

MESTO NITRA

**GENEREL
VEREJNÉHO OSVETLENIA**

Zpracovatel:	OSVĚTLOVÁNÍ MĚST s.r.o.
Adresa:	Rybná 716/24, 110 00 Praha 1
IČ:	190 79 931
Statutární zástupce:	Ing. Jiří Skála, jednatel
Vedoucí projektu:	Ing. Jiří Skála Odborný garant veřejného osvětlení
Kontakt:	+420 607 005 118 skalajiri00@gmail.com
Datum:	1. 12. 2025

OBSAH**STRANA**

ÚVOD...	8
Architektonicko-urbanistické hľadiská:	8
Dopravno-bezpečnostné hľadiská:	8
Environmentálne hľadiská:	8
VSTUPNÉ PODKLADY...	9
PODKLADY OBJEDNATEĽA	9
ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU...	10
INVENTARIZÁCIA EXISTUJÚCEHO OSVETLENIA	10
HODNOTENIE TECHNICKÉHO STAVU KOMPONENTOV	10
Svietidlá verejného osvetlenia	10
Stožiare verejného osvetlenia	13
Rozvádzače verejného osvetlenia	13
ÚROVEŇ POKRYTIA VEREJNÝCH PRIESTOROV OSVETLENÍM	13
ENERGETICKÁ NÁROČNOSŤ A PREVÁDZKOVÉ NÁKLADY	14
Energetická náročnosť	14
Prevádzkové náklady	15
STRUKTURA VEREJNÉHO OSVETLENIA...	18
PARAMETRE VEREJNÉHO OSVETLENIA ...	19
CHARAKTER OSVETLENIA PRIESTORU	19
CHARAKTER OSVETLENIA – TYP 1	20
CHARAKTER OSVETLENIA – TYP 2	22
CHARAKTER OSVETLENIA – TYP 3	24
ÚROVEŇ JASU	25
TEPLOTA CHROMATICKOSTI	25
Bezpečnosť cestnej dopravy	25
Svetelné znečistenie	25
Návrh riešenia teploty chromatickosti pre osvetlenie pozemných komunikácií	26
DOPRAVNE BEZPEČNOSTNÉ HLÁDISKO ...	27
TRIEDY OSVETLENIA	27
Triedy osvetlenia - M	28
Triedy osvetlenia - C	29
Triedy osvetlenia – P	29
Parametre pre osvetlenie parkovísk	30
Zatriedenie komunikácií do tried osvetlenia	30
MECHANICKÉ PARAMETRE NOSNÝCH KONŠTRUKCIÍ	32
Využívanie stožiarov verejného osvetlenia	32
Investičná náročnosť rôznych stožiarov VO	32
Analýza mechanických parametrov stožiarov	32
Minimálne požiadavky mechanických parametrov stožiarov VO	33
OSLNIENIE (G INDEX)	34
PREVÁDZKOVÝ REŽIM VEREJNÉHO OSVETLENIA	34

Prevádzkový režim VO – cestné komunikácie	35
Prevádzkový režim VO – miestne komunikácie	36
OSVETLOVANIE CHODCOV NA PRECHODOCH	38
ENVIRONMENTÁLNE HĽADISKO ...	41
ZÓNY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA	41
Zaradenie plôch do charakteristických oblastí	41
DOBA NOČNÉHO POKOJA	41
CHARAKTERISTICKÉ OBLASTI ...	42
Charakteristická oblasť 1 – hlavný dopravný priestor	42
Charakteristická oblasť 2 – PR Nitra	44
Charakteristická oblasť 3 – PZ Nitra	46
Charakteristická oblasť 4 – Obytná oblasť	48
Charakteristická oblasť 5 – Mestská zeleň a parky	50
Charakteristická oblasť 6 – Priemyselná oblasť	52
NÁVRH MODERNIZÁCIE A OPTIMALIZÁCIE...	54
ROZSAH MODERNIZÁCIE SÚSTAVY VO PRE OBDOBIE 2026-2046	54
Rozvádzače VO	54
Káble VO	54
Stožiare VO	54
Svietidlá VO	55
TECHNICKÉ PARAMETRE SVIETIDEL	56
Zníženie energetickej náročnosti sústavy verejného osvetlenia	56
Podstatné zníženie budúcich prevádzkových nákladov	56
Splnenie svetelno-technických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií	57
MINIMÁLNE TECHNICKÉ PARAMETRE A FUNKCIONALITY SMART ZARIADĚNÍ	59
Modulárny rozvádzač VO	59
LC (Light Controller)	61
SMART senzor	63
SMART detektor	64
SMART tlačidlo	65
EC (Energy Controller)	66
Iné SMART a externé zariadenia	67
NÁVRH SOFTVÉROVÉHO RIEŠENIA	71
Všeobecný popis a účel systému	71
Hlavným účelom softvérového riešenia je:	71
Základné princípy riešenia	71
Výhody centralizovaného softvérového riešenia	72
Dátové toky v systéme	74
Používateľské aplikácie	75
Bezpečnostná vrstva	80
Úroveň softvérovej platformy	81
Centrálna riadiaca a monitorovacia platforma	81
Funkčné moduly	89
Dátová vrstva	95
Integračná vrstva – API	97

