Ekonomické a technické zhodnocení navržených variant

Seznam odborné literatury:

- [1] ČSN EN 13201: Osvětlení pozemních komunikací (soubor norem).
[2] HABEL, Jíří, et al. Světelná technika a osvětlování. 1. Praha: FCC Public, 1995. 438 s.
ISBN 80-901985-0-3.

Vedoucí: Ing. Petr Žák, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2017/2018

doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 23. 5. 2016

Anotace

Tato práce se zabývá problematikou veřejného osvětlení. Teoretická část popisuje základní světelně technické parametry, světelné zdroje, svítidla a normy používané ve veřejném osvětlení. V praktické části jsou navrženy dvě varianty osvětlení vybrané pozemní komunikace s použitím výbojkových a LED svítidel. Poté obě dvě varianty jsou porovnány mezi sebou.

Klíčová slova

Světlo, veřejné osvětlení, světelný zdroj, svítidlo, jas, osvětlenost.

Abstrakt

This work deals with public lighting. The theoretical part describes the basic photometric parameters, light sources, luminaires and standards used in public lighting. In the practical part two variants lighting selected roads using high-intensity discharge and LED lamps are designed. After that both models are compared with each other.

Key words

Light, public lighting, light source, luminaire, luminance, illuminance.

Prohlášení

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

Nemám závažný důvod proti užití 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

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkovali všem dotyčným za pomoc, poskytování cenných rad a konzultace při vytváření mé diplomové práce.

Obsah

Úvod	7
1. Základní parametry osvětlení pozemních komunikací	8
1.1 Světlo a osvětlení	8
1.2 Základní světelně technické veličiny a pojmy	9
1.3 Význam veřejného osvětlení	11
1.5 Základní názvosloví	11
1.6 Způsoby osvětlení	12
1.7 Normy související s veřejným osvětlením	15
2. Světelné zdroje a svítidla pro osvětlení pozemních komunikací	17
2.1 Světelné zdroje	17
2.1.1 Vysokotlaké rtuťové výbojky	17
2.1.2 Kompaktní zářivky	18
2.1.3 Halogenidové výbojky	19
2.1.4 Nízkotlaké sodíkové výbojky	19
2.1.5 Vysokotlaké sodíkové výbojky	20
2.1.6 Světelné diody (LED)	20
2.2 Svítidla	22
2.2.1 Optický systém svítidla	23
2.2.2 Optický systém LED svítidel	24
2.2.3 Reflektor	25
2.2.4 Čelní kryt svítidla	25
2.2.5 Elektrické části svítidel	27
2.2.6 Mechanické části svítidel	27
2.2.7 Svítidla – volba optimální varianty	27
3. Alternativní návrhy osvětlení pozemní komunikace výbojkovými a LED svítidly	29
3.1 Současný stav	29
3.2 Zatřídění komunikací	29
3.3 Návrh osvětlení výbojkovými svítidly	35
3.3.1 Osvětlení komunikace pro motorová vozidla	35
3.3.2 Osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté	36
3.3.3 Osvětlení parkoviště	37
3.3.4 Osvětlení přechodů pro chodce	38
3.3.5 Osvětlení chodníku	39
3.3.6 Vypočet osvětlení	39
3.4 Návrh osvětlení LED svítidly	47
3.4.1 Osvětlení komunikace pro motorová vozidla	47
3.4.2 Osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté	48
3.4.3 Osvětlení parkoviště	49

3.4.4 Osvětlení přechodů pro chodce.	. . . . .	50
3.4.5 Osvětlení chodníku	. . . . .	51
3.4.6 Vypočet osvětlení	. . . . .	51
4. Ekonomické a technické zhodnocení navržených variant.	. . . . .	59
4.1 Porovnání světelně technických parametrů navržených soustav	. . . . .	59
4.2 Energetická bilance	. . . . .	61
4.3 Ekonomické zhodnocení navržených variant	. . . . .	62
Závěr	. . . . .	66
Použitá literatura	. . . . .	67

Úvod

Veřejné osvětlení (dále jen VO) je dnes neodmyslitelnou součástí životního stylu. Rozvoj VO v průběhu 20. století dovolil rozvoj osobních, pracovních i společenských aktivit do nebyvalého rozsahu. Osvětlením veřejných prostranství a ploch je podpořena bezpečnost osob a majetku. Kromě toho nabývají, s rozvojem mobility obyvatel, na významu dvě další oblasti: dopravní bezpečnost a estetika – osvětlení učiní atraktivním dříve nevýrazný noční vzhled komunikací a významných objektů.

Úvodní kapitoly diplomové práce jsou zaměřeny na teorii a jsou v nich popsány základní světelně technické parametry a pojmy, používané světelné zdroje, svítidla a také normy, které se vztahují k VO.

V následující praktické části jsou provedeny výpočty alternativních variant osvětlení vybrané pozemní komunikace s použitím výbojkových a LED svítidel. Po výpočtech obě dvě varianty jsou porovnány z technického a ekonomického hlediska.

1. Základní parametry osvětlení pozemních komunikací

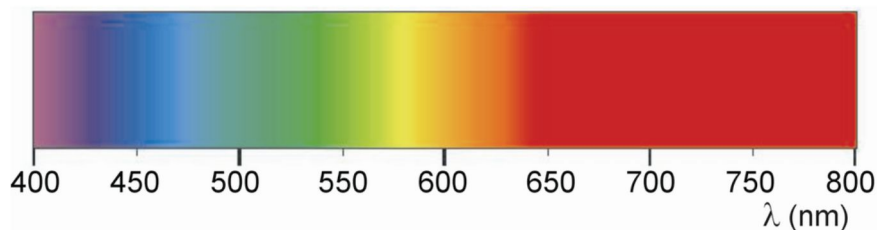
1.1 Světlo a osvětlení

Světlo, jako viditelná část spektra elektromagnetického záření, je zhodnocováno zrakovým orgánem. Působí na fyziologické, biologické i psychické funkce organismu. Zrak patří mezi nejdůležitější a nejcitlivější smyslové orgány člověka - lidské oko je v podmínkách denního vidění nejcitlivější na záření o vlnové délce 555 nm, pro noční vidění 505 nm. Prostřednictvím zraku získáváme z okolního prostředí téměř 80 % všech informací. Příjemný psychofyziologický stav, při kterém plní zrak optimálně svou funkci a člověk má pocit, že nejen dobře vidí, ale cítí se i psychicky dobře, se označuje jako zraková pohoda. Tento stav ovšem souvisí i s prostorovým a barevným členěním prostředí -výtvarným řešením a užitým uměním.

Námaha zraku při špatném osvětlení urychluje a zvyšuje únavu organismu, způsobuje vyšší vypětí a vzrušivost nervového systému, může se promítat i do psychických reakcí. Platí to nejen pro pracovní, ale i obytnou a rekreační složku ŽP včetně osvětlení venkovních prostorů - chodníků, vozovek a prostranství. Dokonalejším pouličním osvětlením po setmění lze snížit počet dopravních nehod až o 1/3. V tomto smyslu je proto osvětlení i mezním činitelem a proto se významně podílí na tvorbě ŽP [15].

S vývojem poznání o vlastnostech zraku se měnily i názory na kvalitu osvětlení. Kvalitní osvětlení má zabezpečit nejen dostatečné množství světelné energie, ale i její vhodné prostorové a časové rozložení. Zrakové pohody v ŽP dosáhneme jak přírodním - denním, tak umělým i sdruženým osvětlením. Význam umělého osvětlení neustále roste.

Světlo nezpůsobuje jen zrakový vjem, ale také barevný počitek. Barevné vlastnosti primárních světelných zdrojů se označují názvem chromatičnost nebo jsou popsány všeobecným indexem barevného podání R_a , barevné vlastnosti sekundárních světelných zdrojů se označují názvem kolorita. Záření každé vlnové délky viditelného světla budí barevný počitek. Každému barevnému počitku odpovídá určitá spektrální barva, kterou popisujeme barevným tónem. Složení viditelného světla je popsáno a znázorněno v tab. 1.1 a na obr. 1.1.



Obr. 1.1: Rozložení barev ve spektrální oblasti viditelného záření

Tab. 1.1 Barevné tóny viditelného světla

Vlnová délka λ (nm)	Barevný tón spektrální barvy
380 ÷ 420	Fialová
420 ÷ 440	Modrofialová
440 ÷ 460	Modrá
460 ÷ 510	Modrozelená
510 ÷ 560	Zelená
560 ÷ 590	Žlutá
590 ÷ 650	Oranžová
650 ÷ 780	Červená

1.2 Základní světelně technické veličiny a pojmy

Světelný tok odpovídá množství světla, které vyzařuje světelný zdroj či svítidlo. Udává se v lumenech (lm) a označuje se Φ (fí). Světelný tok tedy představuje výkon světelného zdroje či svítidla měřený ve světelně technických jednotkách. Např. vysokotlaká sodíková výbojka o příkonu 100 W vyzařuje světelný tok cca 10 000 lm.

Jas je měřítkem reakce lidského oka na světlo, které se odráží od pozorované plochy směrem k pozorovateli. Jas se označuje L a jednotkou je kandela na metr čtvereční (cd/m^2). Jas je veličina, kterou se hodnotí úroveň osvětlení na pozemních komunikacích vyšších tříd určených pro motorovou dopravu (ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Požadavky). Požadované průměrné hodnoty jasu povrchu zmíněných komunikací se pohybují v rozmezí 0,3 až 2 cd/m^2 .

Osvětlenost je měřítkem světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu. Označuje se písmenem E a jednotka osvětlenosti je lux (lx). Osvětlenost je veličina, kterou se hodnotí úroveň osvětlení na pozemních komunikacích nižších tříd (ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Požadavky) – především vedlejších komunikací s omezenou rychlostí vozidel, komunikací pro pěší či cyklisty apod. Požadované průměrné hodnoty osvětlenosti zmíněných komunikací se pohybují v rozmezí 2–50 lx.

Doba života světelného zdroje je doba, po kterou světelný zdroj splňuje stanovené požadavky. Doba života se označuje písmenem t a udává se v hodinách (h). Požadavky, na jejichž základě se posuzuje doba života zdroje, se vážou buď na pokles světelného toku v průběhu provozu (světelný tok každého světelného zdroje v provozu postupně klesá), nebo na podíl výpadku zdrojů ze zkoušeného souboru. Pro popis podílu výpadků zdrojů ze zkoušeného souboru se používá tzv. střední doba života, což je doba, po jejímž uplynutí

zůstává funkčních ještě 50 % světelných zdrojů. Pro charakterizování poklesu světelného toku světelných zdrojů se používá tzv. efektivní doba života, která odpovídá době provozu, po které klesne světelný tok na určitou hodnotu, např. 70 %.

Teplota chromatičnosti charakterizuje bílý tón barvy vyzařovaného světla. Označuje se T_c a udává se v kelvinech (K). Tón barvy bílého světla se obvykle dělí do tří skupin, a to světlo s teple bílým tónem barvy (méně než 3 300 K), s neutrálně bílým tónem (v rozmezí 3 300–5 300 K) a s chladně bílým tónem (více než 5 300 K). Například světelné diody se vyrábějí v širokém rozsahu teplot chromatičnosti (cca od 3 000 K do 8 000 K); naproti tomu klasické žárovky mají teple bílý tón světla s teplotou chromatičnosti 2 700 K.

Index podání barev R_a (-) vystihuje míru zkreslení vjemu barev pod určitým typem světelných zdrojů v porovnání s vjemem barev ve světle teplotních zdrojů (Slunce, žárovka). Index podání barev se pohybuje v rozmezí 0–100. Věrný vjem barev charakterizuje index podání barev 100 (světlo klasických či halogenových žárovek) a naopak případ, kdy člověk nerozlišuje barvy vůbec, charakterizuje index podání barev 0 (např. prakticky jednobarevné světlo nízkotlaké sodíkové výbojky).

Měrný výkon světelného zdroje udává účinnost přeměny elektrické energie na světelnou. Je roven poměru vyzařovaného světelného toku světelného zdroje a jeho elektrického příkonu. Měrný výkon se používá pro vzájemné porovnání účinnosti světelných zdrojů. Označuje se η (éta) a udává se v lumenech na watt (lm/W). Například sériově vyráběné světelné diody mají měrný výkon 150 lm/W .

Křivky svítivosti nebo také vyzařovací charakteristiky popisují rozložení světelného toku svítidla do prostoru.

Účinnost svítidla η_{sv} (-) udává míru využití světelného toku zdroje. Stanoví se jako poměr světelného toku vyzařovaného svítidlem a toku světelných zdrojů instalovaných ve svítidle. Například účinnost kvalitních svítidel určených pro osvětlování pozemních komunikací pro motorovou dopravu se pohybuje v rozsahu 80–90 %.

Činitel využití světelného toku svítidla η_e (-) je roven podílu světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu (např. plocha vozovky) a celkového toku vyzařovaného svítidlem. Popisuje skutečnost, že ne veškerý světelný tok vyzářený svítidlem dopadne na osvětlovaný povrch.

Udržovací činitel Z (-). Světelný tok vyzařovaný svítidly během provozu osvětlovací soustavy postupně klesá. Míru tohoto poklesu vystihuje udržovací činitel. Příčinou zmíněného snížení světelného toku je jednak pokles světelného toku zdrojů vlivem jejich stárnutí, a jednak znečištění a degradace optických částí svítidel. Požadované světelně technické parametry uváděné v normách musí však být dodrženy v průběhu celé doby provozu osvětlovací soustavy. Proto je nezbytné osvětlovací soustavu na počátku provozu předimenzovat.

Oslnění. Vyskytují-li se v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíly, popřípadě vzniknou-li velké prostorové či časové kontrasty jasů, které významně překračují meze adaptability zraku, vzniká oslnění. Oslnění je tedy nepříznivý stav zraku, k němuž dochází, je-li sítnice nebo její část vystavena jasu vyššímu, než na jaký je oko adaptováno. Oslnění je tím větší, čím větší je jas oslňujícího zdroje ve srovnání s jasnem adaptačním, čím větší je prostorový úhel, pod kterým je z daného místa oslňující zdroj vidět. Dále záleží na poloze oslňujícího zdroje vzhledem k ose pohledu pozorovatele. U oslnění rozlišujeme dva stupně psychologické a fyziologické. Omezení psychologického (rušivého) oslnění se řeší v interiérech s využitím indexu oslnění *UGR* (-). V exteriérech se řeší omezení fyziologického (oslňování) oslnění s využitím hodnocení prahového přírůstku *TI* (%)

1.3 Význam veřejného osvětlení

VO je součástí technické a dopravní infrastruktury obce. Mnohé vsi nemají doposud veřejný vodovod nebo kanalizaci, avšak VO mají snad všechny. Z toho je zřejmý význam VO pro život obce.

VO je významnou veřejnou službou, jejíž provoz je zajišťován z rozpočtů měst a obcí. Hlavním úkolem veřejného osvětlení je:

- podstatné zlepšení bezpečnosti silničního provozu zvláště v městech a obcích, a to nejen provozu motorových vozidel a povrchové veřejné dopravy, ale zvláště chodců a cyklistů, pohybujících se po komunikacích,
- ochrana osob a majetku před vlivy kriminality,
- dotváření vzhledu měst a obcí vhodným architektonickým řešením VO v závislosti na stávající historické a architektonické situaci dané lokality,
- vhodným venkovním osvětlením historických či jinak zajímavých objektů vyzdvihnout jejich jedinečný vzhled v noční krajině.

1.4 Základní prvky veřejného osvětlení

Veřejné osvětlení se dělí na dvě základní části:

- technická infrastruktura, kam patří zemní a horní vedení, a rozvaděče (zapínací místa)
- dopravní infrastruktura kam patří světelná místa, která tvoří nosné konstrukce a svítidla se světelnými zdroji

Světelné zdroje. Dominantní postavení ve světelných zdrojích pro veřejné osvětlení měst a obcí představují vysokotlaké sodíkové výbojky o výkonech 50, 70, 100, 150, 250 a 400 W. V některých vyspělých státech, kde již bylo přikročeno i k osvětlování celistvých úseků dálnic a silnic s výlučně motoristickým provozem i vysoce výkonné nízkotlaké sodíkové výbojky. Pro správce je rozhodující posouzení měrného výkonu světelného zdroje a jeho doby života.

Svítidla. Je nutná odborná orientace správce v nepřeberném množství typů a druhů svítidel nejrůznějších výrobců a dovozců. Kritériem musí být především činitel využití (podíl světelného toku dopadajícího na vozovku a celkového světelného toku emitovaného zdrojem světla), stupeň krytí světelně-činné (optické) části svítidla (nutno požadovat IP 65, s uzavřenou optikou a výměnami zdrojů do objímky v bajonetovém uzávěru s filtrem, který umožňuje tzv. "dýchání" svítidel bez nasávání atmosférických nečistot, zabraňuje svým provedením zásahu "lidského faktoru" při údržbě - např. vypadnutí těsnicí gumy – s následným znečištěním světelně-činné části hmyzem a spadem. Dalším kritériem musí být kvalita předřadníku (tlumivka, zapalovač, odrušení, kompenzace).

Nosné a podpěrné prvky v podstatě rozhodují o životnosti celého světelného místa, proto je nutné vyžadovat atest výrobce. Je nutno používat výhradně stožáry se zesílenou ochrannou manžetou v místě vetknutí do země, případně stožáry přírubové, stožáry s nejdokonalejší povrchovou úpravou (nejlépe vnější i vnitřní žárové pokovení). Důležité je i správné provedení základu stožáru a vstupu kabelového napájení do něj.

Technickou infrastrukturu tvoří přípojka z distribučního vedení, rozvaděč (zapínací místo) a vlastní rozvod, který může být tvořen zemními kabelem, horním vedením nebo horními kabelem. Rozvody zapínacích rozváděčů se v místech nejkratšího přiblížení větví, propojují tzv. havarijní smyčkou - t. j. nezapojený kabel zaústěný do stožárových rozvodnic nejbližších sousedních stožárů různých zapínacích bodů. Problémem napájecího systému VO je možné přepětí v síti (zejména v noční době při odlehčení zatížení energetické sítě), které výrazně zkracuje život světelných zdrojů. Proto je v poslední době dán důraz na doplňování napájecího systému VO stabilizátory a současně napěťovými regulátory. Při jejich výběru hraje hlavní roli pořizovací cena, spolehlivost, poměr výkonu regulátoru a skutečného rovnoměrně rozloženého instalovaného příkonu zapínacího rozváděče.

Ovládací systém má zajistit spolehlivé zapínání a vypínání podle spínacího kalendáře VO, případně regulaci a zpětnou kontrolu stavu (svítí - nesvítí), nejlépe z jednoho místa. Ovládání je zpravidla provedeno:

- samostatnými ovládacími kabelem od hlavního zapínacího místa
- kaskádním spojením (zapnuté VO od posledního stožáru zapíná další rozváděč)
- systémem HDO
- časovými spínači (hodinami - méně vhodné, časté přestavování, velká tolerance časů)
- fotoelektrickým spínačem (při dobrém seřizení - vhodnější než spínací hodiny)
- ručním zapínáním a vypínáním (neužívá se v praxi)

1.5 Základní názvosloví

Světelné místo - je každý stavební prvek v osvětlovací soustavě (stožár, nástěnný výložník nebo převěs) vybavený jedním nebo více svídky, nebo každé svídko v tunelech, průchodech apod. Světelné místo je jednoznačně identifikováno geografickými souřadnicemi

Zapínací místo - je elektrický rozváděč, který slouží k napájení a spínání veřejného osvětlení v určité oblasti, a kde se měří spotřeba el. energie. V rozváděči může být i jiné zařízení pro ovládání a regulaci osvětlení.

Světelný zdroj - je zdroj záření určený pro přeměnu některé formy energie (elektrická energie, plyn) ve světlo (žárovka, zářivka, výbojka apod.)

Svítilo - samostatné světelně-technické zařízení upravující světelný tok zdroje (jednoho nebo několika) k žádanému účelu. Obsahuje části potřebné k upevnění a ochranu světelných zdrojů a přívod energie k nim. Dále se dělí zejména na:

- uliční svítidla (asymetrický podélný charakter světelné stopy)
- parková svítidla (rotačně souměrné vyzařování)
- dekorační (historizující svítidla)

Osvětlovací soustava - kompaktní soubor prvků tvořící funkční zařízení, které splňuje požadavky na úroveň osvětlení prostoru. Zahrnuje svítidla, podpěrné a nosné prvky, elektrický rozvod, rozváděče, ovládací systém.

Osvětlovací stožár - podpora, jejíž hlavním účelem je nést jedno nebo několik svítidel a který sestává z jedné nebo více částí: dříku, případně nástavce; případně výložníku

Dříkový stožár - stožár bez výložníku, který bezprostředně nese svítidlo (dříkové svítidlo).

Jmenovitá výška - vzdálenost mezi montážním bodem na ose vstupu výložníku (dříku stožáru) do svítidla a předpokládanou úroveň terénu u stožárů kotvených do země anebo spodní hranou příruby stožáru u stožáru s přírubou.

Úroveň vetknutí - vodorovná rovina vedená místem vetknutí stožáru.

Vyložení - vodorovná vzdálenost mezi montážním bodem na ose vstupu výložníku do svítidla a osou stožáru (svislicí) procházející těžištěm příčného řezu stožáru v úrovni terénu.

Vyložení svítidla - půdorysná vzdálenost optického středu svítidla od kraje jízdního pruhu.

Výložník - část stožáru, která nese svítidlo v určité vzdálenosti od osy dříku stožáru; výložník může být jednoramenný, dvouramenný nebo víceramenný a může být připojen k dříku pevně nebo odnímatelně.

Úhel vyložení svítidla - úhel, který svírá osa spojky (spojovací část mezi koncem dříku nebo výložníku a svítidlem) svítidla s vodorovnou rovinou.