API integrácie – externé systémy	100
TYPOVÉ SCHÉMY ZAPOJENIA SMART Zariadení	102
ODPORÚČANÉ SVIETIDLÁ PRE SÚSTAVU VO	102
Odporúčaný tvar a vzhľad technického svietidla	102
Odporúčaný tvar a vzhľad parkového svietidla	103
NÁVRHY NA VYUŽITIE OBNOVITELNÝCH ZDROJOV ENERGIE	103
Fotovoltaické panely s mikromeničmi	104
Zhrnutie prínosov navrhovaného riešenia	105
EKONOMICKÉ A ENVIRONMENTÁLNE POSÚDENIE NAVRHOVANÝCH OPATRENÍ	105
Ekonomické posúdenie	105
Environmentálne posúdenie	107
DOSLOV NA SPRACOVANIE GENERELU VO ...	108
DELENIE ÚSEKOV POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ	108
KRÁTENIE ÚSEKOV POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ	108
CHARAKTERISTICKÉ OBLASTI	108
PARKOVISKO	109
SVETELNĚ-TECHNICKÉ PARAMETRY CHODNÍKOV	109
PRÍLOHA Č.1 - DATABÁZOVÁ ČASŤ ...	110
SVETELNE TECHNICKÉ PARAMETRE OSVETLENIA POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ	110
PRÍLOHA Č.2 - MAPOVÁ ČASŤ ...	164
TRIEDY OSVETLENIA PODĽA STN EN 13 201	164
PRÍLOHA Č.3 - MAPOVÁ ČASŤ...	199
CHARAKTERISTICKÉ OBLASTI	199

Poznámka:

Prílohy č.4 až 10 sú iba v elektronickej podobe na CD:

Príloha č.4 – Mapová časť - Mechanická pevnosť stožiarov VO

Príloha č.5 – Mapová časť - Výška stožiarov VO

Príloha č.6 – Mapová časť - Farba svetla

Príloha č.7 - TSZ Modulárny rozvádzač VO

Príloha č.8 - Pohľad rozmiestnenie prvkov modulárny rozvádzač VO

Príloha č.9 - TSZ LED svietidlo LC SMART zariadenia

Príloha č.10 - Situačné umiestnenia LED svietidlo LC SMART zariadenia

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 - Existujúca štruktúra svietidiel verejného osvetlenia mesta Nitra.....	12
Tabuľka 2 - Typy použitých svietidiel.....	12
Tabuľka 3 - Typy stožiarov VO mesta Nitra.....	13
Tabuľka 4 - Charakteristika a grafické návrhy osvetlenia - Typ 1	21
Tabuľka 5 - Charakteristika a grafické návrhy osvetlenia - Typ 2	23
Tabuľka 6 - Charakteristika a grafické návrhy osvetlenia - Typ 3	24

<i>Tabuľka 7 – Základné požiadavky na verejné osvetlenie – zníženie svetelného znečistenia</i>	<i>26</i>
<i>Tabuľka 8 - Návrh riešenia teploty chromatickosti pre VO</i>	<i>27</i>
<i>Tabuľka 9 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia - triedy M</i>	<i>28</i>
<i>Tabuľka 10 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia - triedy C</i>	<i>29</i>
<i>Tabuľka 11 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia - triedy P</i>	<i>29</i>
<i>Tabuľka 12 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia parkovísk</i>	<i>30</i>
<i>Tabuľka 13 – Ukážka svetelno-technických parametrov VO úsekov komunikácií</i>	<i>31</i>
<i>Tabuľka 14 - Analýza mechanických parametrov stožiarov pre verejné osvetlenie</i>	<i>33</i>
<i>Tabuľka 15 – Minimálne požiadavky mechanických parametrov stožiarov verejného osvetlenia</i>	<i>33</i>
<i>Tabuľka 16 – Normatívne požiadavky na osvetlenie chodcov na priechodoch</i>	<i>38</i>
<i>Tabuľka 17 - Zóny životného prostredia</i>	<i>41</i>
<i>Tabuľka 18 – Charakteristická oblasť 1 – cestné komunikácie</i>	<i>43</i>
<i>Tabuľka 19 – Charakteristická oblasť 2 – PR Nitra</i>	<i>44</i>
<i>Tabuľka 20 – Charakteristická oblasť 3 – PZ Nitra</i>	<i>47</i>
<i>Tabuľka 21 – Charakteristická oblasť 4 – Obytná oblasť</i>	<i>49</i>
<i>Tabuľka 22 – Charakteristická oblasť 5 – Zeleň, parky</i>	<i>51</i>
<i>Tabuľka 23 – Charakteristická oblasť 6 – Priemyselná oblasť</i>	<i>53</i>
<i>Tabuľka 24 – Parametre svietidiel – zníženie energetickej náročnosti sústavy VO</i>	<i>56</i>
<i>Tabuľka 25 – Parametre svietidiel – zníženie prevádzkových nákladov sústavy VO</i>	<i>57</i>
<i>Tabuľka 26 – Parametre svietidiel – splnenie svetelno-technických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií</i>	<i>58</i>
<i>Tabuľka 27 – Funkčno-technické požiadavky na Modulárny rozvádzač VO</i>	<i>61</i>
<i>Tabuľka 28 - Funkčno-technické požiadavky na LC</i>	<i>63</i>
<i>Tabuľka 29 - Funkčno-technické požiadavky na SMART senzor</i>	<i>64</i>
<i>Tabuľka 30 - funkčno-technické požiadavky na SMART detektor</i>	<i>65</i>
<i>Tabuľka 31 - Funkčno-technické požiadavky na SMART tlačidlo</i>	<i>66</i>
<i>Tabuľka 32 - Funkčno-technické požiadavky na EC</i>	<i>67</i>
<i>Tabuľka 33 - Funkčno-technické požiadavky na iné SMART a externé zariadenia</i>	<i>70</i>
<i>Tabuľka 34 – Požadované vlastnosti pre webovú dispečerskú aplikáciu</i>	<i>76</i>
<i>Tabuľka 35 - Požadované vlastnosti pre mobilnú servisnú aplikáciu</i>	<i>77</i>
<i>Tabuľka 36 - Požadované vlastnosti aplikácie pre verejnosť</i>	<i>78</i>
<i>Tabuľka 37 - Požadované vlastnosti pre dashboardy a vizualizácie</i>	<i>80</i>
<i>Tabuľka 38 - Požadované vlastnosti bezpečnostnej vrstvy</i>	<i>81</i>
<i>Tabuľka 39 - Požadované vlastnosti pre modul riadenia VO</i>	<i>83</i>
<i>Tabuľka 40 - Požadované vlastnosti pre modul udalostí</i>	<i>84</i>
<i>Tabuľka 41 - Požadované vlastnosti pre modul harmonogramov</i>	<i>85</i>
<i>Tabuľka 42 - Požadované vlastnosti pre modul senzorickej siete</i>	<i>86</i>
<i>Tabuľka 43 - Požadované vlastnosti pre modul reportovania a analytiky</i>	<i>87</i>
<i>Tabuľka 44 - Požadované vlastnosti pre modul správy</i>	<i>89</i>
<i>Tabuľka 45 - Požadované vlastnosti pre pasportizačný modul</i>	<i>90</i>
<i>Tabuľka 46 - Požadované vlastnosti pre Poruchový a servisný modul</i>	<i>92</i>
<i>Tabuľka 47 - Požadované vlastnosti pre energetický modul</i>	<i>92</i>
<i>Tabuľka 48 - Požadované vlastnosti pre modul správy senzorickej siete a IoT zariadení</i>	<i>93</i>
<i>Tabuľka 49 - Požadované vlastnosti pre AI a analytický modul</i>	<i>95</i>
<i>Tabuľka 50 – Požadované vlastnosti dátovej vrstvy</i>	<i>97</i>
<i>Tabuľka 51 - Požadované vlastnosti integračnej API vrstvy</i>	<i>100</i>
<i>Tabuľka 52 - Požadované vlastnosti integračnej vrstvy</i>	<i>102</i>

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 - Pasport VO – rozsah inštalovaných LED svietidiel.....	10
Obrázok 2 - Pasport VO – rozsah výbojkových svietidiel podľa výkonu.....	11
Obrázok 3 - Svietidlá inštalované na vrchnom vedení s veľkými vzdialenosťami medzi svietidlami (nutné doplnenie svietidiel)	14
Obrázok 4 - Grafické znázornenie teploty chromatickosti	25
Obrázok 5 - Ukážka zatriedenia komunikácií do tried osvetlenia	31
Obrázok 6 – Výrez mapy - požiadavky na mechanické parametre stožiarov VO	34
Obrázok 7 -Posudzovaný priestor: A = základný, B = nepredĺžený doplnkový. Analogicky platí aj pre pozemnú komunikáciu s viacerými jazdnými pruhmi.	39
Obrázok 8 - Posudzovaný priestor so stredným deliacim pásom alebo ochranným ostrovčekom: A = základný, B = nepredĺžený doplnkový, B' = predĺžený doplnkový. Platí pre smer jazdy zľava. Pre opačný smer je analogická situácia	40
Obrázok 9 - Bloková schéma softvérového riešenia	73
Obrázok 10 - Príklad odporúčaného tvaru a vzhľadu technického svietidla.....	103
Obrázok 11 - Príklad odporúčaného tvaru a vzhľadu parkového svietidla.....	103
Obrázok 12 – Triedy osvetlenia - klad listov	164
Obrázok 13 – Charakteristické oblasti - klad listov	199

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1 - Priebeh ročnej spotreby elektriny VO	15
Graf 2 - Ročné náklady bez DPH za odber elektriny VO mesta Nitra	16
Graf 3 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia M3 a C3	35
Graf 4 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia M4	35
Graf 5 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia C4	36
Graf 6 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia M5	36
Graf 7 - Prevádzkový režim VO – miestne komunikácie	37

ÚVOD...

Cílem Generelu veřejného osvětlení je spracovanie svetelno-technických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií mesta za účelom zaistenia budúceho kvalitného osvetlenia pozemných komunikácií a návrh modernizácie a optimalizácie svetelnej sústavy s ohľadom na SMART riešenia, ktorými sa riadi projektovanie, realizácia i kontrola kvality VO pri rekonštrukcii, obnove, modernizácii a výstavbe verejného osvetlenia v meste so súčasnou požiadavkou na minimalizáciu príkonu a minimalizáciu príkonu majetku.

Nesporným prínosom Generelu verejného osvetlenia je vyššie uvedená existencia svetelno-technických parametrov pre osvetľovanie pozemných komunikácií v meste a návrh modernizácie a optimalizácie svetelnej sústavy s ohľadom na SMART riešenia, ktorého výstupmi sa bude riadiť príprava obnovy verejného osvetlenia, výber dodávateľa na realizáciu stavieb, preberacie riadenie stavby.

Svetelno-technické parametre verejného osvetlenia, ktoré budú priradené jednotlivým pozemným komunikáciám a verejným priestranstvám v rámci jednotlivých hľadísk, sú nasledujúce:

Architektonicko-urbanistické hľadiská:

- náhradná teplota chromatickosti T_{cc} (K) s toleranciou $\pm 10\%$;
- minimálny index podania farieb $R_{a,min}$ (-);
- maximálna výška svetelných miest H_{max} (m);
- typológia svietidiel (technické, historizujúce, parkové, designové);
- materiál nosných konštrukcií;
- povrchová úprava nosných konštrukcií a prípadná špecifikácia farby;
- mechanické parametre nosných konštrukcií.