Sklon svítidla - uvádí úhel naklonění svítidla vůči vodorovné rovině

Osvětlovací výložník - výložník k upevnění svítidla na budovu, na výškovou stavbu nebo na jiný stožár než osvětlovací.

Elektrická část stožáru (elektrovýzbroj) - rozvodnice pro osvětlovací stožár (ve skřínce na stožáru, pod paticí, v prostoru pod dvířky bezpaticového stožáru) a elektrické spojovací vedení mezi rozvodnicí a svítidlem.

Patice - samostatná část osvětlovacího stožáru, která tvoří kryt elektrické výzbroje.

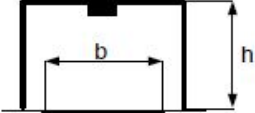





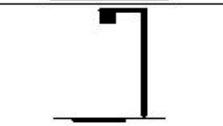

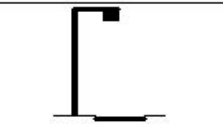

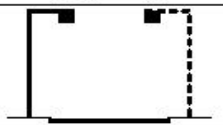
Převěs - nosné lano mezi dvěma objekty, na kterém je umístěno svítidlo.

1.6 Způsoby osvětlení

Základní druhy osvětlovacích soustav jsou definovány v ČSN 36 0400 - Veřejné osvětlení - a slouží jako základní prvek, nutný pro správný výpočet osvětlení.

V praxi se můžeme setkat s různými typy osvětlovacích soustav. Při rozmísťování svítidel ve veřejném osvětlení je vždy nutné myslet na třídu jednotlivých komunikací a především na možnosti rozmístění jednotlivých světelných míst. Soustavy VO jsou uvedeny v následující tabulce, kde označení **b** je šířka dané komunikace a označení **h** nám udává výšku svítidla.

Tab. 1.2 Soustavy VO

Název soustavy	Směrově rozdělené-jednosměrná komunikace s dělicím pásem	Směrově nerozdělené-obousměrné komunikace
Převěsová osová, $b=h$	-----	
Převěsová párová	-----	
Řetězec		-----
Párová, $b > 1,5h$		
Jednostranná, se stožáry na pravé straně vozovky, $b=h$		
Jednostranná, se stožáry na levé straně vozovky		
Vystřídaná, $b < 1,5h$		

V tabulce jsou shrnuty typy soustav veřejného osvětlení se vzájemným poměrem šířky vozovky vůči výšce svítidla.

1.7 Normy související s veřejným osvětlením

V následující podkapitole je stručný výpis významných norem a předpisů vztahujících se k veřejnému osvětlení.

Norma ČSN EN 13 201 Osvětlení pozemních komunikací se skládá ze čtyř částí:

- Část 1: Výběr třídy osvětlení
- Část 2: Výkonnostní požadavky
- Část 3: Výpočet výkonnostních parametrů
- Část 4: Metody měření výkonnostních parametrů

ČSN EN 13 201 – 1, Část 1: Výběr třídy osvětlení

Tato technická zpráva nabízí metodiku přiřazení požadavků na osvětlení venkovních dopravních prostorů, specifikuje třídy osvětlení uvedené v EN 13201-2 a poskytuje návod pro jejich použití.

Komunikace lze rozdělit do tří základních tříd osvětlení:

ME - komunikace pro vozidla se střední až vysokou povolenou rychlostí (**MEW** v případě převládajícího mokrého povrchu komunikace).

CE - komunikace v konfliktních oblastech jako jsou obchodní třídy, složitější křižovatky, okružní křižovatky, místa, kde se tvoří zácpy, apod.

S - komunikace především pro pěší a pro cyklisty a pro pomalou motorovou dopravu.

Dále existuje jedna ekvivaletní a dvě doplňkové třídy osvětlení:

A - alternativní třídy osvětlení ke třídám osvětlení **S**.

ES - doplňková třída osvětlení pro pěší zóny, za účelem snížení rizika kriminálního deliktu, doplňuje **CE** nebo **S**.

EV - doplňková třída osvětlení pro situace, kde je třeba zajistit dobrou viditelnost svislých ploch, např. na křižovatkách, doplňuje **CE** nebo **S**.

Zatřídění komunikace do příslušné třídy osvětlení je možno provést na základě získaných údajů o uživatelích hlavního dopravního prostoru, intenzitě dopravy, geometrii prostoru, jeho využití a o vlivu okolního prostředí na světelné podmínky na komunikaci. K vyhodnocení jednotlivých údajů slouží formulář pro zatřídění komunikace. Znalost údajů, které jsou obsaženy v tomto formuláři, je nezbytná pro zpracování kvalitního projektu veřejného osvětlení.

ČSN EN 13 201 – 2, Část 2: Výkonnostní požadavky

Definuje třídy osvětlení pro pozemní komunikace. Podle zatřídění komunikace dle ČSN CEN/TR 13201-1 stanovuje hodnoty pro jednotlivé třídy osvětlení v následujících veličinách:

- **Průměrný udržovaný jas povrchu komunikace \bar{L}_m (cd/m²)** – vyjadřuje celkovou úroveň jasu, která ovlivňuje řidiče. Závisí na osvětlenosti, odrazných vlastnostech povrchu komunikace a na poloze pozorovatele. Užívá se pro třídy osvětlení ME a MEW.
- **Celková rovnoměrnost osvětlení U_o (–)** – jasu povrchu pozemní komunikace, osvětlenosti úseku pozemní komunikace nebo polokulové osvětlenosti, poměr minimální a průměrné hodnoty.
- **Podélná rovnoměrnost osvětlení U_1 (–)** – jasu povrchu pozemní komunikace v jízdním pásu, nejnižší z hodnot podélných rovnoměrností v jízdních pruzích jízdního pásu. Je to poměr minimální a maximální hodnoty jasu.
- **Prahový přírůstek TI (%)** – míra zhoršení viditelnosti způsobeného omezujícím oslněním svítidly osvětlovací soustavy.
- **Činitel osvětlení okolí SR (–)** – (jízdního pásu pozemní komunikace) - poměr průměrné osvětlenosti definovaných pruhů mimo pozemní komunikaci, které bezprostředně přiléhají k okrajům jízdního pásu a průměrné osvětlenosti definovaných pruhů pozemní komunikace bezprostředně s nimi sousedících.
- **Průměrná udržovaná osvětlenost \bar{E}_m [lx]** - (úseku pozemní komunikace), průměrná vodorovná osvětlenost v oblasti pozemní komunikace, užívá se pro třídy osvětlení CE, S.
- **Minimální osvětlenost E_{min} [lx]** - nejmenší hodnota osvětlenosti úseku pozemní komunikace, užívá se pro třídu osvětlení S.

ČSN EN 13 201 – 3, Část 3: Výpočet výkonnostních parametrů

Definuje a popisuje výchozí předpoklady a postupy, které je třeba použít při výpočtech osvětlení pozemních komunikací.

ČSN EN 13 201 – 4, Část 4: Metody měření výkonnostních parametrů

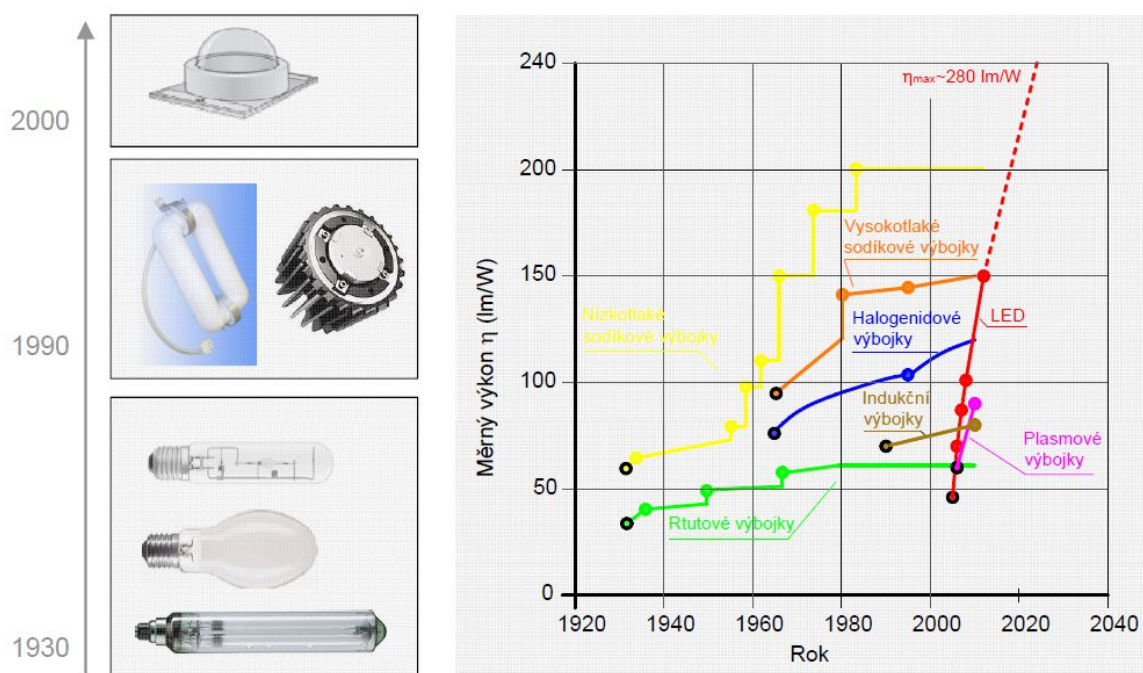
Tato část evropské normy určuje postupy vhodné pro fotometrická a s nimi související měření osvětlovacích soustav pozemních komunikací. Jsou uvedeny příklady protokolů o měření- Také poskytuje doporučení pro používání a výběr jasoměrů a luxmetrů a uvádí okolnosti, které mohou způsobit nepřesnosti v měření. Zároveň přináší návod, jak tyto nepřesnosti minimalizovat.

2. Světelné zdroje a svítidla pro osvětlení pozemních komunikací

2.1 Světelné zdroje

Světelný zdroj slouží k přeměně elektrické energie na světelnou. Mezi jeho základní parametry patří světelný tok Φ (lm), elektrický příkon P (W), měrný výkon η (lm/W), doba života t (h), index podání barev R_a ($-$), teplota chromatičnosti T_c (K). Podle způsobu vzniku světla se elektrické světelné zdroje dělí na teplotní, výbojové a polovodičové (LED). Ve veřejném osvětlení se v současnosti teplotní zdroje již nepoužívají.

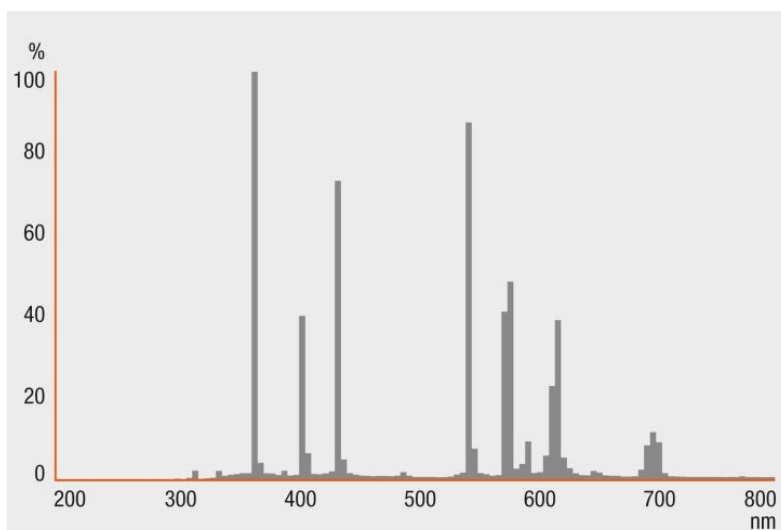
Světelné zdroje jsou hlavní součástí veřejného osvětlení a ovlivňují jeho podobu, energetickou náročnost, cenu i náklady na údržbu. Na většinu výbojových světelných zdrojů, předřadníků a svítidel se vztahuje nařízení (ES) č. 245/2009, doplněné nařízením č. 347/2010, které stanovuje minimální účinnosti a minimální kvalitativní parametry. Následující popis světelných zdrojů se zaměřuje na ty, které jsou v českém veřejném osvětlení nejvíce zastoupeny. Vývoj měrných výkonů světelných zdrojů pro veřejné osvětlení je graficky znázorněn na obr. 2.1.



Obr. 2.1. Vývoj světelných zdrojů používaných ve veřejném osvětlení

2.1.1 Vysokotlaké rtuťové výbojky

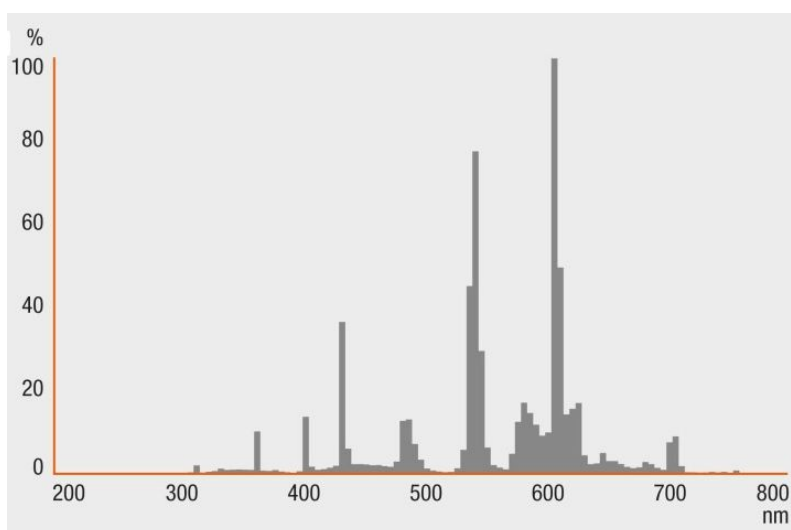
Vysokotlaké rtuťové výbojky vyzařují modrozelené až modrobílé světlo, v němž chybí červená složka. Vnímání barev ve světle těchto zdrojů je velmi zkresleno. Měrný výkon klasických rtuťových výbojek bývá 50 lm/W a střední doba života 20 000 hodin. Kvůli relativně nízkému měrnému výkonu a nevhodným barevným vlastnostem je tento typ výbojek stažen z trhu od roku 2015. V současnosti se tyto světelné zdroje nahrazují halogenidovými nebo vysokotlakými sodíkovými výbojkami.



Obr. 2.2. Světelné spektrum vysokotlaké rtuťové výbojky

2.1.2 Kompaktní zářivky

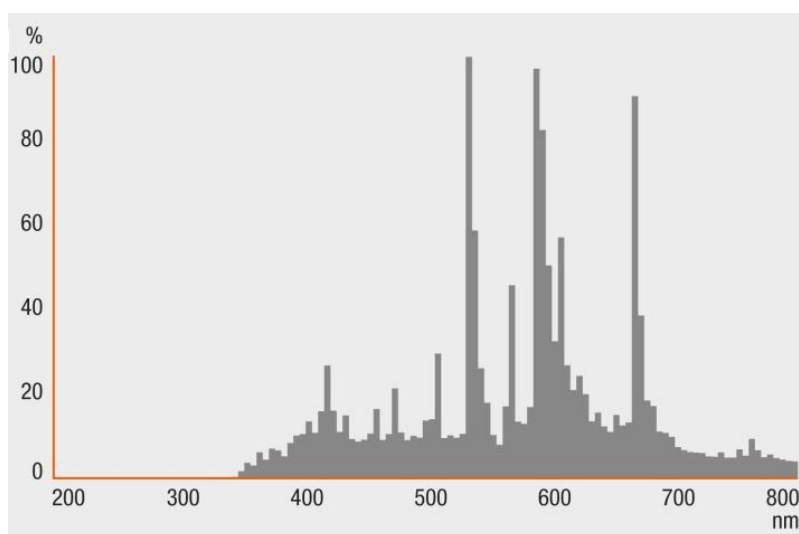
Zářivky jsou světelné zdroje, u kterých je záření generováno nízkotlakým výbojem v parách rtuti převážně v UV oblasti spektra a s využitím luminoforu je toto záření transformováno do viditelné oblasti spektra. Měrný výkon zářivek v závislosti na kvalitě luminoforu a typu předřadníku může dosahovat až 100 lm/W při střední době života až 15 000 hodin a kvalitním podání barev. Hlavní nevýhodou kompaktních zářivek je pokles světelného toku při poklesu teploty okolí. V našich zeměpisných šířkách se veřejné osvětlení provozuje převážně v období nižších teplot, kdy je již pokles světelného toku zářivek citelný. K nevýhodám kompaktních zářivek patří též poměrně velké rozměry vyzařovací plochy, což zhoršuje podmínky přesnějšího směřování světelného toku zdrojů optickým systémem svítidla na osvětlovanou plochu komunikace. Z uvedených důvodů je v České republice použití zářivek ve veřejném osvětlení zpravidla omezeno jen na komunikace nižších tříd. Použití pro osvětlení komunikací pro motorovou dopravu je nevhodné.



Obr. 2.3. Světelné spektrum kompaktní zářivky

2.1.3 Halogenidové výbojky

Halogenidové výbojky jsou vysokotlaké rtuťové výbojky, u nichž je světlo generováno nejen zářením par rtuti, ale převážně zářením par příměsí halových prvků a vzácných zemin. Dosahují obvykle měrného výkonu až 100 lm/W při střední době života 12 000 h a kvalitním podání barev ($R_a > 80$). Některé typy vykazují měrný výkon i 115 lm/W při střední době života 30 000 hodin. Halogenidové výbojky poskytují příjemné bílé světlo při věrnějším vjemu barev v porovnání s běžně používanými zdroji ve veřejném osvětlení. Při volbě halogenidových výbojek je třeba vzít v úvahu relativně nižší dobu života a vyšší cenu. Proto se halogenidové výbojky používají zejména k osvětlení městských částí se zvýšeným peším provozem (historická centra, nákupní třídy apod.) a pro osvětlení nebezpečných míst (přechody pro chodce, křižovatky apod.).



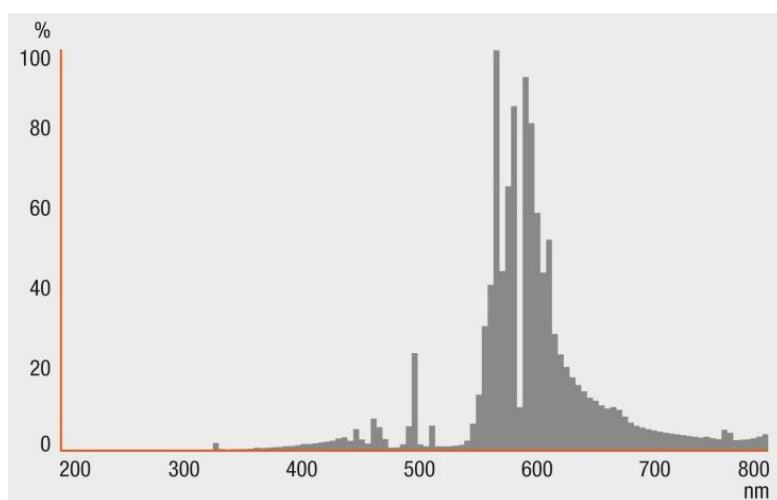
Obr. 2.4. Světelné spektrum halogenidové výbojky

2.1.4 Nízkotlaké sodíkové výbojky

Jsou to zdroje s nejvyšší účinností přeměny elektrické energie na světelnou. Jejich použití je však velice problematické. Dochází u nich k rychlém úbytku světelného toku. Podle rozborů vyplývá, že ve velkých soustavách je ekonomické vyměňovat světelné zdroje po úbytku cca 10% světelného toku. K tomu dochází u těchto zdrojů poměrně brzy. Stávají se tedy relativně drahými. K tomu přispívá i obtížné zpracování světelného toku díky rozměrům zdroje. Ve výsledku je pak celková účinnost kombinace svítidlo – světelný zdroj nižší než u téže dvojice s fyzicky vhodnějším zdrojem jako je například vysokotlaká sodíková výbojka. Další závažným nedostatkem je jejich monochromatické vyzařování – v jejich světle nelze rozlišovat barvy. S ohledem na tuto skutečnost se nízkotlaké sodíkové výbojky ve veřejném osvětlení používají výjimečně, například k osvětlení výpadových komunikací, tunelů.

2.1.5 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou založeny na výboji v parách sodíku a vykazují vysoké měrné výkony při dlouhé době života. Jejich nevýhodou je zhoršené podání barev. Vzhledem k velké účinnosti přeměny elektrické energie na světelnou (vysoký měrný výkon), dlouhé době života i jejich spolehlivosti jsou ve veřejném osvětlení nejpoužívanějšími zdroji. Vysokotlaké sodíkové výbojky se rozdělují podle svého konstrukčního provedení na válcové a elipsoidní. Válcové se používají ve svítidlech s přesnějším směřováním světelného toku a hodí se tak např. na osvětlení vozovek, chodníků a cyklostezek. Světlo elipsoidních výbojek se hůře směřuje a užívají se především pro celkové osvětlení venkovního prostoru (parky, náměstí, apod.), kde se požaduje nejen osvětlení komunikací, ale také vertikálních rovin (fasády budov, obličej chodců apod.).