Dopravno-bezpečnostné hľadiská:

- trieda osvetlenia miestnych komunikácií (M, P, C) - toto zatriedenie pozemných komunikácií do tried osvetlenia bude spracované podľa normy STN EN 13 201;
- prevádzkový režim (časové úseky s priradeným svetelným výkonom svietidiel).

Environmentálne hľadiská:

- zóna životného prostredia (E1, E2, E3, E4) podľa normy STN EN 12 464-2;
- doba nočného pokoja.

Predmetom tohto Generelu verejného osvetlenia nie je spracovanie architektonického osvetlenia, ktoré je nutné riešiť individuálne v závislosti od okolitej hladiny osvetlenia vrátane stanovenia prevádzkového režimu. Na účely architektonického osvetlenia sa odporúča pri každej stavbe, drobnej architektúre, prírodnom prvku v závislosti od spôsobu osvetlenia priestorovo špecifikovať časti týchto objektov. Týmto častiam následne priradiť nasledujúce parametre:

- priemerný jas L_m (cd/m²);
- náhradná teplota chromatickosti T_{cp} (K) s toleranciou $\pm 10\%$ (biele osvetlenie);
- trichromatické súradnice x, y s toleranciou $\pm 10\%$ (farebné osvetlenie);
- minimálny index podania farieb $R_{a,min}$ (-) (pri bielom osvetlení).

VSTUPNÉ PODKLADY...

PODKLADY OBJEDNATEĽA

Na spracovanie Generelu verejného osvetlenia boli zo strany objednávateľa poskytnuté nasledujúce podklady:

- pasport miestnych komunikácií;
- digitálna mapa s umiestnením stožiarov verejného osvetlenia;
- databáza pasportu verejného osvetlenia;
- katastrálna mapa mesta;
- územný plán mesta;
- audit pre sústavu verejného osvetlenia;
- plán udržateľnej mestskej mobility;
- manuál tvorby verejných priestranstiev pre mesto Nitra.

ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU...

INVENTARIZÁCIA EXISTUJÚCEHO OSVETLENIA

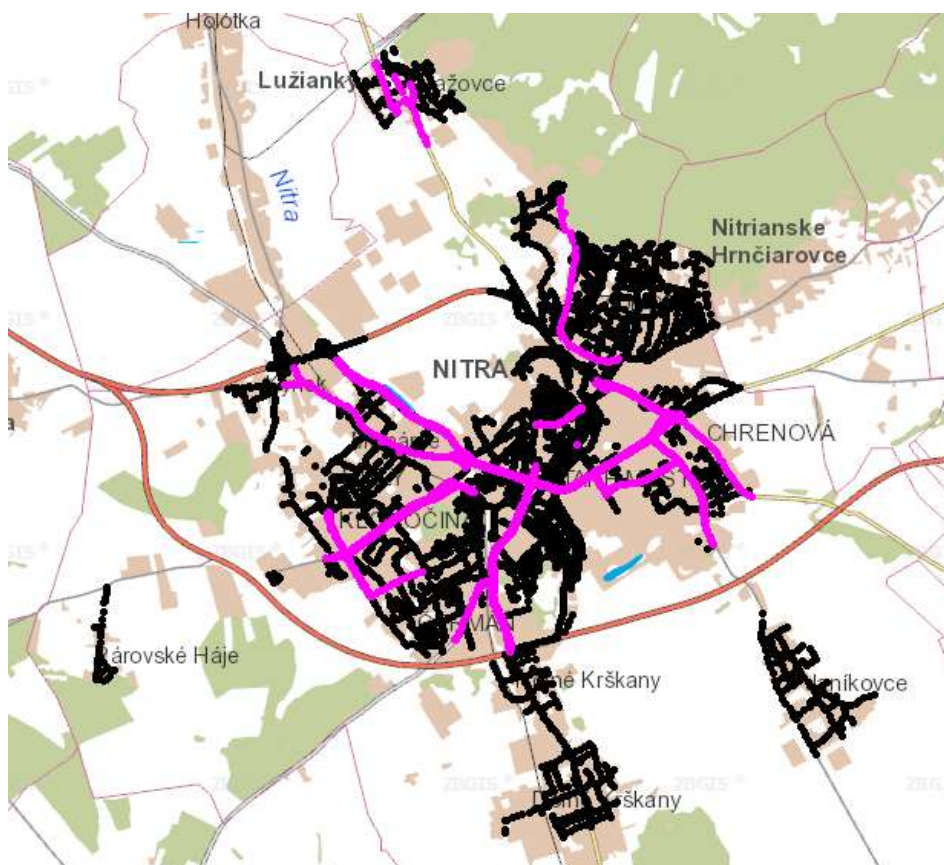
Sústava verejného osvetlenia mesta je charakterizovaná týmito základnými parametrami uvedenými v Zmluve o poskytovaní služieb na zabezpečenie prevádzky, údržby a opráv VO v meste Nitra pre rok 2021:

- Počet svetelných bodov 9238 ks
- Počet stožiarov VO 8576 ks
- Počet rozvádzačov (RVO) 179 ks

HODNOTENIE TECHNICKÉHO STAVU KOMPONENTOV

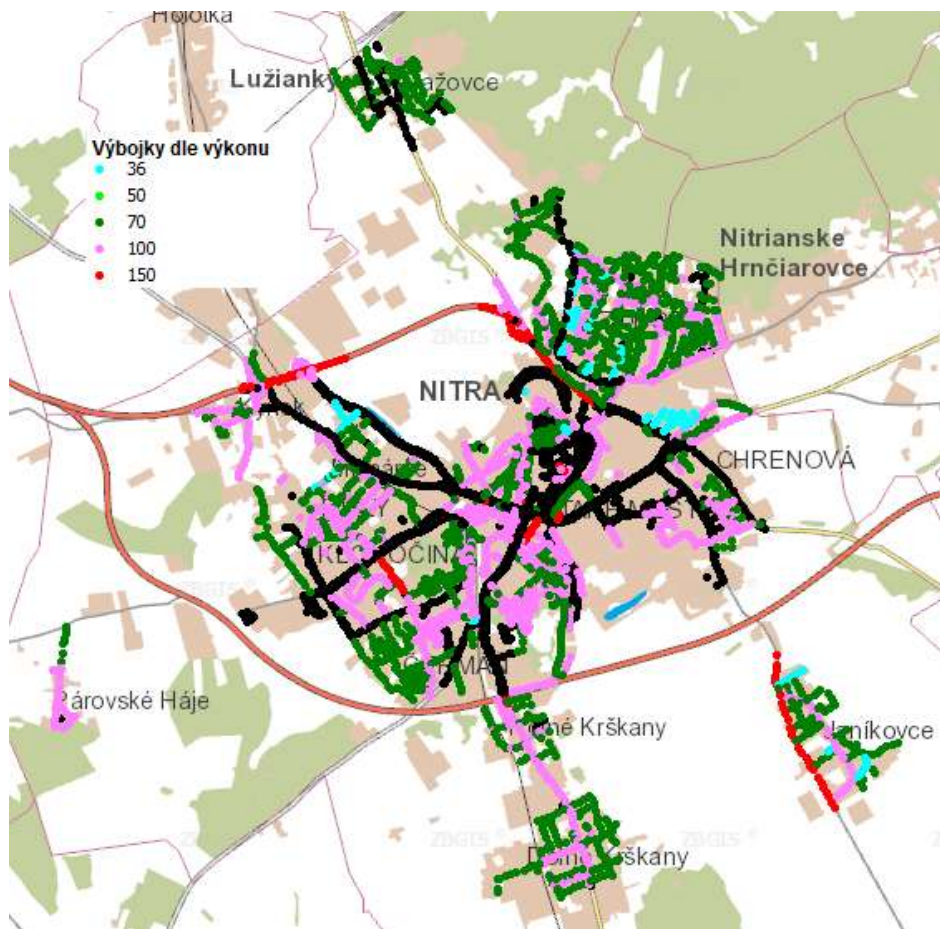
Svietidlá verejného osvetlenia

Z databázovej časti pasportu VO, ktorú poskytol prevádzkovateľ sústavy VO je zrejmé, že na území mesta Nitra sú už inštalované moderné LED svietidlá s výkonom od 30W až do výkonu 80W. Rozsah inštalovaných LED svietidiel je zobrazený na nasledujúcom obrázku (viď Obrázok 1)



Obrázok 1 - Pasport VO – rozsah inštalovaných LED svietidiel

Na ostatnom území mesta je sústava verejného osvetlenia tvorená výbojkovými svietidlami s výkonom od 36W až do 150W. Grafické zobrazenie výbojkových svietidiel VO podľa príkonu je zobrazené na nasledujúcom obrázku (viď Obrázok 2)



Obrázok 2 - Pasport VO – rozsah výbojkových svietidiel podľa výkonu

Osvetľovacia sústava inštalovaná v meste Nitra je tvorená škálou svetelných zdrojov a to ako z pohľadu typového, tak aj výkonového. Najrozšírenejším svetelným zdrojom VO v meste sú vysokotlakové sodíkové výbojky (SHC) vo výkonových radoch 50W až 150W.

Pri komunikácii menšieho významu a vnútroblokoch sídlisk sa na osvetlenie používajú aj svietidlá s kompaktnou žiarovkou s výkonom 36W. V poslednom čase potom boli inštalované moderné svetelné zdroje na báze LED technológie s výkonom 30 až 80W.

Na slávnostné osvetlenie historických budov mesta sú použité svietidlá s metal-halogenidovou a sodíkovou výbojkou s výkonom 70W až 2000W.

Na základe odovzdanej databázy svetelných bodov je v nasledujúcich tabuľkách a grafoch uvedený ich prehľad. Tento prehľad neobsahuje svetelné zdroje architektonického osvetlenia a osvetlenia prechodov.

Svetelný zdroj	Inštalovaný výkon svetelných zdrojov	Celkový príkon svietidiel	Počet svietidiel
	W	W	ks
výbojka 36 W	17 928	20 916	498
výbojka 50W	14 650	18 752	293
výbojka 70 W	301 490	366 095	4 307
výbojka 100 W	187 200	215 280	1 872
výbojka 150 W	58 200	64 020	388
Celkom výbojky	579 468	685 063	7 358
LED 30W	360	370	12
LED 40 W	480	2 115	47
LED 60W	7 920	8 580	132
LED 62 W	22 630	24 455	365
LED 70 W	560	600	8
LED 80W	78 640	83 555	983
Celkom LED	110 590	119 675	1 547
Ostatné*)	N/A	N/A	333
Svetelné zdroje celkom	690 058	804 738	9 238

*) Jedná sa o svetelné zdroje inštalované v architektonickom osvetlení a osvetlení peších prechodov, ku ktorým neboli odovzdané technické parametre

Tabuľka 1 - Existujúca štruktúra svietidiel verejného osvetlenia mesta Nitra

Sústava verejného osvetlenia mesta Nitra využíva najčastejšie svietidlá typu Malaga, ktoré sú osadené výbojkovými svetelnými zdrojmi s výkonom 50W, 70W, 100W a 150W. Ďalším najpočetnejším svietidlom je LED svietidlo Megin 62 W a 80W. Tretím najčastejšie úžitkovým typom svietidla je svietidlo Attache s výbojkovým svetelným zdrojom s výkonom 36 W.