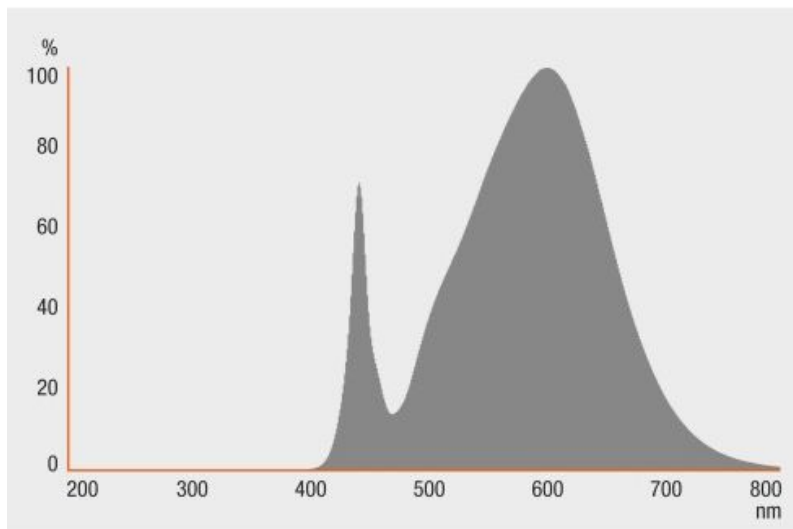
Obr. 2.5. Světelné spektrum vysokotlaké sodíkové výbojky

2.1.6 Světelné diody (LED)

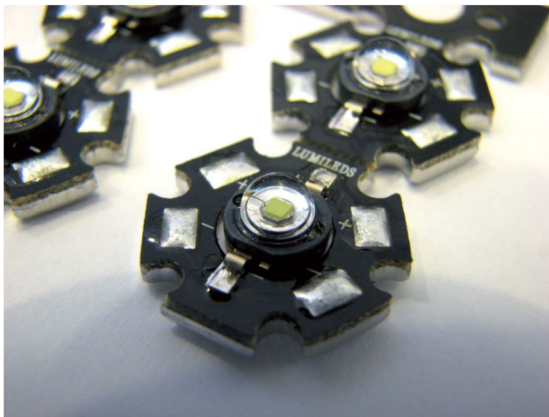
Světelné diody patří do skupiny polovodičových světelných zdrojů a vzhledem ke svým vlastnostem a parametrům jsou považovány za perspektivní zdroje pro oblast veřejného osvětlení. Bílé světlo lze u světelných diod získat dvěma způsoby. U prvního způsobu je záření generováno převážně v modré oblasti spektra a do ostatních částí spektra je transformováno s využitím luminoforu. U druhého způsobu se bílé světlo získává míšením tří základních barevných tónů (červená, zelená, modrá – tzv. RGB systém). Doposud se nejčastěji využívá prvního zmíněného způsobu. Měrné výkony světelných diod dosahují v současnosti až 150 lm/W při době života až 100 000 hodin (za předpokladu dodržení předepsaných teplotních poměrů při jejich provozu), a to i při dobrém podání barev ($R_a > 70$). K jejich dalším výhodám patří snadná regulace, možnost přesného usměrnění světelného toku (malé rozměry) a možnost volby barevného tónu světla. V současné době jsou světelné diody stále ve fázi vývoje, jejich měrný výkon i doba života neustále rostou (dnes jsou v laboratořích světelné diody s měrným výkonem cca 260 lm/W a očekává se růst až k hodnotám 280 lm/W) [11].

Světelné diody lze podle příkonu dělit do tří skupin:

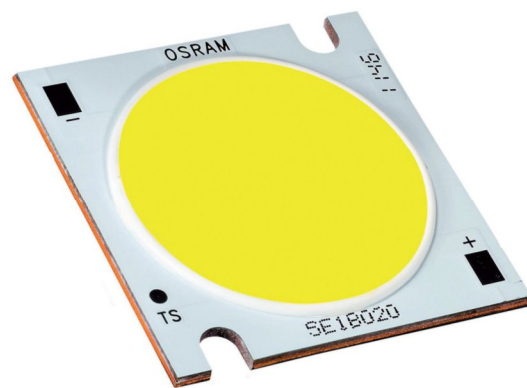
- standardní LED 0,1–1 W
- výkonové LED (HP LED) 1–10 W (obr. 2.6)
- vícečipové LED (COB LED) 10–180 W (obr. 2.7)



Obr. 2.6. Světelné spektrum LED zdroje



Obr. 2.7. Příklad výkonové diody 1 W, 350 mA (Philips)



Obr. 2.8. Příklad vícečipové diody (Osram)

Tab. 2.1 Porovnání světelných zdrojů vhodných pro veřejné osvětlení

Parametr	Světelný zdroj					
	Kompaktní zářivka	Rtuťová výbojka	Vysokotlaká sodíková výbojka	Nizkotlaká sodíková výbojka	Halogenidová výbojka	LED
Příkon P (W)	36 - 80	50 - 400	50 - 250	18 - 180	35 - 250	1 - 450
Světelný tok Φ (lm)	2 900 - 6 500	1 900 - 22 000	4 000 - 33 000	1 800 - 32 000	4 700 - 25 000	100 - 70 000
Měrný výkon η (lm/W)	50 - 80	37 - 57	75 - 130	100 - 175	80 - 100	100 - 150
Doba života (h)	až 20 000	až 12 000	až 28 000	až 20 000	až 18 000	až 100 000
Pokles Φ po 10 000 h (-)	0,85 - 0,97	0,8 - 0,99	0,8 - 0,95	0,75 - 0,8	0,55 - 0,80	0,95 - 0,99
Teplota chromatičnosti Tc (K)	2 700 - 6 500	3 500 - 4 200	2 000	1 800	3 000 - 4 000	2 600 - 8 500
Index podání barev Ra (-)	80 - 90	39 - 56	20 - 25	0	80 - 90	65 - 90
Výhody	dobré podání barev, nízké investiční náklady		vysoký měrný výkon, dlouhá doba života	vysoký měrný výkon	velmi dobré podání barev	vysoký měrný výkon, dlouhá doba života, velmi dobré podání barev
Nevýhody	teplotní závislost světelného toku, kratší doba života, horší usměrnění světelného toku	nízký měrný výkon, horší podání barev, kratší doba života	nízký index podání barev	index podání barev = 0, velký rozměr svítících částí	kratší doba života, vyšší investiční náklady	vysoká cena, teplotní závislost technických parametrů
Použití	Obslužné komunikace, rezidenční oblasti, pěší zóny, náměstí	Obslužné komunikace	Všechny typy komunikací mimo komunikace s převažujícím pohybem chodců	osvětlování výpadových silnic a dálnic	Pozemní komunikace s převažujícím pohybem chodců, přechody pro chodce	Všechny typy pozemních komunikací

2.2 Svítidla

Svítidlo je zařízení, které slouží nejen k úpravě rozložení světelného toku, ale také zajišťuje napájení, upevnění a ochranu světelného zdroje. Svítidla se obecně skládají ze tří základních částí: optické, elektrické a mechanické. Optická část slouží k usměrnění světelného toku světelných zdrojů do požadovaných směrů, případně ke změně jejich spektrálních vlastností. Elektrická část slouží k připojení světelných zdrojů k napájecí síti a popřípadě k úpravě napájecích podmínek pro světelný zdroj. Mechanické části pak slouží k upevnění světelného zdroje uvnitř optického systému a k jeho ochraně.

Ve veřejném osvětlení lze podle účelu rozlišit dva základní typy svítidel. První typ slouží pro osvětlení povrchu pozemních komunikací a jejich účelem je co nejučinněji osvětlit zmíněný povrch a maximálně omezit světlo vyzařované do jiných směrů. Druhý typ je určen pro osvětlení veřejných prostorů, tedy nejen povrchů komunikací, ale také vertikálních ploch, aby uživatelé byli schopni jak rozlišovat překážky na komunikaci, tak dobře vnímat okolní

prostředí, včetně obličejů ostatních uživatelů, fasád budov, zeleně a dalších prvků městského prostoru.

Obecné požadavky na svítidla VO:

1) světelně-technické vlastnosti

- světelná účinnost má být vysoká t. j. 80 – 85 %
- svítidlo musí usměrnit světlo pouze do požadovaných směrů
- rozložení svítivosti v jednotlivých rovinách má umožnit docílení požadovaného jasů, resp. intenzity osvětlení
- zábrana oslnění se vyžaduje a je předepsána u tříd osvětlení u komunikaci pro motorovou dopravu
- stálost světelně technických vlastností

2) konstrukční řešení

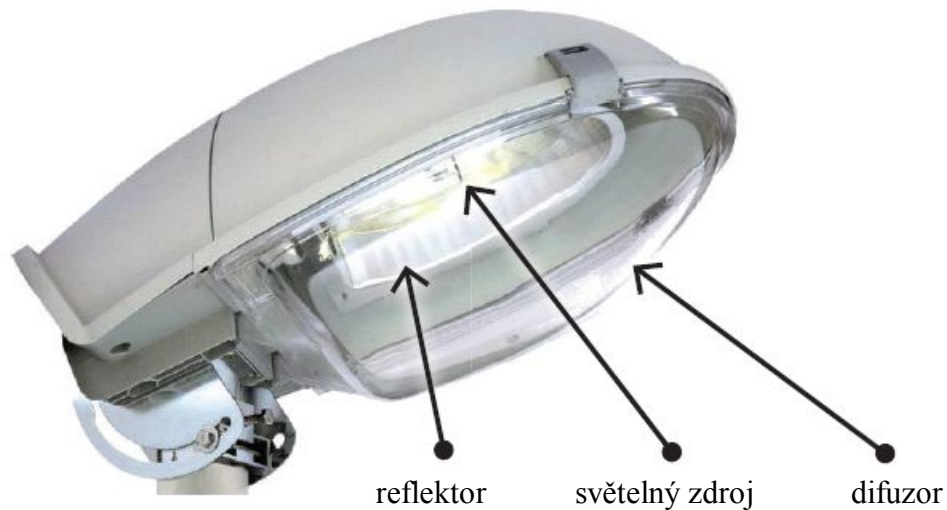
- požaduje se jednoduchá montáž
- přístup k světelnému zdroji, svorkovnici, předřadníku apod. má být nekomplikovaný a bez použití speciálního nářadí
- krytí optické části má vyšší požadavky než prostor pro elektroinstalační materiál
- doba životnosti svítidla se posuzuje podle doby stálosti světelně-technických vlastností, životnosti předřadníku a kvality materiálů a povrchové úpravy konstrukčních částí svítidla
- možnost recyklace použitých materiálů

3) tvarové a barevné řešení

- vhodnost použití pro motoristické komunikace
- vhodnost použití pro pěší zóny
- respektování urbanistiky a památkově ceněných oblastí
- tvar svítidla by neměl podléhat krátkodobým módním vlivům

2.2.1 Optický systém svítidla

Světelný tok většiny světelných zdrojů je vyzařován do celého prostoru. Optický systém svítidel světelný tok usměrnit do dolního poloprostoru a upravit jeho rozložení podle charakteru osvětlované plochy. K tomuto účelu se používají reflektory, refraktory, čočky nebo difuzory, případně jejich kombinace (obr. 2.6). Reflektor primárně usměrňuje světlo vycházející ze světelného zdroje odrazem, refraktor a čočka lomem, difuzor rozptylem.



Obr. 2.6. Příklad optického systému svítidla pro osvětlení pozemní komunikace s vysokotlakou sodíkovou výbojkou

2.2.2 Optický systém LED svítidel

U svítidel se světelnými diodami se používá dvou základních typů optických systémů, a to:

- optický systém je součástí svítidla a usměrňuje světelný tok diod, resp. jejich modulů (obr. 2.7)
- optický systém je součástí světelných diod, resp. jejich modulů (obr. 2.8)

Ve svítidlech s prvním optickým systémem se zpravidla používají vícečipové světelné diody (COB LED), neboť jejich vyzařovací plocha je relativně velká a vyžaduje rozměrnější optický systém. Ve svítidlech s druhým typem optického systému se zpravidla využívají výkonové světelné diody (HP LED), jejichž vyzařovací plocha je velmi malá.



Obr. 2.7. Příklad svítidla s vlastním optickým systémem (reflektorem), osazeného LED modulem



Obr.2.8. Příklad svítidla s LED vybavenými optickým systémem (optické čočky)

2.2.3 Reflektor

Optické vlastnosti reflektoru jsou závislé na materiálu (jeho povrchové vrstvě) a způsobu jeho zpracování.

- Lakované (smaltované) reflektory jsou v případě technických svítidel takřka nepoužívané.
- Používá se běžný matovaný hliník, který má činitel odrazu světla 55÷60%.
- něco kvalitnější je leštěný hliník s činitelem odrazu 60÷72%.
- Nejlepší je plátovaný hliník, kde mikroskopická vrstva téměř čistého hliníku (99,9%) zaručuje činitel odrazu 72÷90%.

Neméně významný je též tvar reflektoru. U méně kvalitních svítidel se používají, tvarově jednoduché výlisky, které nezaručují dostatečně kvalitní zpracování přesměrování světelného toku. Pokud jsou navíc matné, pak jejich odraz je spíše difusní, takže světlo opouští dutinu svítidla po několika odrazech, což významně snižuje účinnost svítidla. Kvalitnější svítidla již mají složitější reflektor a používají i kvalitnější, zrcadlově odrážející materiály. Jejich účinnost je vyšší, než je tomu u svítidel předešlých. Svítidla nejvyšší kvality již používají složitě tvarované reflektory – tzv. radiálně fasetované, které jsou buď z plátovaného hliníku, nebo se používají plastové výlisky vysoké přesnosti na kterých je napařena vysoce odrazná (a odolná) vrstva. Taková svítidla dosahují velmi vysokých účinností.

2.2.4 Čelní kryt svítidla

Druhým optickým prvkem majícím rozhodující vliv na vlastnosti svítidla, tedy jeho účinnost a rozložení světelného toku je čelní kryt. U technických svítidel se prakticky bez výjimky používají průhledné materiály:

- Tvrzené sklo – barevně stabilní, odolává teplotě (jsou podmínkou pro použití některých světelných zdrojů), obtížněji se tvaruje, takže se používá jako ploché nebo mírně vypouklé, vyšší váha ztěžuje manipulaci. Svítidla s plochými skly mají nižší účinnost, menší vyzařovací úhel a horší schopnost optického vedení než svítidla s klasickými vypouklými mísami.
- Antireflexní tvrzené sklo. Vylepšuje do určité míry nepříznivé vlastnosti svítidel s plochým sklem. Avšak za ještě vyšší cenu než u svítidel s tvrzeným sklem.
- PC (polykarbonát) – pro svítidla v tzv. antivandal provedení – materiál je běžnými prostředky nerozbitný, avšak stárne a po cca 3÷6 letech se zakalí – zažloutne a je nutné jej vyměnit za nový.
- PMMA (polymethylmetakrylát) – je barevně stálý, má však nižší mechanickou odolnost než PC.

Účinnost svítidla ovlivňuje do značné míry tvar čelního krytu.

- plastový vypouklý čelní kryt je nejběžnější. Jeho tvar nelze volit libovolně, tedy pouze z estetického hlediska, protože ovlivňuje ztráty průchodem paprsku. Čím více se směr průchozího paprsku blíží normále, tím menší jsou ztráty. Svítidla s vypouklým difuzorem mají nejlepší poměr cena/výkon.
- jinou variantou je čelní kryt s refraktorem, což je vypouklý čelní kryt, který je však tvarován tak, že tvoří tzv. Fresnelovu čočku. Jedná se v podstatě o hranoly, které lámou světlo a přeměrují tak paprsky vycházející ze svítidla žádoucím směrem. Svítidla s takovými čelními kryty jsou neúčinnější. Žel jsou také technologicky náročná na výrobu a tedy i dražší. Nejsou ani běžnou produkcí výrobců.
- ploché sklo – světlo odražené od reflektoru dopadá na ochranné sklo v normálovém směru jen výjimečně. Jakmile dopadá pod větším úhlem od normály (kolmice na rovinu skla), tak se zvětšují ztráty průchodem (světlo prochází silnější vrstvou skla) a větší část (než při kolmém průchodu) se odrazí zpět do svítidla, takže dojde k dalším ztrátám odrazem. Tím se svítidlo odlišuje od ideálního stavu, kdy dochází pouze k jednomu odrazu. Ztráty odrazem a větším pohlcením dosahují pro větší úhly až 80%. Proto jsou svítidla s tvrzeným sklem méně účinná než svítidla s „klasickým“ (vypouklým) difuzorem a také vyzařují světlo pod menším úhlem než „klasická“ svítidla, takže pro dosažení vyhovující rovnoměrnosti na komunikaci se musí umisťovat v menších roztečích nebo na vyšší stožáry – potom se ovšem musí osadit světelný zdroj s vyšším světelným tokem (a tedy i příkonem). Toto navýšení počtu je podle typu komunikace 1,05-1,35×. To znamená vyšší investiční i provozní náklady.
- ploché sklo – antireflexní – díky této úpravě procházejí sklem světelné paprsky s menšími ztrátami. Nevýhoda tohoto materiálu je v jeho ceně.
- mírně vypouklé sklo – (obr. 3.8) je varianta svítidla s plochým sklem, avšak alespoň částečně snižující nevýhody zcela plochých (tvrzených) skel. Svítidla mají účinnost lepší než s tvrzeným plochým sklem, ale horší než s „klasickým“ čelním krytem.

2.3 Elektrické části svítidel

Elektrické části svítidel slouží k připojení, upevnění a provozu světelných zdrojů a svítidel. Patří sem: objímky žárovek, vypínače, zásuvky a vidlice, vnitřní vedení vodiče, vnější vedení, připojovací a propojovací svorky, svítidlová krabice, předřadné přístroje, zapalovač, kondenzátory. Jednotlivé části musí odpovídat použitým světelným zdrojům. Použitím jiných světelných zdrojů se mění i připojovací podmínky. Některé části se vyskytují u všech svítidel, jiné jen tam, kde to vyžadují podmínky použití nebo světelné zdroje.

Světelné zdroje užívané pro veřejné osvětlení potřebují pro svůj provoz předřadné zařízení, tzv. předřadník, zpravidla umístěný ve svítidle. Rozlišují se dva typy předřadníku: elektromagnetický (indukční – tlumivka) a elektronický. Doposud nejpoužívanějším typem je elektromagnetický předřadník. Elektronický předřadník zajišťuje lepší napájecí podmínky pro světelné zdroje, obvykle prodlužuje dobu života zdroje a v porovnání s elektromagnetickým předřadníkem má nižší ztráty (příkon svítidla je nižší při stejném světelném toku). Jeho nevýhodou je vyšší pořizovací cena. Předřadník musí být užit pro konkrétní typ a výkon světelného zdroje.

2.4 Mechanické části svítidel

Mechanické části svítidel slouží nejen jako ochranné nebo nosné části světelných zdrojů, ale i světelně technických a elektrotechnických konstrukčních prvků. Slouží k upevnění svítidel. K mechanických částem svítidla patří: ochranná skla, ochranná mříž, nosná konstrukce, zařízení pro nastavení sklonu svítidla, závěsy, upevňovací části, vidlice, klouby a stojany pro svítidla pro místní osvětlení. Protože jednotlivé díly mají velmi rozdílný význam a jsou různě zatíženy, najdou zde použití různé materiály. Jako ochranná skla jsou převážně používána křemenná skla. Svítidla musí mít potřebnou mechanickou pevnost a musí být odolná vůči korozi a vyhovět předepsaným oteplovacím zkouškám.

2.5 Svítidla – volba optimální varianty

Pro konkrétní prostor je třeba volit svítidla podle činitele využití, respektive tvaru křivky svítivosti.

Několik příkladů volby optické charakteristiky svítidla:

- Pro osvětlování běžných komunikací se použijí svítidla s asymetrickou a širokou charakteristikou rozložení svítivosti ve směru podélném s osou komunikace a úzkou (nebo širokou - podle šířky komunikace) ve směru příčném – běžná svítidla pro osvětlování komunikací.
- Pro rozsáhlá prostranství (náměstí) jsou vhodná svítidla s rovnoměrnou, rotačně symetrickou charakteristikou rozložení svítivosti – například svítidla s difuzorem ve tvaru koule s refraktorem a pokoveným vrchlíkem. Pro případ, že bude žádoucí

osvětlit např. fasády přilehlých budov, je vhodné nechat část světelného toku směřovat i do horního poloprostoru.

- Pro přechody pro chodce je žádoucí použít speciální svítidla, která mají tzv. biasymetrickou křivku svítivosti.
- Pro cyklistické stezky nabízejí přední výrobci svítidla s extrémně širokou charakteristikou rozložení svítivosti ve směru jízdní dráhy a extrémně úzkou ve směru příčném. U špičkových svítidel lze dosáhnout roztečí mezi svítidly rovné až desetinásobku jejich výšky nad terénem (60 m pro svítidla ve výšce 6 metrů)

3. Alternativní návrhy osvětlení pozemní komunikace výbojkovými a LED svítidly

3.1 Současný stav

Pro návrh osvětlení byla vybraná ulice Jana Palacha v Mladé Boleslavi v úseku mezi ulicemi Havlíčkova a Jirásková. Stávající osvětlení ulice bylo postaveno v roce 1976 a je řešeno dvěma rozdílnými světelnými větvemi (obr. 3.1). První větev tvoří jednoramenná uliční svítidla s vysokotlakými sodíkovými výbojkami o příkonu 150W. Druhou větev tvoří dvouramenná svítidla s vysokotlakými sodíkovými výbojkami o příkonu 150W. Svítidla obou větví jsou umístěná na stožárech ve výšce cca 11 m.



Obr. 3.1. Současný stav

3.2 Zatřídění komunikací

Z hlediska funkčního uspořádání byl řešený prostor rozčleněn do pěti tzv. relevantních oblastí, podle způsobu využití, hlavních uživatelů, hustoty provozu a dalších parametrů (obr. 3.2). Zatřídění je provedeno dle ČSN EN 13201-1 a ČSN EN 13201-2.