Typ	Počet
Attache	472
CGP700	14
Gula	159
Lucerna	114
Malaga	6510
Metronomis	55
Tanier	34
LED Megin	1346
LED ostatní	201
Ostatní*)	333
Celkem	9238

*) Ide o svietidlá pre osvetlenie architektonických objektov a osvetlenie peších prechodov, ku ktorým neboli odovzdané technické parametre

Tabuľka 2 - Typy použitých svietidiel

Stožiare verejného osvetlenia

Z hľadiska typu stožiarov sú najrozšírenejšie oceľové stožiare nasledované betónovými stožiarimi. Použitie oceľových stožiarov reprezentuje výšku podielu 73% z celkového počtu. Druhým najpočetnejším druhom stožiaru sú betónové stožiare, ktorých podiel činí 24,5%.

Sústava verejného osvetlenia využíva stožiare rôznej výšky a to od 3m výšky až po výšku 15 m. Najrozšírenejšie sú stožiare výšky 8 a 5 metrov. V niektorých prípadoch sú svietidlá umiestnené na svetelné miesto iným spôsobom (nástenná, konzola, nástrešník).

V nasledujúcej tabuľke je uvedený prehľad stožiarov z hľadiska výšky stožiarov.

Typ stožiaru	Počet	Podíl (%)
Betónový stožiar	2100	24,5%
Oceľový stožiar	6259	73,0%
Drevený stožiar	55	0,6%
Liatinový stožiar	112	1,3%
Hliníkový stožiar	14	0,2%
Plastový stožiar	5	0,1%
Stena	33	0,4%