1) Komunikace pro motorová vozidla

Tento úsek pozemní komunikace je dlouhý cca 430 m a má šířku 8,5 m, v místech kde jsou z obou stran povolena příčná parkovací stání, činí šířka 18,5m.

2) Společná komunikace pro pěší a cyklisté

Tato komunikace se nachází z levé strany komunikaci pro motorová vozidla, je od ní oddělená 4 m širokým pásem zelení a má šířku 5 m.

3) Chodník

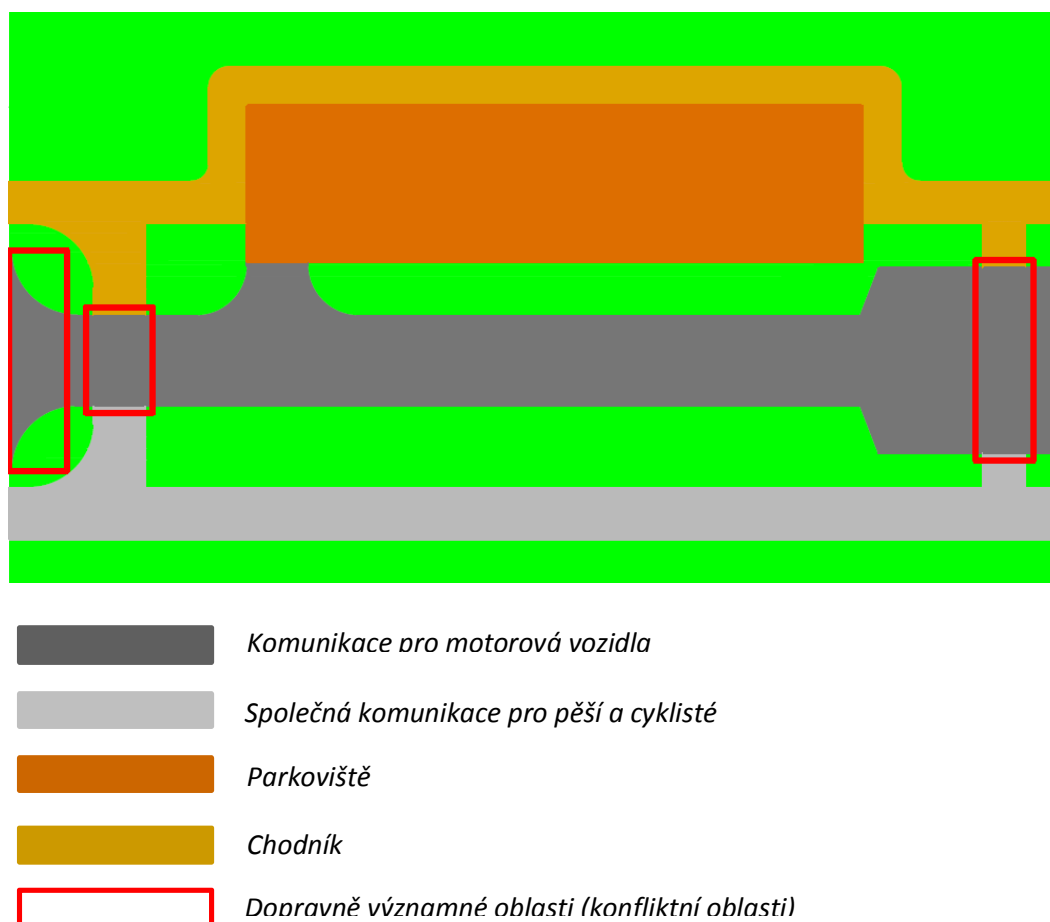
Chodník se nachází z pravé strany komunikaci pro motorová vozidla, je od ní oddělený 5 m širokým pásem zelení a má šířku 4 m.

4) Parkoviště

Parkoviště se nachází z pravé strany podél komunikaci pro motorová vozidla a má rozměry 63 x 16 m.

5) Dopravně významné oblasti (konfliktní oblasti)

V rámci řešeného prostoru se vyskytují oblasti, které jsou z hlediska dopravy významné a potenciálně nebezpečné (konfliktní oblasti). Patří mezi ně vyústění komunikace pro motorová vozidla do prostoru křižovatek, parkovací plochy podél komunikace a přechody pro chodce. V oblastech přechodů pro chodce se počítá s přisvětlením těchto prostorů speciálními svítidly. Se speciálním osvětlením se v oblastech křižovatek a parkovacích ploch nepočítá, požadované parametry zajistí navržená světelná soustava.



Obr. 3.2. Funkční a prostorové členění

1) Komunikace pro motorová vozidla

Tab. 3.1. Zatřídění komunikace pro motorová vozidla

Formulář pro výběr třídy osvětlení													
<i>Skupiny světelných situací</i>													
Uživatel	Hlavní	Motorová doprava			Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci		
		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
	Další povolený uživatel	Motorová doprava			Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci		
	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
	Nepovolený uživatel	Motorová doprava			Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci		
		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Typická rychlost hlavního uživatele [km/h]		> 60			> 30 ≤ 60			> 5 ≤ 30			Rychlost chůze		
		<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Skupina světelné situace		A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	D2	D3	D4	E1	E2
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Charakteristické parametry</i>													
Konfliktní oblast		Ano						Ne					
		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Složitost zorného pole		Běžná						Velká					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Náročnost navigace		Běžná						Větší než běžná					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Parkující vozidla		Ano						Ne					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Riziko kriminality		Běžné						Větší než běžné					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Rozpoznání obličejů		Není potřebné						Potřebné					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Jas okolí		Malý			Střední			Velký					
		<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>					
Převládající počasí		Suché						Vlhké					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Stavební opatření ke zklidnění dopravy		Ano						Ne					
		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Směrově rozdělená komunikace		Ano						Ne					
		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Druh křižovatky		Mimoúrovňové						Úrovňové					
		Vzdálenost křižovatek [km]						Hustota [křižovatky/km]					
		> 3			≤ 3			< 3			≥ 3		
		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Intenzita silničního provozu za den		< 4 000			4 000 až 7 000			7 000 až 15 000			15 000 až 25 000		
		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Intenzita cyklistického provozu		Běžná						Velká					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Intenzita pěšího provozu		Běžná						Velká					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					

Tab. 3.2. Výsledky zatřídění komunikace pro motorová vozidla

Třída osvětlení	ME 4b				
Parametry	Lm (cd/m ²)	U _o (-)	U _l (-)	TI (%)	SR (-)
	0,75	0,40	0,50	15	0,5

2) Společná komunikace pro pěší a cyklisté

Tab. 3.3. Zatřídění společné komunikace pro pěší a cyklisté

Formulář pro výběr třídy osvětlení													
<i>Skupiny světelných situací</i>													
Uživatel	Hlavní	Motorová doprava <input type="checkbox"/>			Velmi pomalá vozidla <input type="checkbox"/>			Cyklisté <input checked="" type="checkbox"/>			Chodci <input checked="" type="checkbox"/>		
	Další povolený uživatel	Motorová doprava <input type="checkbox"/>			Velmi pomalá vozidla <input type="checkbox"/>			Cyklisté <input type="checkbox"/>			Chodci <input type="checkbox"/>		
	Nepovolený uživatel	Motorová doprava <input checked="" type="checkbox"/>			Velmi pomalá vozidla <input checked="" type="checkbox"/>			Cyklisté <input type="checkbox"/>			Chodci <input type="checkbox"/>		
Typická rychlost hlavního uživatele [km/h]		> 60 <input type="checkbox"/>			> 30 ≤ 60 <input type="checkbox"/>			> 5 ≤ 30 <input checked="" type="checkbox"/>			Rychlost chůze <input checked="" type="checkbox"/>		
Skupina světelné situace		A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	D2	D3	D4	E1	E2
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Charakteristické parametry</i>													
Konfliktní oblast		Ano <input type="checkbox"/>						Ne <input checked="" type="checkbox"/>					
Složitost zorného pole		Běžná <input checked="" type="checkbox"/>						Velká <input type="checkbox"/>					
Náročnost navigace		Běžná <input checked="" type="checkbox"/>						Větší než běžná <input type="checkbox"/>					
Parkující vozidla		Ano <input type="checkbox"/>						Ne <input checked="" type="checkbox"/>					
Riziko kriminality		Běžné <input checked="" type="checkbox"/>						Větší než běžné <input type="checkbox"/>					
Rozpoznání obličeje		Není potřebné <input checked="" type="checkbox"/>						Potřebné <input type="checkbox"/>					
Jas okolí		Malý <input type="checkbox"/>			Střední <input checked="" type="checkbox"/>				Velký <input type="checkbox"/>				
Převládající počasí		Suché <input checked="" type="checkbox"/>						Vlhké <input type="checkbox"/>					
Stavební opatření ke zklidnění dopravy		Ano <input type="checkbox"/>						Ne <input checked="" type="checkbox"/>					
Směrově rozdělená komunikace		Ano <input type="checkbox"/>						Ne <input checked="" type="checkbox"/>					
Druh křižovatky		Mimoúrovňové						Úrovňové					
		Vzdálenost křižovatek [km]						Hustota [křižovatky/km]					
		> 3 <input type="checkbox"/>			≤ 3 <input type="checkbox"/>			< 3 <input checked="" type="checkbox"/>			≥ 3 <input type="checkbox"/>		
Intenzita silničního provozu za den		< 4 000 <input type="checkbox"/>			4 000 až 7 000 <input checked="" type="checkbox"/>			7 000 až 15 000 <input type="checkbox"/>			15 000 až 25 000 <input type="checkbox"/>		
Intenzita cyklistického provozu		Běžná <input type="checkbox"/>						Velká <input checked="" type="checkbox"/>					
Intenzita pěšího provozu		Běžná <input checked="" type="checkbox"/>						Velká <input type="checkbox"/>					

Tab. 3.4. Výsledky zatřídění komunikace pro pěší a cyklisté

Třída osvětlení	S4	
	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Parametry	≥5	≥1

3) Chodník

Tab. 3.5. Zatřídění chodníku

Formulář pro výběr třídy osvětlení													
<i>Skupiny světelných situací</i>													
Uživatel	Hlavní	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				
	Další povolený uživatel	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				
	Nepovolený uživatel	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci				
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				
Typická rychlost hlavního uživatele [km/h]		> 60			> 30 ≤ 60			> 5 ≤ 30			Rychlost chůze		
		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Skupina světelné situace		A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	D2	D3	D4	E1	E2
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Charakteristické parametry</i>													
Konfliktní oblast		Ano						Ne					
		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Složitost zorného pole		Běžná						Velká					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Náročnost navigace		Běžná						Větší než běžná					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Parkující vozidla		Ano						Ne					
		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Riziko kriminality		Běžné						Větší než běžné					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Rozpoznání obličeje		Není potřebné						Potřebné					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Jas okolí		Malý			Střední			Velký					
		<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>					
Převládající počasí		Suché						Vlhké					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Stavební opatření ke zklidnění dopravy		Ano						Ne					
		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Směrově rozdělená komunikace		Ano						Ne					
		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Druh křižovatky		Mimoúrovňové						Úrovňové					
		Vzdálenost křižovatek [km]						Hustota [křižovatky/km]					
		> 3			≤ 3			< 3			≥ 3		
		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Intenzita silničního provozu za den		< 4 000			4 000 až 7 000			7 000 až 15 000			15 000 až 25 000		
		<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Intenzita cyklistického provozu		Běžná						Velká					
		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					
Intenzita pěšího provozu		Běžná						Velká					
		<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					

Tab. 3.6. Výsledky zatřídění chodníku

Třída osvětlení	S5	
	E_m (lx)	E_{min} (lx)
	Parametry	≥3	≥0,6

4) Parkoviště

Tab. 3.7. Zatřídění parkoviště

Formulář pro výběr třídy osvětlení													
<i>Skupiny světelných situací</i>													
Uživatel	Hlavní	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci				
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				
	Další povolený uživatel	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci				
		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				
	Nepovolený uživatel	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla			Cyklisté			Chodci				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				
Typická rychlost hlavního uživatele [km/h]		> 60			> 30 ≤ 60			> 5 ≤ 30			Rychlost chůze		
		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Skupina světelné situace		A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	D2	D3	D4	E1	E2
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Charakteristické parametry</i>													
Konfliktní oblast	Ano						Ne						
	<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>						
Složitost zorného pole	Běžná						Velká						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						
Náročnost navigace	Běžná						Větší než běžná						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						
Parkující vozidla	Ano						Ne						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						
Riziko kriminality	Běžné						Větší než běžné						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						
Rozpoznání obličeje	Není potřebné						Potřebné						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						
Jas okolí	Malý			Střední				Velký					
	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>					
Převládající počasí	Suché						Vlhké						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						
Stavební opatření ke zklidnění dopravy	Ano						Ne						
	<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>						
Směrově rozdělená komunikace	Ano						Ne						
	<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>						
Druh křižovatky	Mimoúrovňové						Úrovňové						
	Vzdálenost křižovatek [km]						Hustota [křižovatky/km]						
	> 3			≤ 3			< 3			≥ 3			
	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
Intenzita silničního provozu za den	< 4 000			4 000 až 7 000			7 000 až 15 000			15 000 až 25 000			
	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
Intenzita cyklistického provozu	Běžná						Velká						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						
Intenzita pěšího provozu	Běžná						Velká						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>						

Tab. 3.8. Výsledky zatřídění parkoviště

Třída osvětlení	CE5	
	E_m (lx)	U_o (-)
Parametry	≥7,5	≥0,4

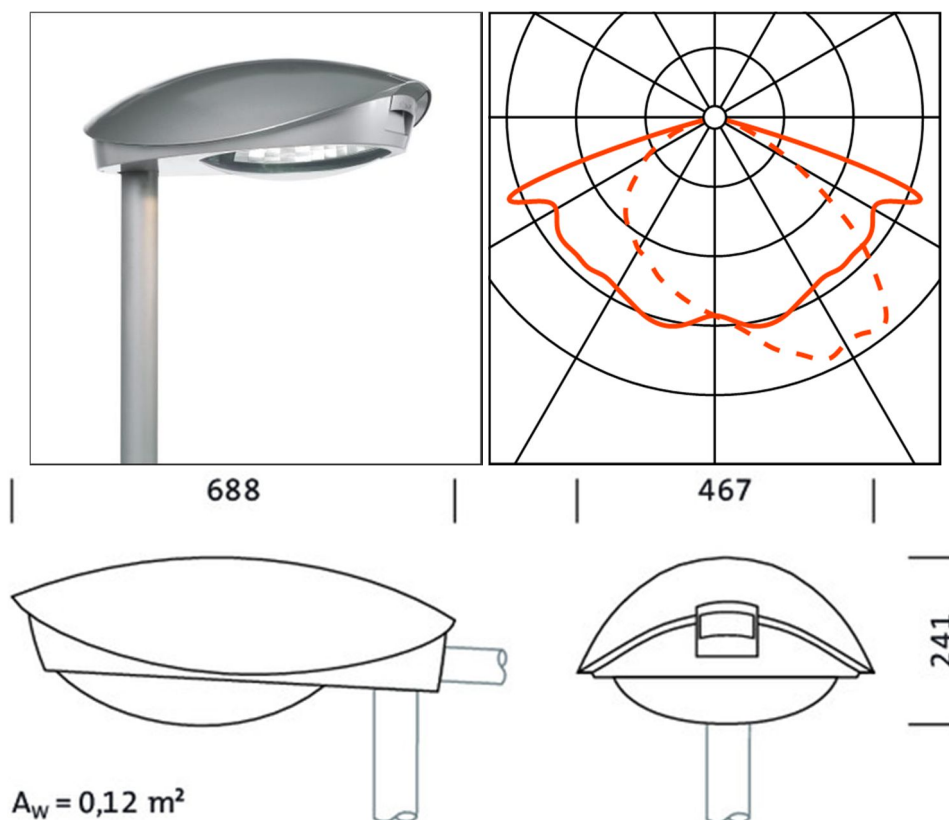
3.3 Návrh osvětlení výbojkovými svítidly

3.3.1 Osvětlení komunikace pro motorová vozidla

Pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla jsou navrženy dvě osvětlovací větve, rozmístěných z obou stran komunikace. Každou větev tvoří 12 svítidel Siteco SQ 100 instalovaných na stožárech ve výšce 11 m. Svítidla jsou osazena vysokotlakými sodíkovými výbojkami o výkonu 100 W.

Stožárové svítidlo Siteco SQ 100 má následující světelně technické parametry:

- reflektor: vysoce účinné fasetové zrcadlo s reflexní vrstvou čistého hliníku
- čelní kryt: tvrzené transparentní bezpečnostní polovypouklé sklo
- měrný výkon svítidla: 75 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: tlakově litý hliník
- délka: 688 mm, šířka: 467 mm, výška: 218 mm
- montáž: stožár, výložník 42 – 60 mm
- stupeň krytí IP 66, třída ochrany II
- napájecí napětí: 230V AC, 50Hz
- příkon 118 W
- světelný zdroj: 1x HST 100 W



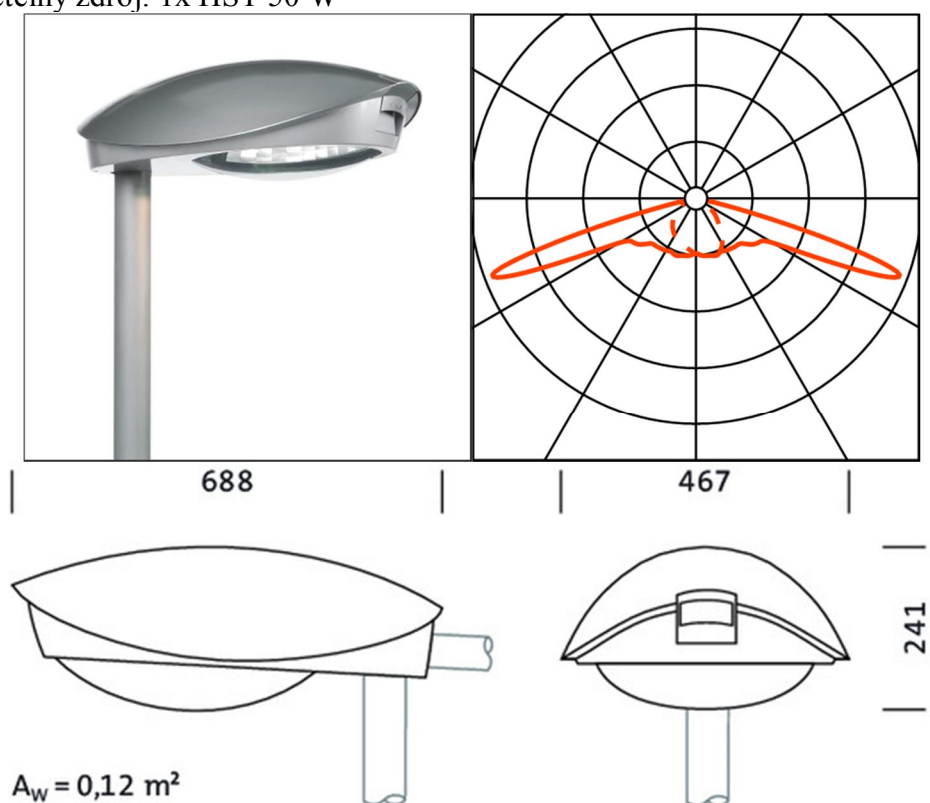
Obr. 3.3. Svítidlo Siteco SQ 100 pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla

3.3.2 Osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté

Pro osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté je navržena jedna osvětlovací větev, rozmístěná na jedné straně komunikace. Tuto větev tvoří 11 svítidel Siteco SQ 100 instalovaných na stožárech první větvi pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla ve výšce 5 m. Svítidla jsou osazena vysokotlakými sodíkovými výbojkami o výkonu 50 W.

Stožárové svítidlo Siteco SQ 100 má následující světelně technické parametry:

- reflektor: vysoce účinné fasetové zrcadlo s reflexní vrstvou čistého hliníku
- čelní kryt: tvrzené transparentní bezpečnostní polovypouklé sklo
- měrný výkon svítidla: 60 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: tlakově litý hliník
- délka: 688 mm, šířka: 467 mm, výška: 218 mm
- montáž: stožár, výložník 42 – 60 mm
- stupeň krytí IP 66, třída ochrany II
- napájecí napětí: 230V AC, 50Hz
- příkon 62 W
- světelný zdroj: 1x HST 50 W



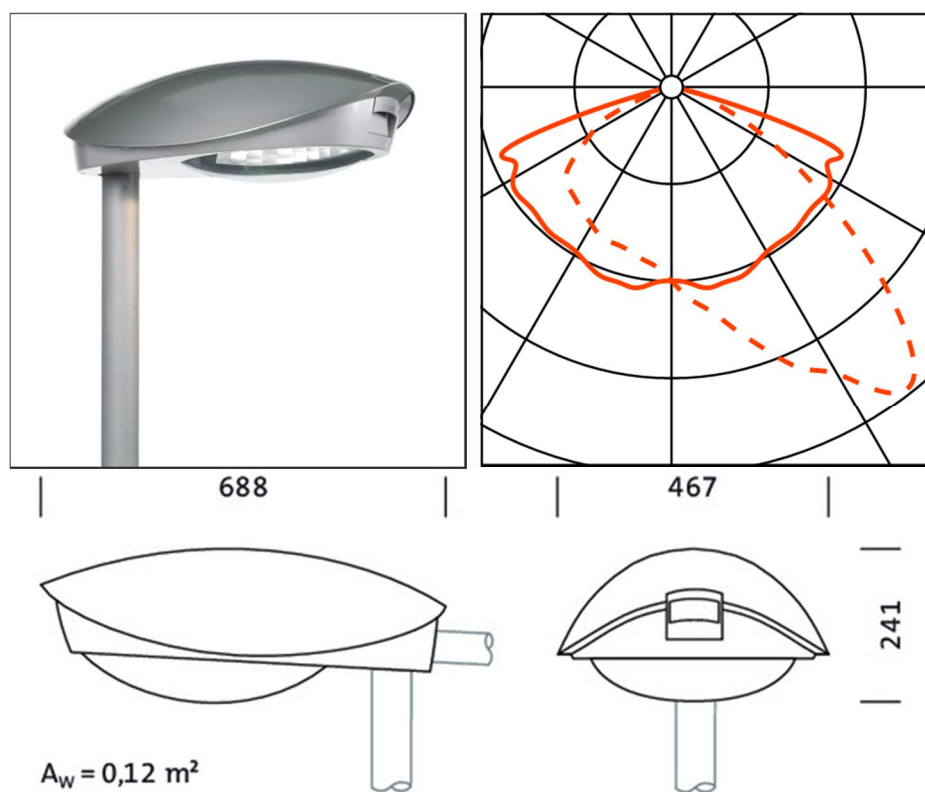
Obr. 3.4. Svítidlo Siteco SQ 100 pro osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté

3.3.3 Osvětlení parkoviště

Osvětlení parkoviště je řešeno dvěma svítidly Siteco SQ 100 instalovanými na dvou stožárech druhé osvětlovací větve pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla ve výšce 11 m. Tyto svítidla jsou osazena halogenidovými výbojkami o výkonu 100 W.

Stožárové svítidlo Siteco SQ 100 má následující světelně technické parametry:

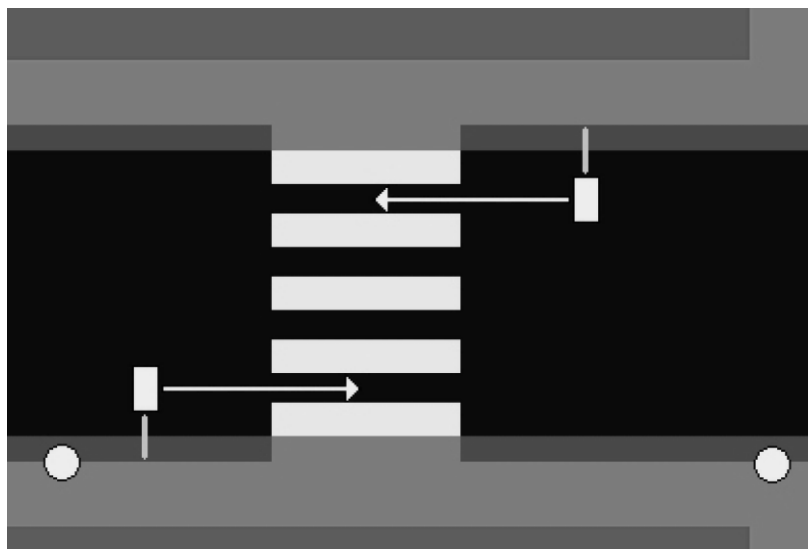
- reflektor: vysoce účinné fasetové zrcadlo s reflexní vrstvou čistého hliníku
- čelní kryt: tvrzené transparentní bezpečnostní polovypouklé sklo
- měrný výkon svítidla: 75 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: tlakově litý hliník
- délka: 688 mm, šířka: 467 mm, výška: 218 mm
- montáž: stožár, výložník 42 – 60 mm
- stupeň krytí IP 66, třída ochrany II
- napájecí napětí: 230V AC, 50Hz
- příkon 118 W
- světelný zdroj: 1x HIT 100 W



Obr. 3.5. Svítidlo Siteco SQ 100 pro osvětlení parkoviště

3.3.4 Osvětlení přechodů pro chodce

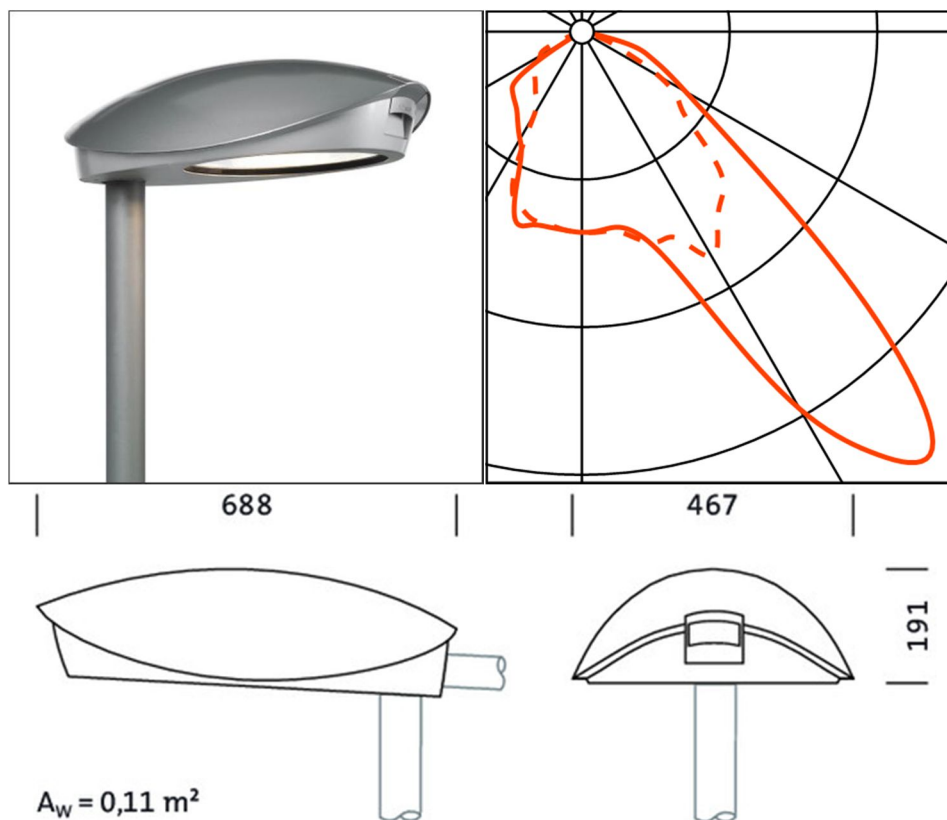
V rámci řešeného prostoru se nachází čtyři přechody pro chodce. Přechody č. 1 a 4 se nacházejí v oblastech křižovatek v místech, kde komunikace pro motorová vozidla má šířku 8,5 m. Přechody č. 2 a 3 se nacházejí ve střední části ulice v místech, kde komunikace pro motorová vozidla má šířku 18,5 m. Osvětlení každého přechodu je řešeno dvěma svítidly s biasymetrickým rozložením svítivosti. Tyto svítidla jsou instalovány na stožárech ve výšce 6 m ve vzdálenosti 2 m před přechodem z pohledu řidičů přijíždějících motorových vozidel tak, aby chodce osvětlovala ze směru přijíždějících vozidel.



Obr. 3.6. Umístění svítidel pro přisvětlení přechodu

Stožárové svítidlo Siteco SQ 100 má následující světelně technické parametry:

- reflektor: vysoce účinné fasetové zrcadlo s reflexní vrstvou čistého hliníku, asymetrická pravostranní distribuce
- čelní kryt: tvrzené transparentní bezpečnostní ploché sklo
- měrný výkon svítidla: 73 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: tlakově litý hliník
- délka: 688 mm, šířka: 467 mm, výška: 191 mm
- montáž: stožár, výložník 42 – 60 mm
- stupeň krytí IP 66, třída ochrany II
- napájecí napětí: 230V AC, 50Hz
- příkon 176 W
- světelný zdroj: 1x HIT 150 W



Obr. 3.7. Svítidlo Siteco SQ 100 pro osvětlení přechodů

3.3.5 Osvětlení chodníku

Se speciálním osvětlením chodníku se nepočítá, požadované parametry zajistí navržená světelná soustava.

3.3.6 Vypočet osvětlení

Vypočet osvětlení byl proveden v programu DIALux 4.12. Níže jsou uvedeny vzorové výpočty osvětlení pro každou možnou situaci.

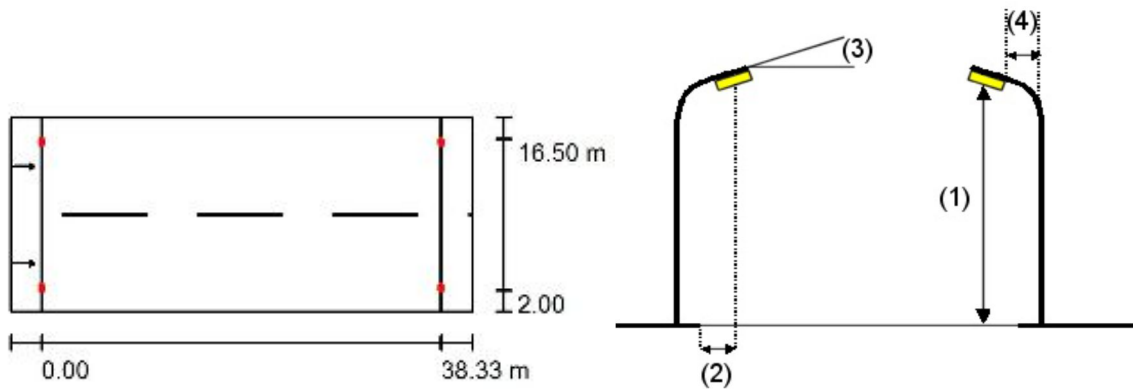
– **Komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5m**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 38,33 m, šířka: 18,5 m
- Výpočtový rastr: 15 x 5 body
- Zvolená třída osvětlení: ME4b

Rozmístění svítidel (obr. 3.7):

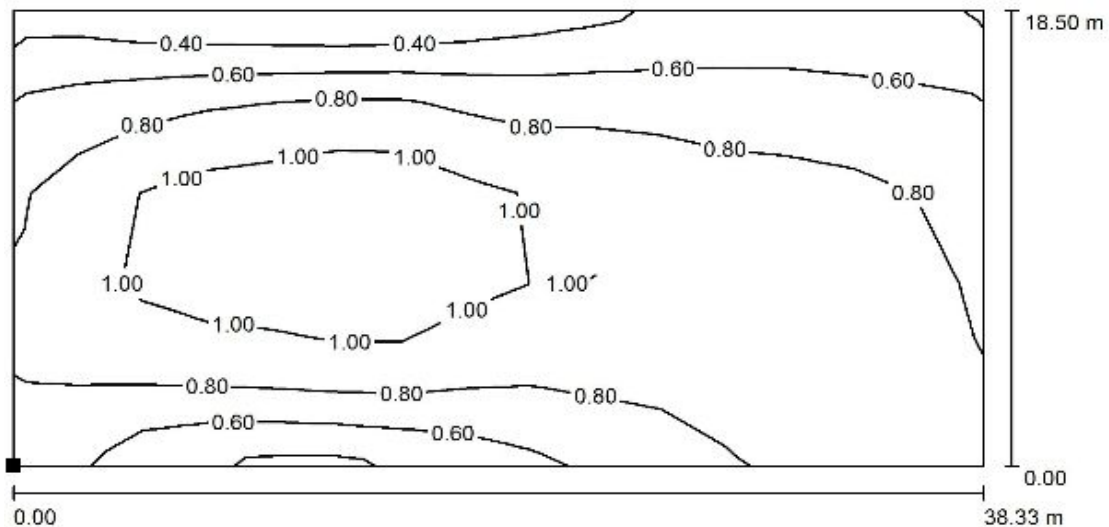
- Umístění: oboustranně naproti
- Vzdálenost stožárů: 38,33 m
- Montážní výška (1): 11 m
- Vyložení svítidla (2): 2,435 m
- Sklon svítidla (3): 5 °
- Délka výložníku (4): 2,5 m



Obr. 3.8. Rozmístění svítidel - komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5m

Tab. 3.8. Výsledky výpočtu osvětlení komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5m

Parametry	L_m (cd/m ²)	U_o (-)	U_l (-)	TI (%)	SR (-)
Požadované hodnoty podle normy	$\geq 0,75$	$\geq 0,40$	$\geq 0,50$	≤ 15	$\geq 0,5$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	0,83	0,57	0,68	8	0,56



Obr. 3.9. Rozložení L_m (cd/m²) - komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5

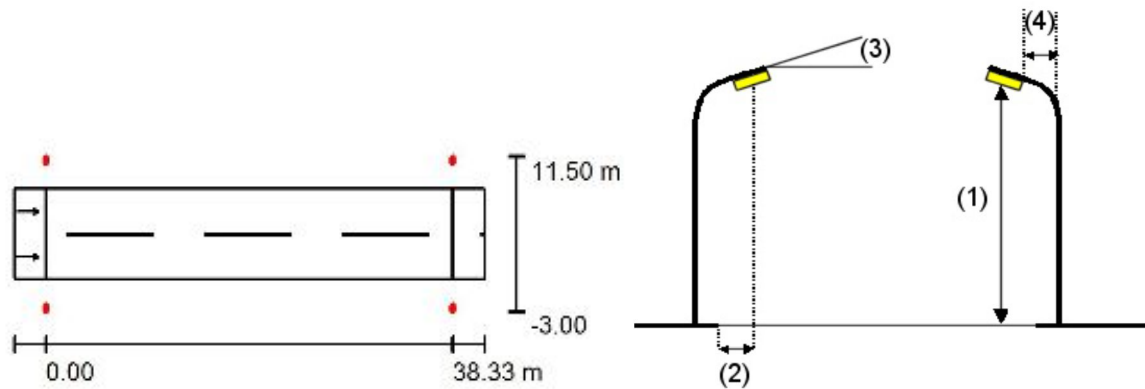
– **Komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 38,33 m, šířka: 8,5 m
- Výpočtový rastr: 15 x 3 body
- Zvolená třída osvětlení: ME4b

Rozmístění svítidel (obr. 3.10):

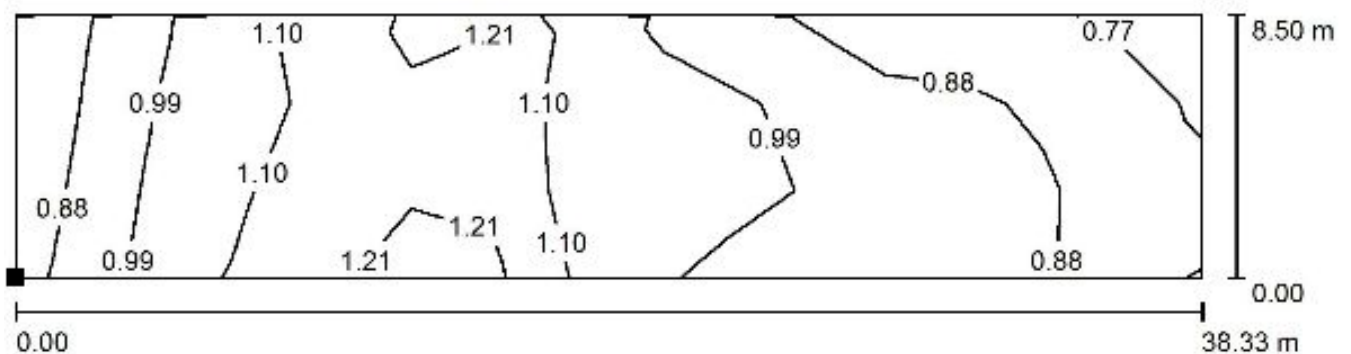
- Umístění: oboustranně naproti
- Vzdálenost stožárů: 38,33 m
- Montážní výška (1): 11 m
- Vyložení svítidla (2): -2,565 m
- Sklon svítidla (3): 5 °
- Délka výložníku (4): 2,5 m



Obr. 3.10. Rozmístění svítidel - komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m

Tab. 3.10. Výsledky výpočtu osvětlení komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m

Parametry	L_m (cd/m ²)	U_o (-)	U_l (-)	TI (%)	SR (-)
Požadované hodnoty podle normy	$\geq 0,75$	$\geq 0,40$	$\geq 0,50$	≤ 15	$\geq 0,5$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	0,99	0,75	0,67	11	0,63



Obr. 3.11. Rozložení L_m (cd/m²) - komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m

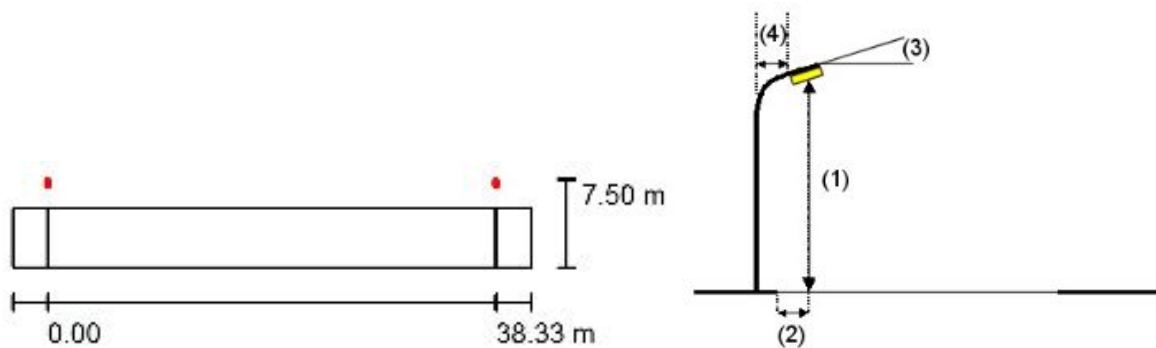
– **Společná komunikace pro pěší a cyklisté**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 38,33 m, šířka: 5 m
- Výpočtový rastr: 15 x 3 body
- Zvolená třída osvětlení: S4

Rozmístění svítidel (obr. 3.12):

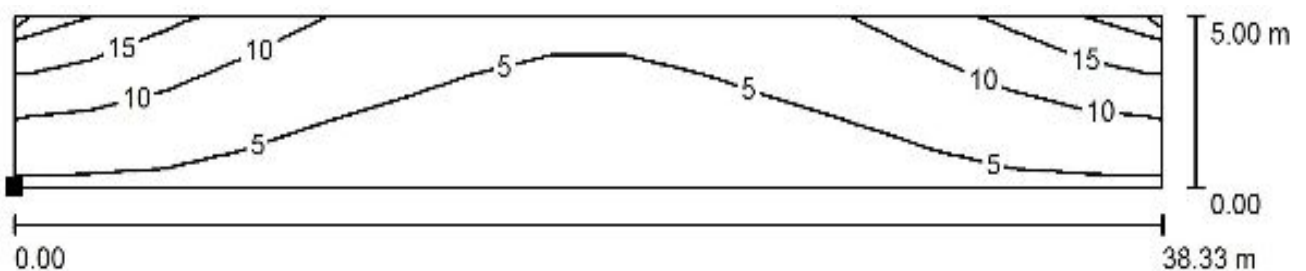
- Umístění: jednostranně
- Vzdálenost stožárů: 38,33 m
- Montážní výška (1): 5 m
- Vyložení svítidla (2): -2,063 m
- Sklon svítidla (3): 0 °
- Délka výložníku (4): 1 m



Obr. 3.12. Rozmístění svítidel - společná komunikace pro pěší a cyklisté

Tab. 3.11. Výsledky výpočtu osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté

Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Požadované hodnoty podle normy	≥ 5	≥ 1
Skutečné hodnoty podle výpočtu	7,02	2,71



Obr. 3.13. Rozložení E_m (lx) - společná komunikace pro pěší a cyklisté

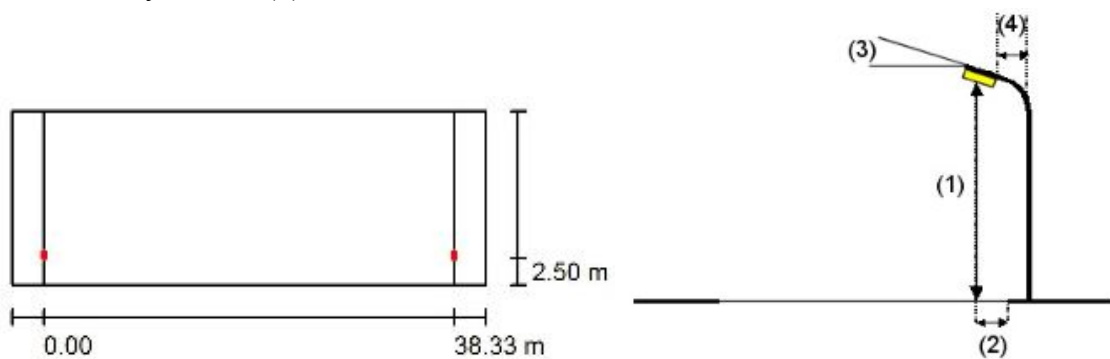
– **Parkoviště**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 63 m, šířka: 16 m
- Výpočtový rastr: 20 x 5 body
- Zvolená třída osvětlení: CE5

Rozmístění svítidel (obr. 3.14):