Tabuľka 3 - Typy stožiarov VO mesta Nitra

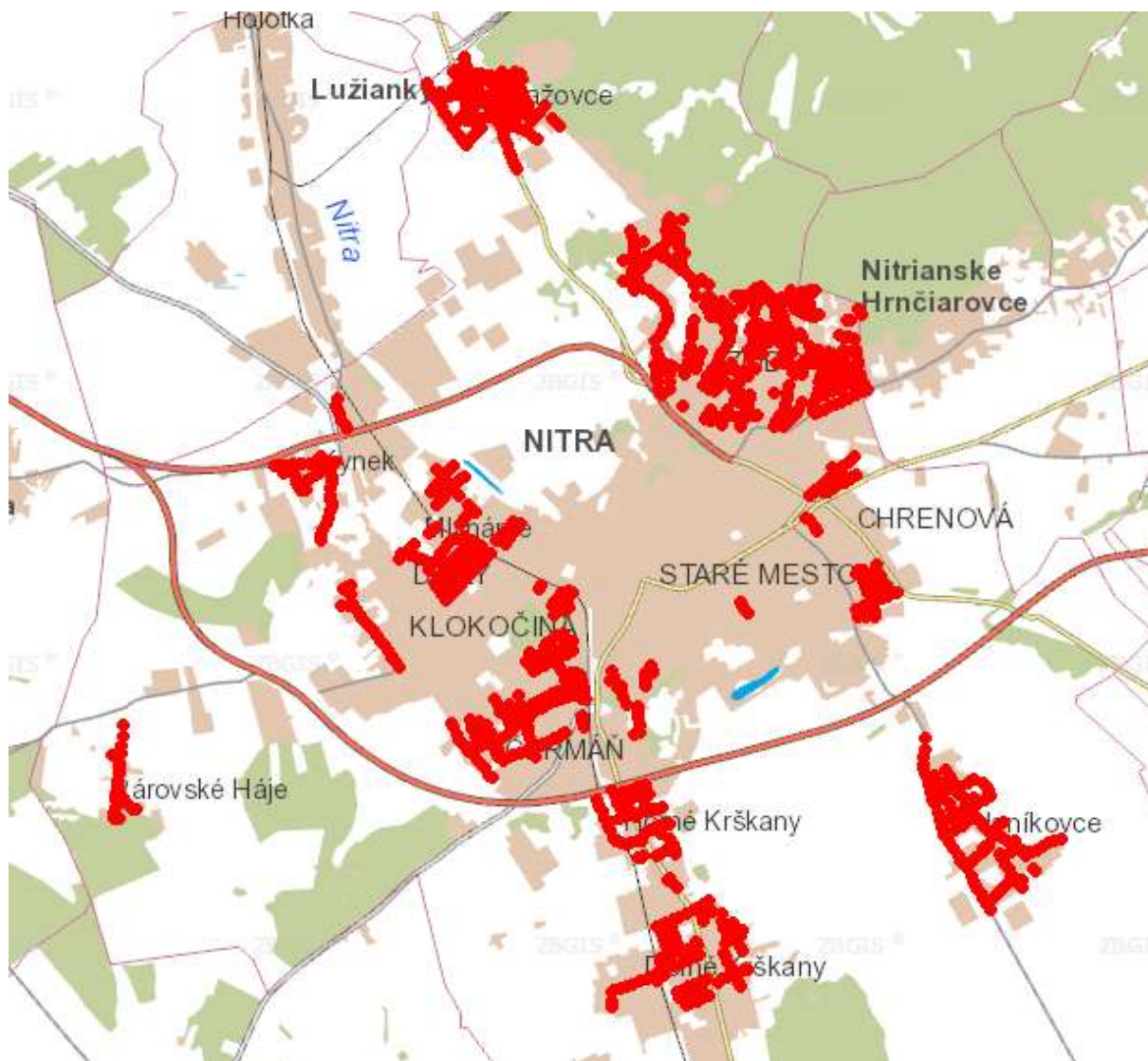
Rozvádzače verejného osvetlenia

Osvetľovacia sústava mesta je napojená na distribučnú sústavu NN pomocou 179 rozvádzačov verejného osvetlenia, ktoré sú súčasne odbernými miestami. Všeobecne je rozvádzač tvorený oceľovou alebo plastovou skriňou. V nej sa nachádza elektro výzbroj rozvádzača ktorá je tvorená hlavným ističom, elektromerom, stýkačom, ovládacím zariadením (fotobunka), prijímačom HDO (pre prepínanie tarífov) a istením jednotlivých polí rozvádzača (ističe, poistky). Napäťová sústava je 3+PEN 50Hz 230/400V/TN-C. Ochrana pred nebezpečným dotykovým napätím živých častí je riešená „Izolovaním živých častí a krytím“. Ochrana pred nebezpečným dotykovým napätím neživých častí je riešená „odpojením napájania, pospojením“.

ÚROVEŇ POKRYTIA VEREJNÝCH PRIESTOROV OSVETLENÍM

V rámci mesta Nitra je stále rozšírená sústava verejného osvetlenia s vrchným vedením a to ako neizolovaným (vedenie AlFe) tak aj izolovaným (káble AYKYZ, AES). Rozsah vrchného vedenia VO je zobrazený na nasledujúcom obrázku (viď Obrázok 3).

Inštalácie svietidiel na vrchnom vedení sa v minulosti vykonávali metódou „ob stožiar“ bez dodržiavania noriem pre verejné osvetlenie. Dôvodom bola rýchla požiadavka na osvetlenie lokalít mesta, kde bolo vrchné vedenie energetických spoločností a v dôsledku energetickej náročnosti sústavy verejného osvetlenia bolo použitie tejto metódy určitým kompromisom. Vzdialenosti medzi existujúcimi svietidlami verejného osvetlenia tak dosahujú vzdialenosti, ktoré nezodpovedajú existujúcim požiadavkám na kvalitné osvetlenie pozemných komunikácií.



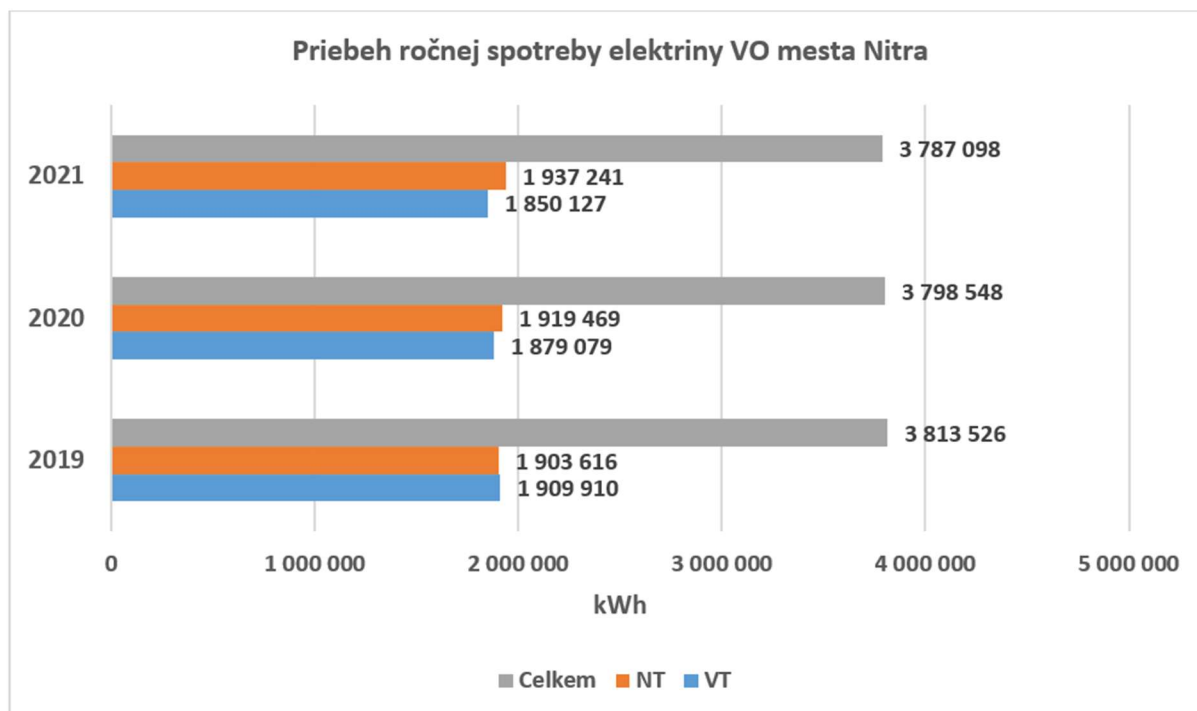
Obrázok 3 - Svietidlá inštalované na vrchnom vedení s veľkými vzdialenosťami medzi svietidlami (nutné doplnenie svietidiel)