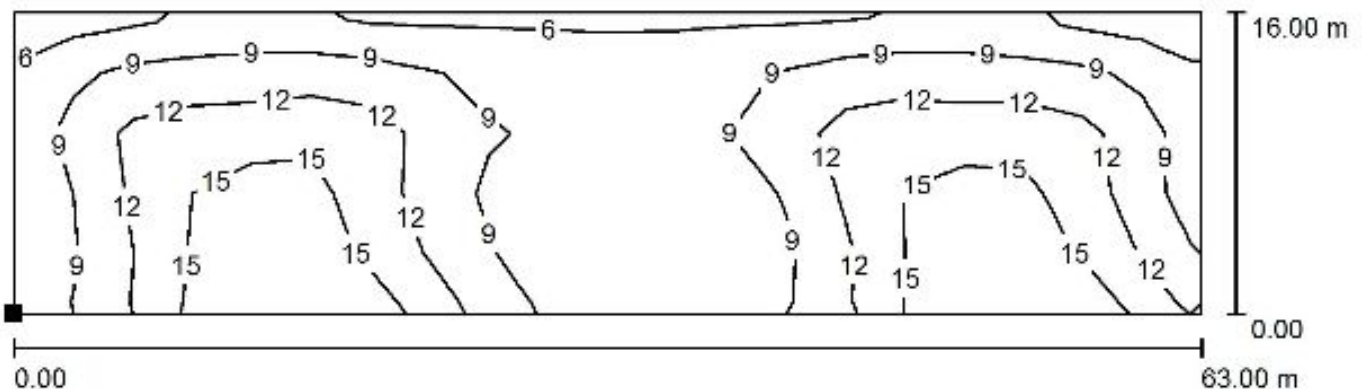
- Umístění: jednostranně
- Vzdálenost stožárů: 38,33 m
- Montážní výška (1): 11 m
- Vyložení svítidla (2): 2,898 m
- Sklon svítidla (3): 5 °
- Délka výložníku (4): 2,5 m



Obr. 3.14. Rozmístění svítidel – parkoviště

Tab. 3.12. Výsledky výpočtu osvětlení parkoviště

Parametry	E_m (lx)	U_o (-)
Požadované hodnoty podle normy	$\geq 7,5$	$\geq 0,4$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	11	0,51



Obr. 3.15. Rozložení E_m (lx) – parkoviště

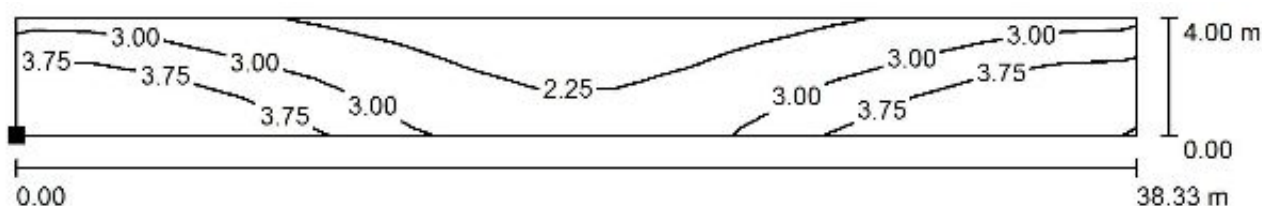
– **Chodník**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 42,36 m, šířka: 4 m
- Výpočtový rastr: 15 x 3 body
- Zvolená třída osvětlení: S4

Tab. 3.12. Výsledky výpočtu osvětlení chodníku

Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Požadované hodnoty podle normy	≥ 3	$\geq 0,6$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	4,23	2,37



Obr. 3.16. Rozložení E_m (lx) – chodník

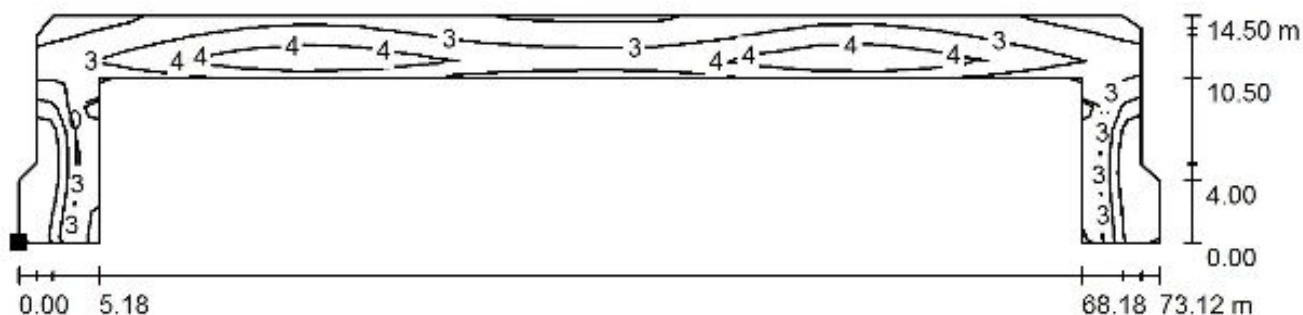
– **Chodník po obvodu parkoviště**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 73,12 m, šířka: 14,5 m
- Výpočtový rastr: 20 x 10 body
- Zvolená třída osvětlení: S4

Tab. 3.12. Výsledky výpočtu osvětlení chodníku

Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Požadované hodnoty podle normy	≥ 3	$\geq 0,6$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	3,89	1,6



Obr. 3.16. Rozložení E_m (lx) – chodník po obvodu parkoviště

– **Přechody pro chodce č. 1 a 4**

Přisvětlení přechodu pro chodce je posuzováno dle TKP 15 (dodatek č.1). Udržovaná průměrná svislá osvětlenost je předepsána na srovnávací vodorovné rovině ve výšce 1,0 m nad úrovní přechodu. Zatřídění přechodů bylo provedeno podle udržovaného jasu komunikace ($0,75 \leq \bar{L} \leq 1$).

Soupis vyhodnocovacího pole:

- a) základní prostor
 - délka: 8,5 m, šířka: 5 m
 - výpočtový rastr: 6 x 3 body
- b) doplňkový prostor
 - délka: 1 m, šířka: 5 m
 - výpočtový rastr: 1 x 3 body

Tab. 3.13. Výsledky výpočtu osvětlení přechodů č. 1 a 4

Parametry	Udržovaná průměrná svislá osvětlenost (lx)		E_{\min} / \bar{E}_m
	základní prostor	doplňkový prostor	
Požadované hodnoty	$50 \leq \bar{E}_m \leq 150$	$30 \leq \bar{E}_m \leq 150$	0,4
Skutečné hodnoty podle výpočtu	99	76	0,58

$E_{hm}/E_m = 1,79$ - poměr mezi střední horizontální a vertikální intenzitou osvětlení by neměl být v základním prostoru větší než 3

– **Přechody pro chodce č. 2 a 3**

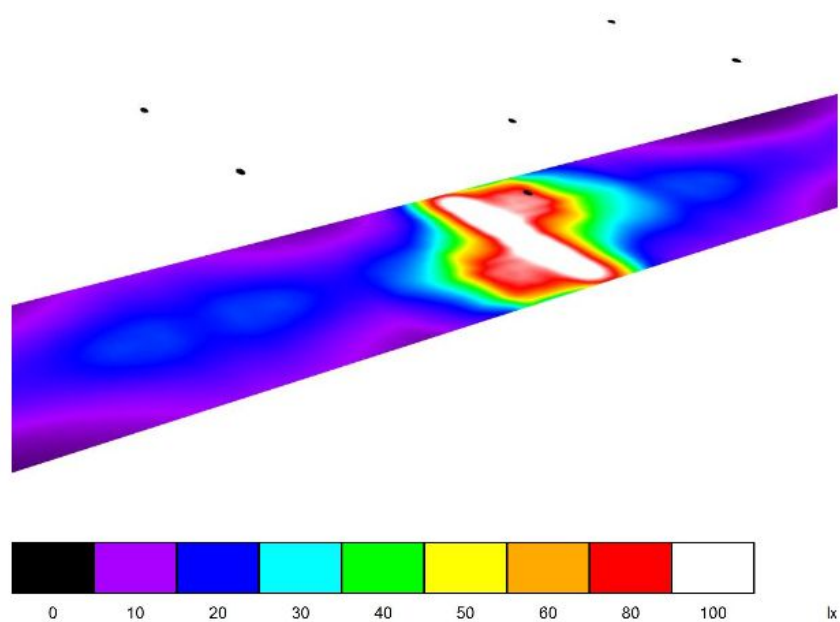
Soupis vyhodnocovacího pole:

- c) základní prostor
 - délka: 18,5 m, šířka: 4 m
 - výpočtový rastr: 6 x 3 body
- d) doplňkový prostor
 - délka: 1 m, šířka: 4 m
 - výpočtový rastr: 1 x 3 body

Tab. 3.14. Výsledky výpočtu osvětlení přechodů č. 2 a 3

Parametry	Udržovaná průměrná svislá osvětlenost (lx)		E_{\min} / \bar{E}_m
	základní prostor	doplňkový prostor	
Požadované hodnoty	$50 \leq \bar{E}_m \leq 150$	$30 \leq \bar{E}_m \leq 150$	0,4
Skutečné hodnoty podle výpočtu	73	38	0,51

$E_{hm}/E_m = 1,78$ - poměr mezi střední horizontální a vertikální intenzitou osvětlení by neměl být v základním prostoru větší než 3.



Obr. 3.19. Renderování nepravými barvami okolí přechodu č. 2

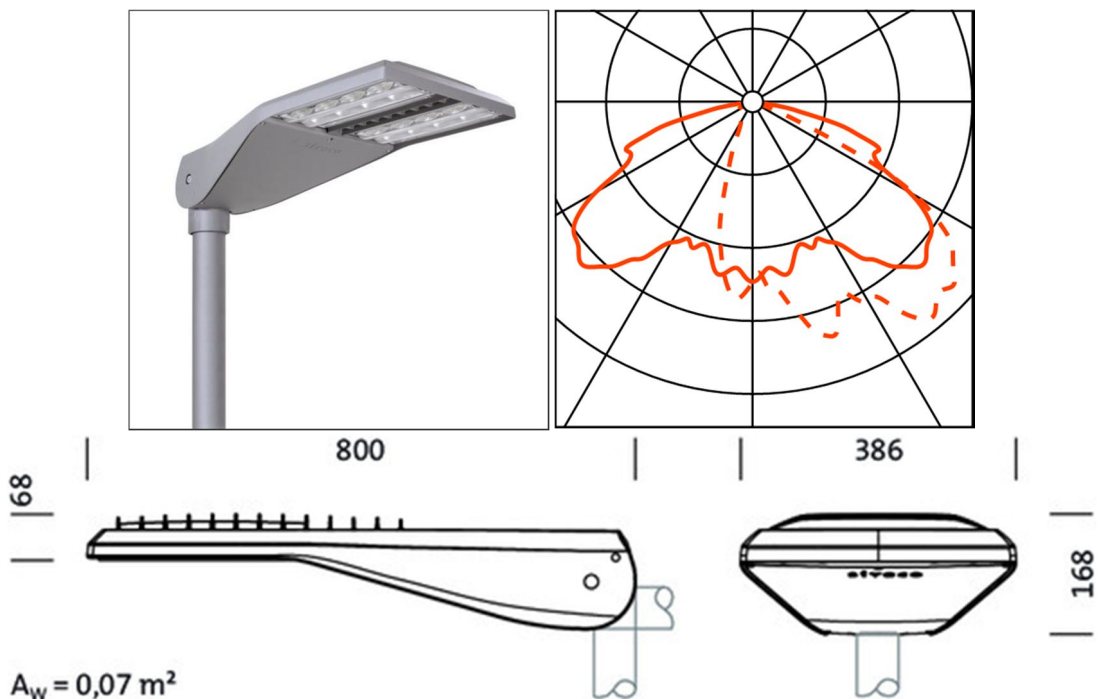
3.4 Návrh osvětlení LED svítidla

3.4.1 Osvětlení komunikace pro motorová vozidla

Pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla jsou navrženy dvě osvětlovací větve, rozmístěných z obou stran komunikace. Každou větev tvoří 11 svítidel Siteco Streetlight 10 midi LED instalovaných na stožárech ve výšce 11 m.

Stožárové svítidlo Siteco Streetlight 10 midi LED má následující světelně technické parametry:

- optický systém: tři zóny s radiálními fasetovanými reflektory z plastu s napařeným hliníkem
- čelní kryt: PMMA
- teplota chromatičnosti: 5000 K
- index podání barev $R_a \geq 70$
- měrný výkon svítidla: 125 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: vysoce kvalitní tlakově litý hliník s ochranným nástřikem práškovou barvou
- možnost nastavení snížení příkonu až na 40 W (krok po 5%)
- montáž: na stožár nebo na výložník s použitím montážní příruby
- třída ochrany: II, stupeň krytí: IP 66
- příkon 84 W, napájecí napětí: 220..240 V AC, 50 Hz



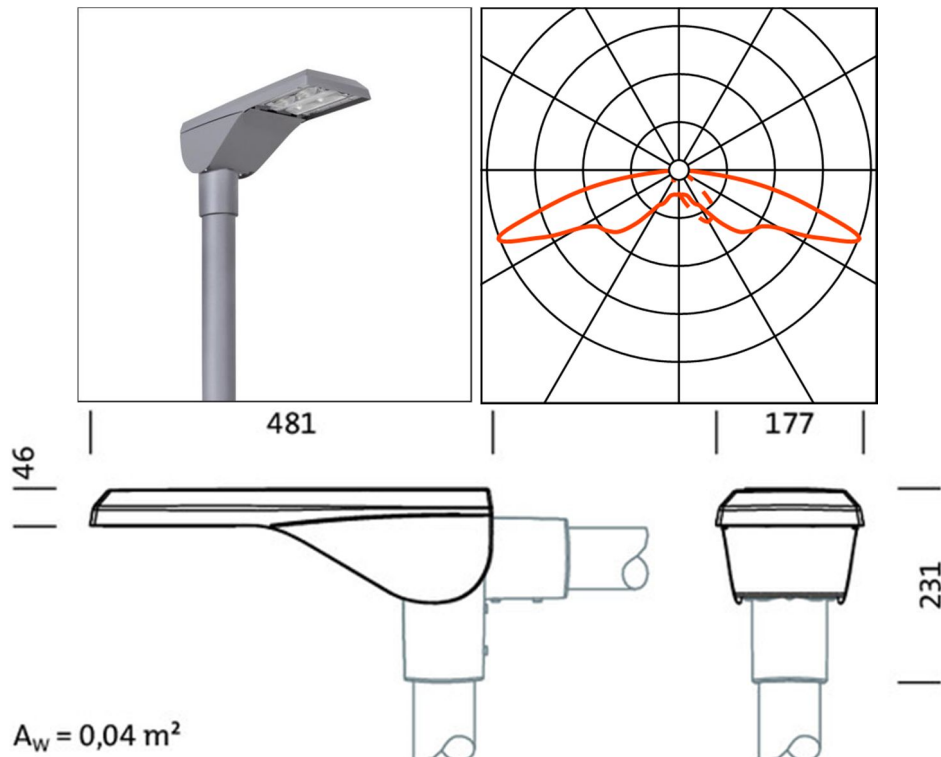
Obr. 3.20. Svítidlo Siteco SL 10 midi LED pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla

3.4.2 Osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté

Pro osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté je navržena jedna osvětlovací větev, rozmístěná na jedné straně komunikace. Tuto větev tvoří 11 svítidel Siteco Streetlight 10 micro LED instalovaných na stožárech první větvi pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla ve výšce 5 m.

Stožárové svítidlo Siteco Streetlight 10 micro LED má následující světelně technické parametry:

- optický systém: tři zóny s radiálními fasetovanými reflektory z plastu s napařeným hliníkem
- čelní kryt: PMMA
- teplota chromatičnosti: 3000 K
- index podání barev $R_a \geq 80$
- měrný výkon svítidla: 95 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: vysoce kvalitní tlakově litý hliník s ochranným nástřikem práškovou barvou
- možnost nastavení snížení příkonu až na 9 W (krok po 5%)
- montáž: na stožár nebo na výložník s použitím montážní příruby
- třída ochrany: II, stupeň krytí: IP 66
- příkon 16 W, napájecí napětí: 220..240V AC, 50Hz



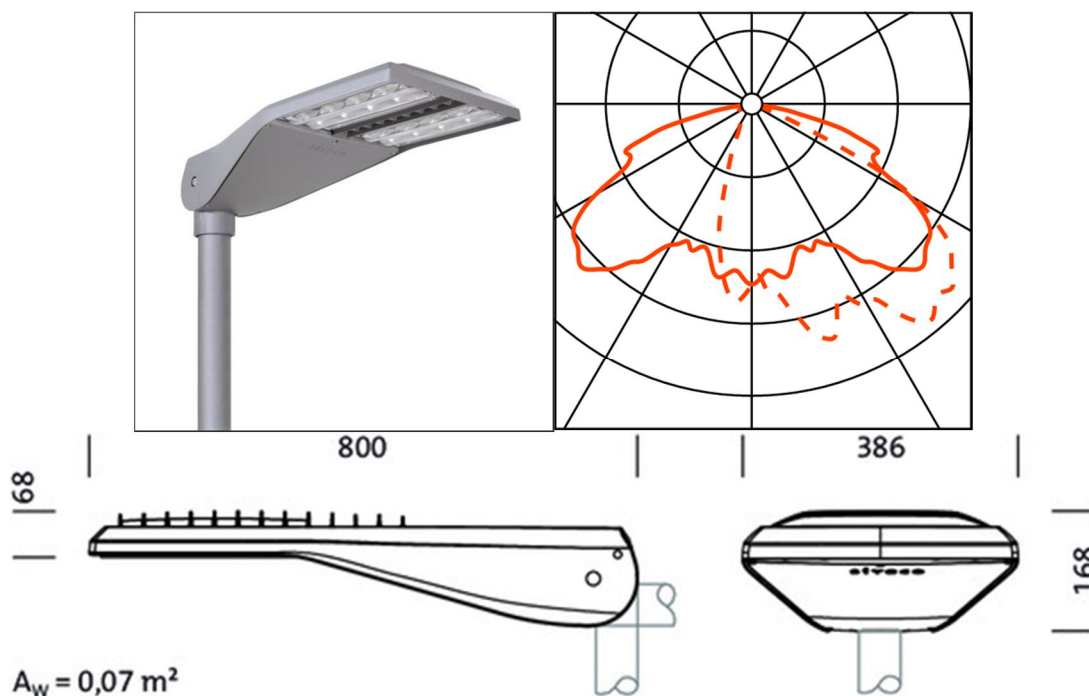
Obr. 3.21. Svítidlo Siteco SL 10 micro LED pro osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté

3.4.3 Osvětlení parkoviště

Osvětlení parkoviště je řešeno dvěma svítidly Siteco Streetlight 10 midi LED instalovanými na dvou stožárech druhé osvětlovací větve pro osvětlení komunikace pro motorová vozidla ve výšce 11 m.

Stožárové svítidlo Siteco Streetlight 10 midi LED má následující světelně technické parametry:

- optický systém: tři zóny s radiálními fasetovanými reflektory z plastu s napařeným hliníkem
- čelní kryt: PMMA
- teplota chromatičnosti: 5000 K
- index podání barev ≥ 80
- měrný výkonnostní výkon: 125 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: vysoce kvalitní tlakově litý hliník s ochranným nástřikem práškovou barvou
- možnost nastavení snížení příkonu až na 40 W (krok po 5%)
- montáž: na stožár nebo na výložník s použitím montážní příruby
- třída ochrany: II, stupeň krytí: IP 66
- příkon 84 W, napájecí napětí: 220..240V AC, 50Hz



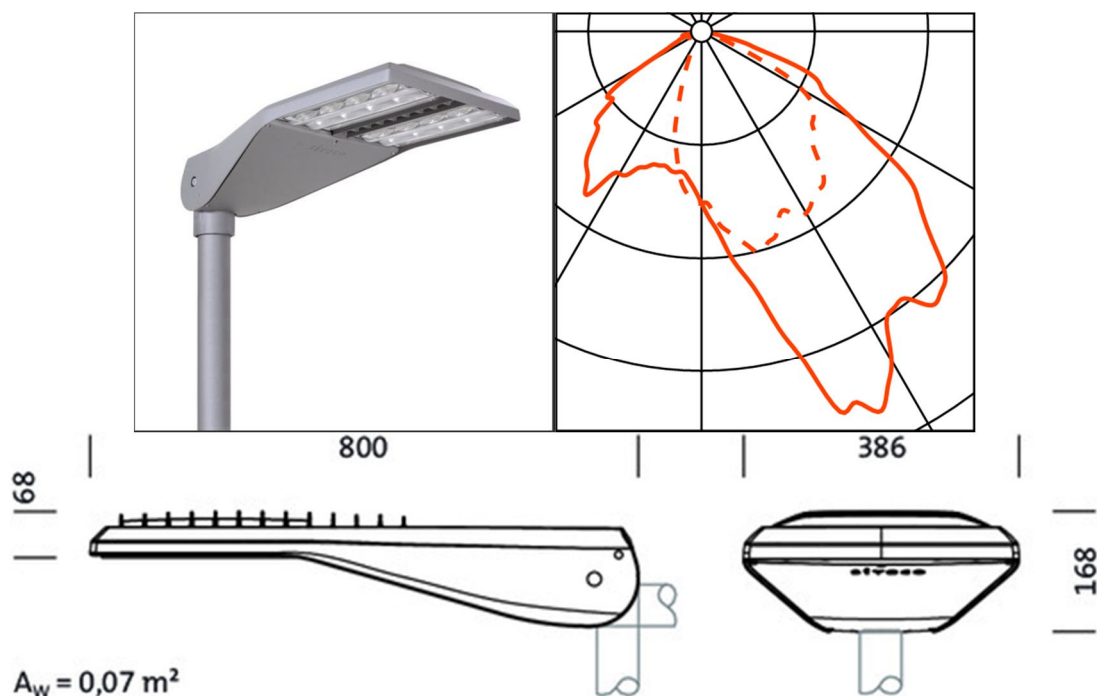
Obr. 3.22. Svítidlo Siteco SL 10 midi LED pro osvětlení parkoviště

3.4.4 Osvětlení přechodů pro chodce

Osvětlení každého přechodu je řešeno dvěma svítidly Siteco Streetlight 10 midi LED s asymetrickým rozložením svítivosti. Tyto svítidla jsou instalovány na stožárech ve výšce 6 m ve vzdálenosti 2 m před přechodem z pohledu řidičů přijíždějících motorových vozidel tak, aby chodce osvětlovala ze směru přijíždějících vozidel.

Stožárové svítidlo Siteco Streetlight 10 midi LED má následující světelně technické parametry:

- optický systém: tři zóny s radiálními fasetovanými reflektory z plastu s napařeným hliníkem
- čelní kryt: PMMA
- teplota chromatičnosti: 5000 K
- index podání barev ≥ 70
- měrný výkon svítidla: 116 lm/W
- tělo (konstrukce) svítidla: vysoce kvalitní tlakově litý hliník s ochranným nástřikem práškovou barvou
- možnost nastavení snížení příkonu až na 37 W (krok po 5%)
- montáž: na stožár nebo na výložník s použitím montážní příruby
- třída ochrany: II, stupeň krytí: IP 66
- příkon 75 W, napájecí napětí: 220..240V AC, 50Hz



Obr. 3.22. Svítidlo Siteco SL 10 midi LED pro osvětlení přechodů

3.3.5 Osvětlení chodníku

Se speciálním osvětlením chodníku se nepočítá, požadované parametry zajistí navržená světelná soustava.

3.3.6 Vypočet osvětlení

Vypočet osvětlení byl proveden v programu DIALux 4.12. Níže jsou uvedeny vzorové výpočty osvětlení pro každou možnou situaci.

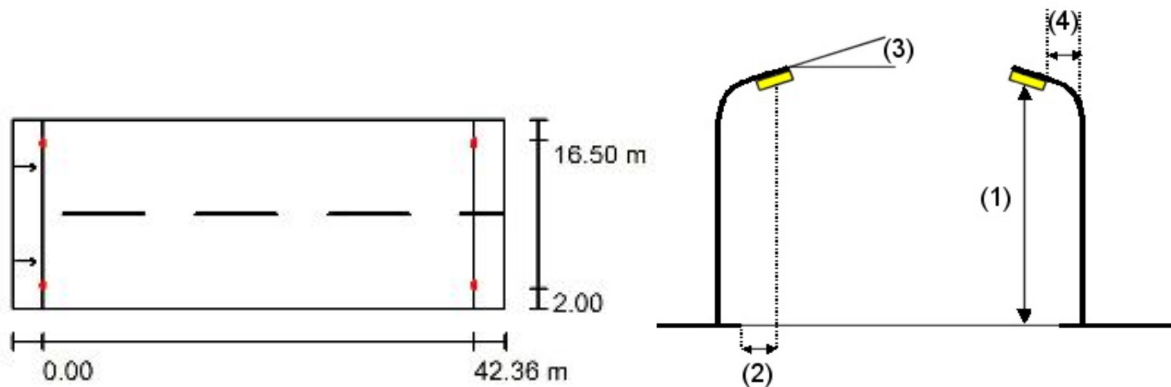
– **Komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5m**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 42,36 m, šířka: 18,5 m
- Výpočtový rastr: 15 x 5 body
- Zvolená třída osvětlení: ME4b

Rozmístění svítidel (obr. 3.22):

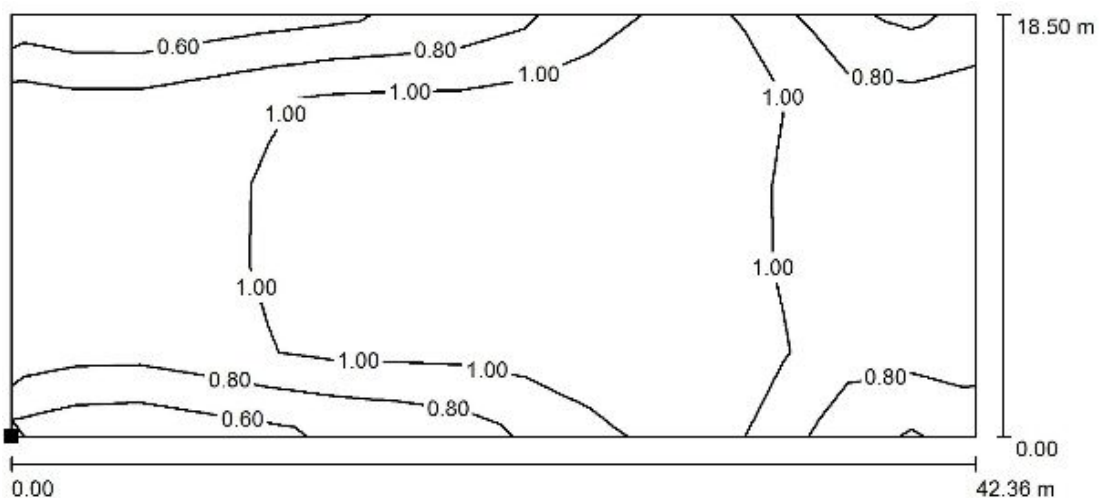
- Umístění: oboustranně naproti
- Vzdálenost stožárů: 42,36 m
- Montážní výška (1): 11 m
- Vyložení svítidla (2): 2,435 m
- Sklon svítidla (3): 5 °
- Délka výložníku (4): 2,5 m



Obr. 3.22. Rozmístění LED svítidel - komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5m

Tab. 3.15. Výsledky výpočtu osvětlení komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5m

Parametry	Lm (cd/m ²)	U _o (-)	U _i (-)	TI (%)	SR (-)
Požadované hodnoty podle normy	≥0,75	≥0,40	≥0,50	≤15	≥0,5
Skutečné hodnoty podle výpočtu	0,98	0,60	0,70	11	0,51



Obr. 3.23. Rozložení L_m (cd/m²) - komunikace pro motorová vozidla, šířka 18,5

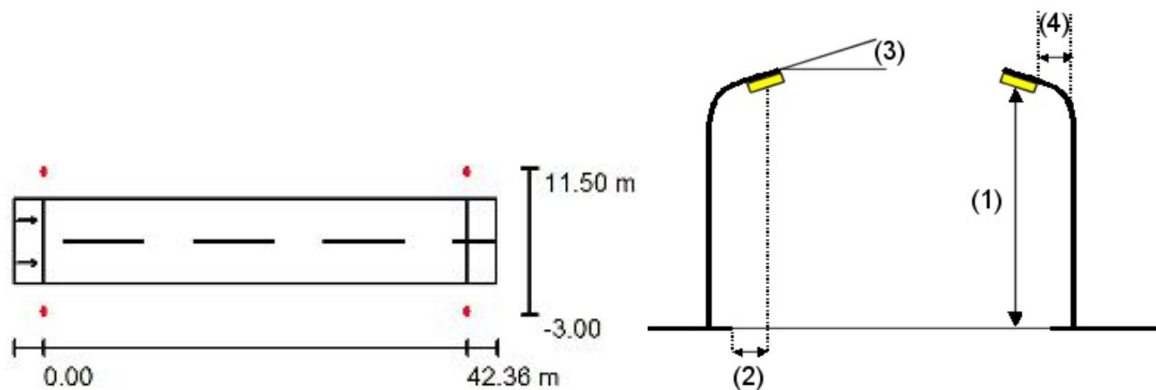
– **Komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 42,36 m, šířka: 8,5 m
- Výpočtový rastr: 15 x 3 body
- Zvolená třída osvětlení: ME4b

Rozmístění svítidel (obr. 3.24):

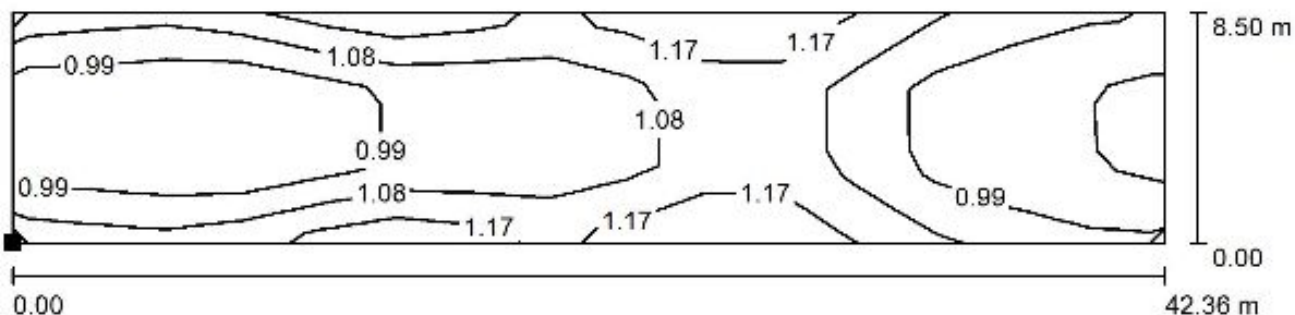
- Umístění: oboustranně naproti
- Vzdálenost stožárů: 42,36 m
- Montážní výška (1): 11 m
- Vyložení svítidla (2): -2,565 m
- Sklon svítidla (3): 15 °
- Délka výložníku (4): 2,5 m



Obr. 3.24. Rozmístění LED svítidel - komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m

Tab. 3.16. Výsledky výpočtu osvětlení komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m

Parametry	Lm (cd/m ²)	U _o (-)	U _l (-)	TI (%)	SR (-)
Požadované hodnoty podle normy	≥0,75	≥0,40	≥0,50	≤15	≥0,5
Skutečné hodnoty podle výpočtu	1,01	0,76	0,70	9	0,86



Obr. 3.25. Rozložení L_m (cd/m²) - komunikace pro motorová vozidla, šířka 8,5m

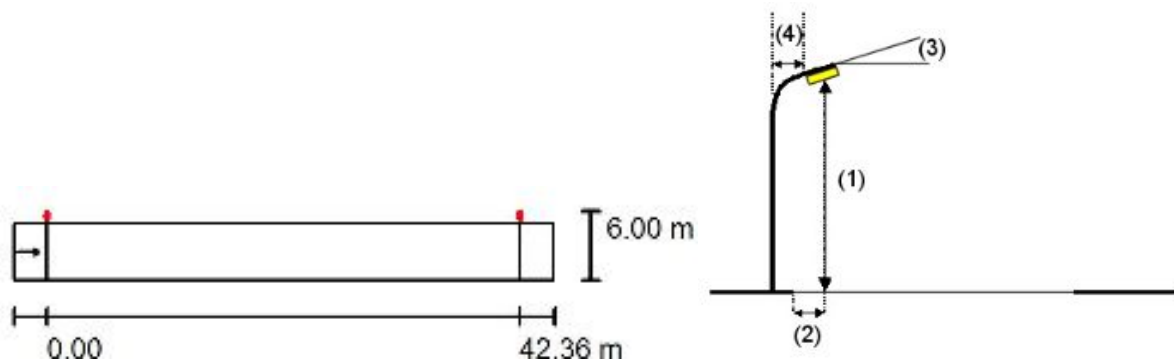
– ***Společná komunikace pro pěší a cyklisté***

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 42,36 m, šířka: 5 m
- Výpočtový rastr: 15 x 3 body
- Zvolená třída osvětlení: S4

Rozmístění svítidel (obr. 3.26):

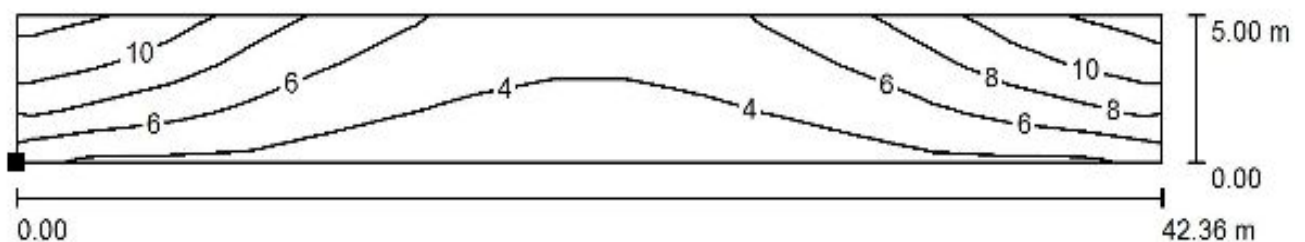
- Umístění: jednostranně
- Vzdálenost stožárů: 42,36 m
- Montážní výška (1): 5 m
- Vyložení svítidla (2): -0,63 m
- Sklon svítidla (3): 0 °
- Délka výložníku (4): 3 m



Obr. 3.26. Rozmístění LED svítidel - společná komunikace pro pěší a cyklisté

Tab. 3.17. Výsledky výpočtu osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté

Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Požadované hodnoty podle normy	≥ 5	≥ 1
Skutečné hodnoty podle výpočtu	6,07	2,97



Obr. 3.27. Rozložení E_m (lx) - společná komunikace pro pěší a cyklisté

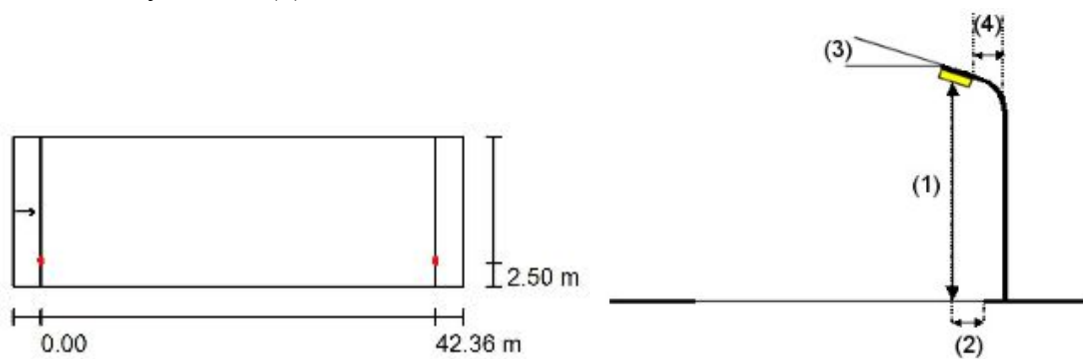
– **Parkoviště**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 63 m, šířka: 16 m
- Výpočtový rastr: 20 x 5 body
- Zvolená třída osvětlení: CE5

Rozmístění svítidel (obr. 3.28):

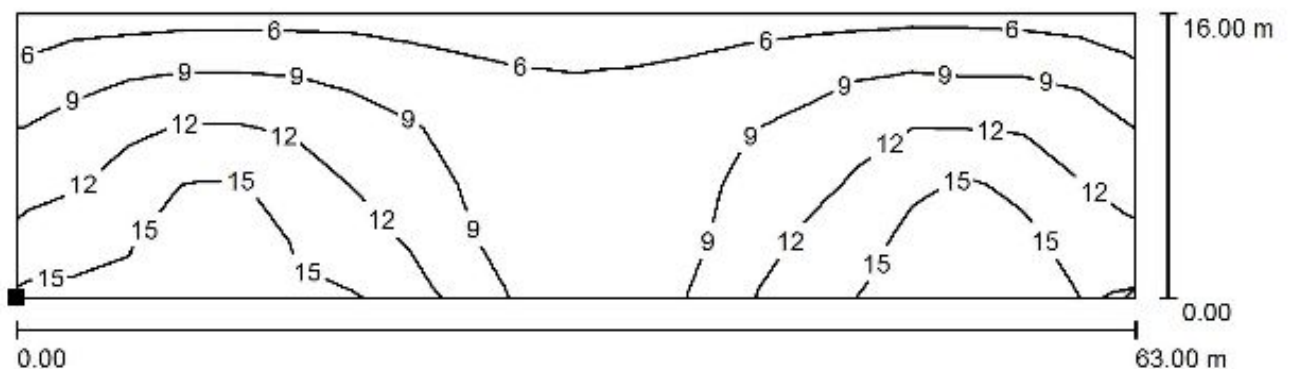
- Umístění: jednostranně
- Vzdálenost stožárů: 42,36 m
- Montážní výška (1): 11 m
- Vyložení svítidla (2): 2,898 m
- Sklon svítidla (3): 5 °
- Délka výložníku (4): 2,5 m



Obr. 3.28. Rozmístění LED svítidel – parkoviště

Tab. 3.18. Výsledky výpočtu osvětlení parkoviště

Parametry	E_m (lx)	U_o (-)
Požadované hodnoty podle normy	$\geq 7,5$	$\geq 0,4$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	10	0,53



Obr. 3.29. Rozložení E_m (lx) – parkoviště

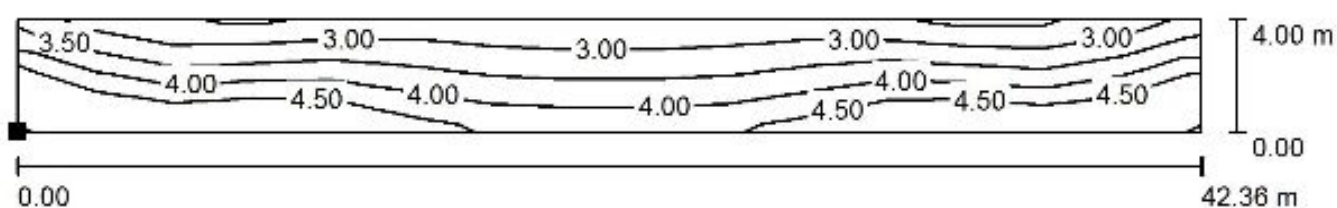
– **Chodník**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 42,36 m, šířka: 4 m
- Výpočtový rastr: 15 x 3 body
- Zvolená třída osvětlení: S4

Tab. 3.19. Výsledky výpočtu osvětlení chodníku

Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Požadované hodnoty podle normy	≥ 3	$\geq 0,6$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	3,80	2,74



Obr. 3.30. Rozložení E_m (lx) – chodník

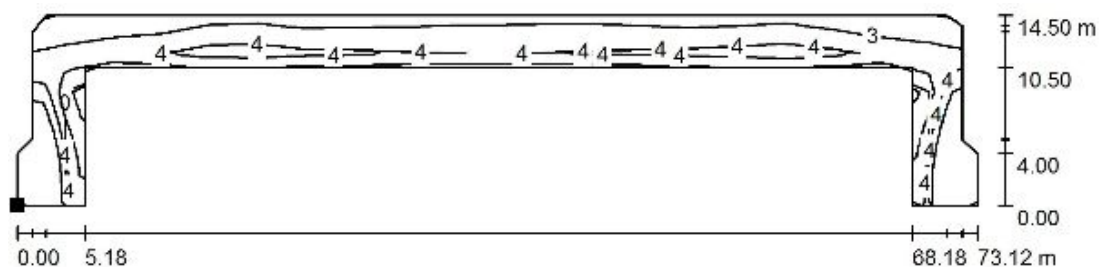
– **Chodník po obvodu parkoviště**

Soupis vyhodnocovacího pole:

- Délka: 73,12 m, šířka: 14,5 m
- Výpočtový rastr: 20 x 10 body
- Zvolená třída osvětlení: S4

Tab. 3.20. Výsledky výpočtu osvětlení chodníku

Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Požadované hodnoty podle normy	≥ 3	$\geq 0,6$
Skutečné hodnoty podle výpočtu	4,26	2,21



Obr. 3.30. Rozložení E_m (lx) – chodník po obvodu parkoviště

– **Přechody pro chodce č. 1 a 4**

Přisvětlení přechodu pro chodce je posuzováno dle TKP 15 (dodatek č.1). Udržovaná průměrná svislá osvětlenost je předepsána na srovnávací vodorovné rovině ve výšce 1,0 m nad úrovní přechodu. Zatřídění přechodů bylo provedeno podle udržovaného jasu komunikace ($0,75 \leq \bar{L} \leq 1$).

Soupis vyhodnocovacího pole:

- e) základní prostor
 - délka: 8,5 m, šířka: 5 m
 - výpočtový rastr: 6 x 3 body
- f) doplňkový prostor
 - délka: 1 m, šířka: 5 m
 - výpočtový rastr: 1 x 3 body

Tab. 3.21. Výsledky výpočtu osvětlení přechodů č. 1 a 4

Parametry	Udržovaná průměrná svislá osvětlenost (lx)		E_{min} / \bar{E}_m
	základní prostor	doplňkový prostor	
Požadované hodnoty	$50 \leq \bar{E}_m \leq 150$	$30 \leq \bar{E}_m \leq 150$	0,4
Skutečné hodnoty podle výpočtu	81	48	0,54

$E_{hm}/E_m = 1,87$ - poměr mezi střední horizontální a vertikální intenzitou osvětlení by neměl být v základním prostoru větší než 3.

– **Přechody pro chodce č. 2 a 3**

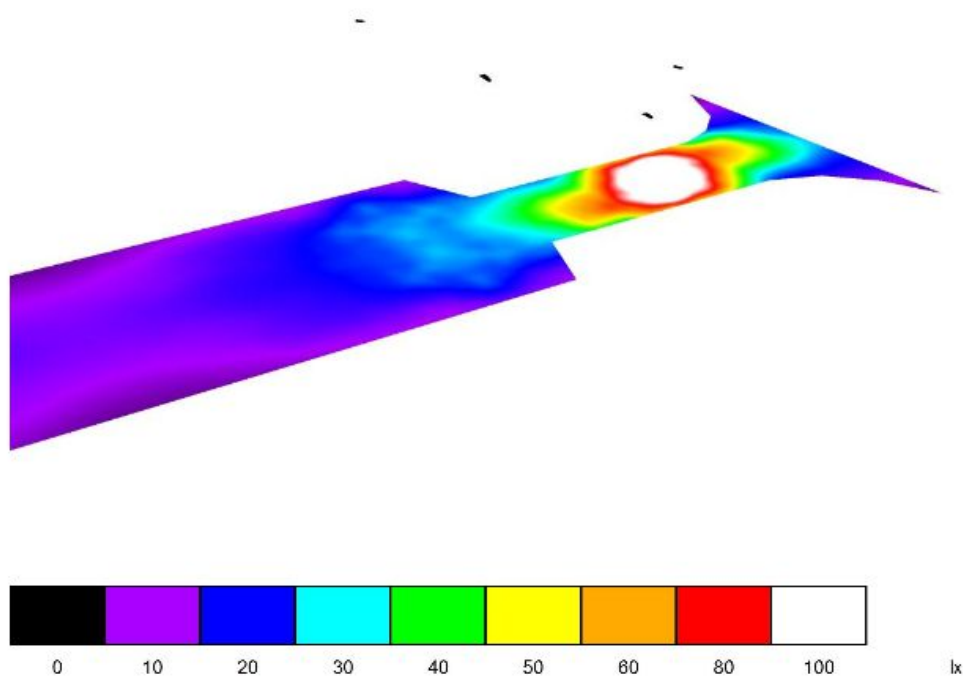
Soupis vyhodnocovacího pole:

- g) základní prostor
 - délka: 8,5 m, šířka: 5 m
 - výpočtový rastr: 6 x 3 body
- h) doplňkový prostor
 - délka: 1 m, šířka: 5 m
 - výpočtový rastr: 1 x 3 body

Tab. 3.13. Výsledky výpočtu osvětlení přechodů č. 1 a 4

Parametry	Udržovaná průměrná svislá osvětlenost (lx)		E_{min} / \bar{E}_m
	základní prostor	doplňkový prostor	
Požadované hodnoty	$50 \leq \bar{E}_m \leq 150$	$30 \leq \bar{E}_m \leq 150$	0,4
Skutečné hodnoty podle výpočtu	61	33	0,49

$E_{hm}/E_m = 2,02$ - poměr mezi střední horizontální a vertikální intenzitou osvětlení by neměl být v základním prostoru větší než 3



Obr. 3.33. Renderování nepravými barvami okolí přechodu č. 1

4. Ekonomické a technické zhodnocení navržených variant

4.1 Porovnání světelně technických parametrů navržených soustav

Porovnávanými parametry obou navržených variant osvětlení jsou parametry, které je třeba splnit pro příslušnou třídu osvětlení podle normy. U komunikace pro motorová vozidla jsou to následující parametry: průměrná udržovaná hodnota jasu povrchu pozemní komunikace L_m , celková a podélná rovnoměrnost jasu povrchu pozemní komunikace U_0 a U_l , činitel osvětlení okolí SR a prahový přírůstek TI , který je možné chápat jako míru zhoršení viditelnosti způsobené oslněním svítidly osvětlovací soustavy. U chodníku a společné komunikace pro cyklisty a pěší se porovnává průměrná udržovaná osvětlenost E_m a minimální osvětlenost E_{min} . U parkoviště se porovnává průměrná udržovaná osvětlenost E_m a celková rovnoměrnost osvětlenosti U_0 .

V tabulce 4.1 jsou shrnuty výsledky výpočtu osvětlení komunikace pro motorová vozidla.

Tab. 4.1 Porovnání parametrů osvětlení komunikace pro motorová vozidla

Komunikace pro motorová vozidla						
Parametry		L_m (cd/m ²)	U_0 (-)	U_l (-)	TI (%)	SR (-)
Požadované hodnoty podle třídy		≥0,75	≥0,40	≥0,50	≤15	≥0,5
Šířka 18,5m	Výbojková svítidla	0,83	0,57	0,68	8	0,56
	LED svítidla	0,98	0,60	0,70	11	0,51
Šířka 8,5m	Výbojková svítidla	0,99	0,75	0,67	11	0,63
	LED svítidla	1,01	0,76	0,70	9	0,86

Z tabulky je patrné, že varianta s použitím LED svítidel je dosaženo lepších výsledků z pohledu světelně technických parametrů, a to jak pro šířku komunikace 18,5 m, tak i pro šířku 8,5 m. V obou případech je jas povrchu komunikace vyšší, celková a podélná rovnoměrnost jasu U_0 a U_l jsou také vyšší. Činitel osvětlení okolí SR a prahový přírůstek TI se zdají být lepší u varianty s použitím výbojkových svítidel a šířce komunikace 18,5 m, ale když budeme uvažovat, že skutečná šířka komunikace, kterou využívají projíždějící vozidla, je 8,5 m, tak vidíme, že je na tom lépe varianta s LED svítidly.

V tabulce 4.2 jsou shrnuty výsledky výpočtu osvětlení společné komunikace pro cyklisty a pěší, chodníku a parkoviště.

Tab. 4.2 Porovnání parametrů osvětlení společné komunikace pro cyklisté a pěší, chodníku a parkoviště

Společná komunikace pro pěší a cyklisté			Parkoviště		
Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)	Parametry	E_m (lx)	U_0 (-)
Požadované hodnoty podle třídy	≥ 5	≥ 1	Požadované hodnoty podle třídy	$\geq 7,5$	$\geq 0,4$
Výbojková svítidla	7,02	2,71	Výbojková svítidla	11	0,51
LED svítidla	6,07	2,97	LED svítidla	10	0,53
Chodník			Chodník po obvodu parkoviště		
Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)	Parametry	E_m (lx)	E_{min} (lx)
Požadované hodnoty podle třídy	≥ 3	$\geq 0,6$	Požadované hodnoty podle třídy	≥ 3	$\geq 0,6$
Výbojková svítidla	4,23	2,37	Výbojková svítidla	3,89	1,6
LED svítidla	3,80	2,74	LED svítidla	4,26	2,21

Z tabulky je vidět, že varianta s LED svítidly má oba dva parametry lepší jen v případě chodníku po obvodu parkoviště. V ostatních případech je průměrná osvětlenost E_m vyšší u varianty s výbojkovými svítidly. Na druhou stranu, minimální osvětlenost E_{min} (rovnoměrnost osvětleností U_l v případě parkoviště) je v těchto případech nižší, což svědčí o tom, že použití LED svítidel vede k lepší rovnoměrnosti osvětlení.

Dále je nutno podotknout, že rozdíly ve výsledcích obou navržených variant nejsou nijak zásadní, ve mnoha případech jsou spíše nepatrné. Obě dvě varianty návrhu splňují požadavky normy s přehledem a mohou být uvažovány k realizaci.

Jedním z dalších důležitých parametrů, podle kterého navržené varianty se dají porovnat, je index podání barev R_a . Na obrázku 4.1a) a b) je jasně vidět, že při osvětlení komunikace LED svítidly všechny barvy jsou dobře rozpoznatelné, kdyžto při osvětlení komunikace svítidly s vysokotlakými sodíkovými výbojkami barvy už nejsou tak dobře rozpoznatelné a komunikace a okolí mají žlutý odstín.



a) b)
Obr. 4.1 Osvětlení komunikace a) LED svítidly, b) výbojkovými svítidly

4.2 Energetická bilance

Energetická bilance obou navržených variant osvětlení je uvedena v tabulce 4.3.

Tab. 4.3 Energetická bilance

Popis	Výbojková svítidla				LED svítidla				
	Sv. zdroj	Ks	Psvítidla (W)	Pcelkový (W)	Sv. zdroj	Ks	Psvítidla (W)	Pcelkový (W)	
komunikace pro motorová vozidla	1x HST 100 W	24	118	2832	2xLED 42W	22	84	1848	
společná komunikace pro pěší a cyklisté	1x HIT 50 W	12	62	744	1xLED 16W	11	16	176	
parkoviště	1x HIT 100 W	2	118	236	2xLED 42W	2	84	168	
přechody pro chodce	1x HIT 150 W	8	176	1408	2xLED 37,5 W	8	75	600	
celkem				5220	celkem				2792

Z tabulky je zřejmé, že příkon, že osvětlovací soustava s LED svítidly je téměř dvakrát méně energie než menší než u osvětlovací soustava s výbojkovými svítidly. Je to dané jak menším počtem světelných míst, tak i nižším příkonem jednotlivých svítidel. Největší rozdíl v příkonech je u svítidel použitých pro osvětlení společné komunikace pro pěší a cyklisté, kde jedno LED svítidlo má téměř čtyřnásobně menší příkon než výbojkové svítidlo.

Další výhodou uvažovaných LED svítidel je to, že jsou osazena regulačním prvkem, pomocí kterého je možné v době nočního klidu snížit světelný tok snížením příkonu až o 50%. U výbojkových svítidel jsou možné dva způsoby regulace světelného toku - buď centrální, nebo individuální. V prvním případě se mění parametry (napětí) napájecí sítě, což vyvolává změny světelného toku u zdrojů. Použití tohoto způsobu regulace je do určité míry problematické. Svítidla jsou schválena pro určité parametry napájecí sítě, které se centrální

regulací nutně mění a neměla by se tedy takto provozovat. V druhém případě regulační prvek se musí nainstalovat přímo do svítidla. Zařízení pro regulaci světelného toku jsou však poměrně drahá a investice do jejich pořízení se nemusí u menších soustav vždy vrátit. Proto u varianty s použitím výbojkových svítidel se nepočítá s možností regulace světelného toku.

4.3 Ekonomické zhodnocení navržených variant

Jednou z možností, jak posuzovat finanční náročnost VO, je výpočet ročních nákladů. Ve světě se používá mnoho různých způsobů pro výpočet nákladů na veřejné osvětlení. Většina z nich uvažují jak investiční náklady, tak i náklady na údržbu a spotřebovanou elektrickou energii. Jedním z nejčastěji používaných vzorců je vzorec navržený firmou Philips. Jeho výsledkem jsou celkové roční náklady na osvětlovací soustavu.

Podle vzorce Philips se celkové roční náklady na osvětlovací soustavu (N_{celk}) skládají z odpisů počátečních investičních nákladů (N_a), nákladů na energii (N_{en}) a nákladů na údržbu (N_u):

$$N_{celk} = N_a + N_{en} + N_u \quad (K\check{c}/rok) \quad (1)$$

Roční odpisy jsou počítány pomocí anuitního faktoru (A_f) a investičních nákladů (N_i):

$$N_a = A_f * N_i \quad (K\check{c}/rok) \quad (2)$$

Investiční náklady (N_i) zahrnují ceny stožárů (C_p), výložníků (C_v), svítidel (C_s), světelných zdrojů (C_z) a kabelů (C_k) včetně montáže a zemních prací:

$$N_i = n_p * C_p + n_v * V_v + n_s * C_s + n_z * C_z + l_k * C_k \quad (K\check{c}) \quad (3)$$

kde n_p je počet stožárů (*ks*)
 n_v je počet výložníků (*ks*)
 n_s je počet svítidel (*ks*)
 n_z je počet světelných zdrojů (*ks*)
 l_k délka kabelů (*Kč*)

Anuitní faktor se počítá dle následujícího vzorce:

$$A_f = \frac{\frac{P}{100} * (1 + \frac{P}{100})^{T_a}}{(1 + \frac{P}{100})^{T_a} - 1} \quad (-) \quad (4)$$

kde P je úroková sazba (%)
 T_a je doba amortizace (*roky*)

Náklady na elektrickou energii za jeden rok se počítají následovně:

$$N_{en} = n_s * P_i * C_{en} * 365 * T_p \quad (\text{Kč/rok}) \quad (5)$$

kde n_s je počet svítidel (ks)
 P_i je příkon svítidla (W)
 C_{en} je cena elektrické energie ($Kč/kWh$)
 T_p je denní doba svícení (hod)

Roční náklady na údržbu soustavy se počítají jako součet poměrných částí nákladů na výměnu zdroje (včetně ceny zdroje) a na údržbu svítidel:

$$N_{ú} = n_z * \frac{C_z + C_{mz}}{T_z} + \frac{n_s * C_{ú}}{T_z} \quad (\text{Kč/rok}) \quad (6)$$

kde n_z je počet světelných zdrojů (ks)
 n_s je počet svítidel (ks)
 C_z je cena světelného zdroje ($Kč$)
 C_{mz} je cena montáže světelného zdroje ($Kč$)
 $C_{ú}$ je cena za údržbu světelného místa ($Kč$)
 T_z je interval výměny světelných zdrojů ($roky$)

V tabulce 4.4 jsou uvedeny parametry osvětlovací soustavy, které jsou potřebné pro výpočet nákladů na veřejné osvětlení.

Ceny svítidel, stožárů, výložníků a světelných zdrojů jsou ceny zjištěné na začátku roku 2016, které jsou k dispozici na internetu. K cenám stožárů, které byly k dispozici přímo na stránkách výrobce, je přičteno 50 %, což v praxi odpovídá nákladům na jejich montáž. Cena kabelu včetně montáže byla vzata z internetových stránek společnosti, která se zabývá montáží a údržbou veřejného osvětlení.

Vzhledem k tomu, že každý prvek osvětlovací soustavy má ve skutečnosti jinou životnost, v řešeném příkladu bylo přijato zjednodušení, že celá osvětlovací soustava má životnost 40 let, což je doba běžně uvažovaná v praxi. Průměrná denní doba svícení je 11 hodin. To odpovídá přibližně 4000 h za rok. Uvažované vysokotlaké sodíkové a halogenidové výbojky mají různé doby života, průměr činí okolo 20 000 hodin, a proto je perioda jejich výměny 5 let. Životnost LED svítidla uváděná výrobcem je 100 000 h, činí to přibližně 25 let a poté je třeba vyměnit LED moduly.

Dále je předpokládáno, že náklady na výměnu světelných zdrojů jsou stejné jako cena montáže zdroje, a činí 100 Kč. Náklady na údržbu svítidel jsou také 100 Kč na jedno svítidlo. Předpokládaná cena elektrické energie je 2,5 Kč/kWh. Anuitní faktor se počítá s úrokovou sazbou ve výši 2 %.

Tab.4.4 Parametry osvětlovací soustavy pro výpočet ročních nákladů

Parametr	Výbojková svítidla	LED svítidla
Počet silničních svítidel	26	24
Cena silničního svítidla vč. montáže [tis. Kč]	10,33	23,64
Počet sadových svítidel	12	11
Cena sadového svítidla vč. montáže [tis. Kč]	9,02	14,28
Počet přechodových svítidel	8	8
Cena přechodového svítidla vč. montáže [tis. Kč]	13,43	26,44
Počet silničních stožárů	24	22
Cena silničního stožáru vč. montáže [tis. Kč]	12,65	12,65
Počet přechodových stožárů	8	8
Cena přechodového stožáru vč. montáže [tis. Kč]	10,23	10,23
Počet výložníků	22	20
Cena výložníku vč. montáže [tis. Kč]	1,64	1,64
Počet dvojitých výložníků	2	2
Cena dvojitých výložníků vč. montáže [tis. Kč]	2,52	2,52
Počet přechodových výložníků 1m	4	4
Cena přechodového výložníku 1m vč. montáže [tis. Kč]	0,89	0,89
Počet přechodových výložníků 4m	4	4
Cena přechodového výložníku 4m vč. montáže [tis. Kč]	2,72	2,72
Počet objímkových výložníků	12	11
Cena objímkového výložníku vč. montáže [tis. Kč]	1,26	2,1
Počet HST výbojek 100W	24	-
Cena 100W HST výbojky vč. montáže [tis. Kč]	0,4	-
Počet HIT výbojek 50W	12	-
Cena 50W HIT výbojky vč. montáže [tis. Kč]	0,35	-
Počet HIT výbojek 150W	8	-
Cena 150W HIT výbojky vč. montáže [tis. Kč]	0,75	-
Počet HIT výbojek 100W	2	-
Cena 100W HIT výbojky vč. montáže [tis. Kč]	0,75	-
Počet LED modulů	-	86
Cena LED modulu vč. montáže [tis. Kč]	-	1,1
Délka kabelu [m]	1188	1180
Cena kabelu/metr vč. montáže [tis. Kč/m]	0,47	0,47
Celkový příkon [W]	5220	2792
Cena el. Energie [kč/1 kwh]	2,5	2,5
Denní doba provozu [h]	11	11
Náklady na údržbu svítidla [tis. Kč]	0,1	0,1
Perioda výměny zdroje [roky]	5	25
Doba amortizace [roky]	40	40
Úroková sazba [%]	2	2

V tabulce 4.5 jsou uvedeny výsledky výpočtu nákladů pro obě dvě navržené varianty osvětlení.

Tab. 4.5 Roční náklady na VO

Náklady	Výbojková svítidla	LED svítidla
Počáteční investice [tis. Kč]	1379,2	1750
Odpisy investice [tis. Kč]	50,2	63,7
Náklady na energii [tis. Kč]	52,4	28,1
Náklady na údržbu [tis. Kč]	5,2	1,2
Celkem [tis. Kč]	107,8	92,9

Z tabulky je patrné, že varianta osvětlovací soustavy LED svítidel má nižší celkové roční náklady. Rozdíl v nákladech činí téměř 15 000 Kč. Je to dané především nízkými náklady na energii a údržbu. Oproti variantě s výbojkovými svítidly jsou tyto náklady nižší téměř dvakrát, z čehož se dá předpokládat, že za dobu provozu osvětlovací soustavy se ušetří mnohem větší částka, než je rozdíl v počátečních investičních nákladech. Další výhodou soustavy LED svítidel je možnost regulace příkonu. Za předpokladu, že se v době nočního klidu příkon bude snížen o 50 %, náklady na energii se sníží až o 30 %.

Varianta osvětlovací soustavy s výbojkovými svítidly sice má počáteční investiční náklady nižší, ale díky vysokým nákladům na energii a údržbu jsou celkové roční náklady vyšší. Za zmínku stojí také relativně velký rozdíl v nákladech na údržbu výbojkových a LED svítidel, což je způsobeno především tím, že u LED svítidel nemusí být pravidelně měněn světelný zdroj.

V průběhu výpočtu bylo také zjištěno, že poměrně velkou částku z počátečních investičních nákladů tvoří cena kabelů, stožáru a výložníků včetně jejich montáže.

Dále výpočty bylo prokázáno, že kromě ceny svítidla významnou roli hraje také kvalita svítidla, která má výrazný vliv na náklady na elektrickou energii a na údržbu.

Závěr

Předmětem této práce bylo veřejné osvětlení. Úvodní kapitoly se věnovaly teorii, kde byly popsány základní světelně technické parametry a pojmy, používané světelné zdroje a svítidla. Také byly popsány normy, podle kterých se postupuje při návrhu osvětlovacích soustav. V dalších částech práce byly navrženy dvě alternativní varianty osvětlení vybrané komunikace a provedeno jejich porovnání z technického a ekonomického hlediska.

Z výsledků porovnání obou variant osvětlení komunikace je patrné, že se vyplatí investovat do kvalitnějších LED svítidel, která mají nízký příkon a vhodnou vyzařovací charakteristiku, díky které je dosaženo lepší kvality osvětlení při menším počtu světelných míst.

V této práci bylo ukázáno, že v současné době použití LED svítidel vede ke značné úspoře v příkonech, a jako důsledek, ke snížení nákladů na energii. U LED svítidel lze poměrně snadno použít regulaci výkonu, která umožňuje další snížení spotřeby elektrické energie o 30 %. Další výhodou je doba života LED zdrojů a svítidel, která dosahuje až 100 000 hodin, což znamená několikanásobné snížení nákladů na údržbu.

Podle stávajících prognóz lze v průběhu dalších 5 až 10 let očekávat další růst měrného výkonu a doby života LED svítidel pro veřejné osvětlení. Tato skutečnost spolu s předpokládaným snížením cen těchto svítidel a nízkými náklady na energii a údržbu svědčí o tom, že se LED svítidla budou používat ve veřejném osvětlení čím dál tím víc.

Použitá literatura

- [1] ČSN CEN/TR 13201-1. Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [2] ČSN EN 13201-2. Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] ČSN EN 13201-3. Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 13201-4. Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [5] Habel Jíří, Světelná technika a osvětlování. Praha: FCC Public, 1995.
- [6] Karel Sokanský, Tomáš Novák, Marek Bálský, Zdeněk Bláha, Zbyněk Carbol, Daniel Diviš, Blahoslav Socha, Jaroslav Šnobl, Jan Šumpich a Petr Závada. Světelná technika. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011
- [7] TKP, kapitola 15. Osvětlení pozemních komunikací. Praha: Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací, 2015.
- [8] Kai Sørensen, Road lighting. NMF, 2013
- [9] Jíří Tesař, Projektování veřejného osvětlení. Návrh světelně technických parametrů soustavy VO. Praha: Česká společnost pro osvětlování, 2014
- [10] Karel Sokanský a kolektiv, Metodické pokyny pro obnovu, provoz a údržbu VO. VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2008
- [11] SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie, o. p. s., Světelné zdroje a svítidla pro veřejné osvětlení v roce 2012. Praha, 2012
- [12] Petr Žák, Světelné technické návrhy osvětlovací soustav veřejného osvětlení. ČVUT / FEL
- [13] Pracovní skupina SRVO pro spolupráci s městy a státní správou, Jíří Tesař a členové SRVO, Jak projektovat veřejné osvětlení. Praha: Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení, 2005
- [14] Zdeněk Hasoň, Veřejné osvětlení – modernizace jako cesta k úsporám nákladů. Elektroprojekt, 2005
- [15] Jíří Rozman, Diagnostika životního prostředí. 2 vyd. Brno: FEKT VUT, 2003.
- [16] Vojtěch Dvořák, Hodnocení veřejného osvětlení pomocí energetických a ekonomických ukazatelů. Diplomová práce, ČVUT v Praze, 2015
- [17] Světlo: Světelné zdroje - nízkotlaké sodíkové výbojky. Odborné časopisy [online]. 2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=4023756
- [18] Světlo: Světelné zdroje - vysokotlaké sodíkové výbojky. Odborné časopisy [online]. 2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39197
- [19] Světlo: Světelné zdroje - vysokotlaké rtuťové výbojky, směšové výbojky. Odborné časopisy [online]. 2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38296
- [20] Světlo: Světelné zdroje - halogenidové výbojky. Odborné časopisy [online]. 2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38556