ENERGETICKÁ NÁROČNOSŤ A PREVÁDZKOVÉ NÁKLADY

Energetická náročnosť

Spotreba elektrickej energie VO mesta je meraná na 139 odberných miestach pomocou obchodného merania. Meracie elektromery sú napospol umiestnené v rozvádzačoch verejného osvetlenia. Dodávateľom elektrickej energie je spoločnosť MAGNA ENERGIA a.s. so sídlom Nitrianska 7555/18, 92101 Piešťany. Časť odberov je realizovaná v dvojtarife (110 OM) a časť v jednotarife (29 OM). Pre odber elektrickej energie v dvojtarife bola dojednaná tarifa E C10 Profil - 2T a pre odber elektriny v jednotarifu potom tarifa E C10 Profil - 1T.

Údaje o spotrebe VO za rok 2021 boli odovzdané čiastočne vo forme mesačných faktúr za elektrickú energiu vybraných odberných miest, čiastočne vo forme kumulatívnych faktúr za obdobie 01/2021 až 09/2021 a kumulatívnych faktúr za obdobie 01/2021 až 10/2021.

*Graf 1 - Priebeh ročnej spotreby elektriny VO*

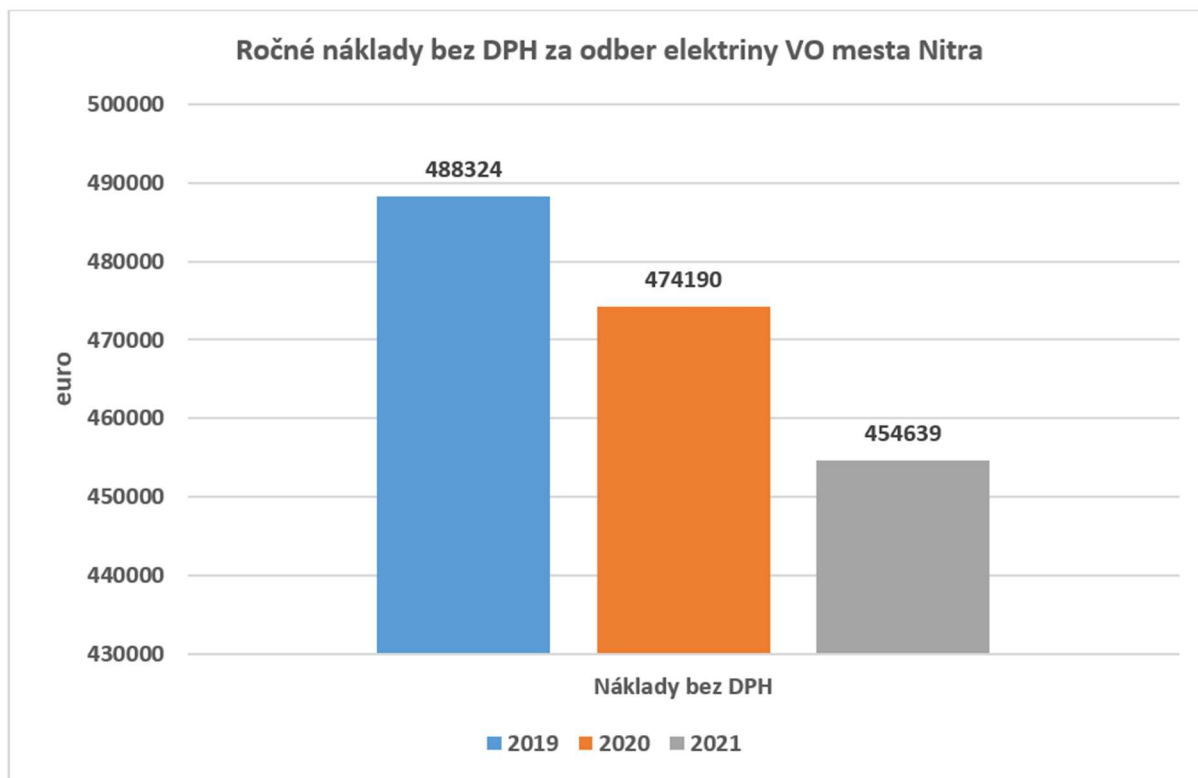
Existujúca sústava verejného osvetlenia je už zastaraná a energeticky náročná, svietidlá sú osadené prevažne výbojkovými svetelnými zdrojmi s príkonmi od 36 do 150 W bez možnosti regulácie svitu. Optická časť existujúcich svietidiel je už silne zastaraná s neprimerane nízkou svetelnou účinnosťou optickej časti. Tieto svietidlá v kombinácii s vysokotlakovou výbojkou je možné hodnotiť ako ne hospodárne.

Výkony výbojkových svietidiel boli navrhnuté podľa platných noriem v čase inštalácie verejného osvetlenia. Existujúce normy podrobne špecifikujú svetelno-technické požiadavky na osvetľovanie pozemných komunikácií v detailnejšom rozdelení ako pôvodné normy. Z toho možno usudzovať, že v súčasnosti je v dôsledku podstatného zvýšenia intenzity dopravy, ktorá má podstatný vplyv na stanovenie úrovne osvetlenia/jasov pozemnej komunikácie, ďalej morálne a fyzicky zastaraných svietidiel, kvalita osvetlenia pozemných komunikácií pod úrovňou dnešných požiadaviek.

Z vyššie prezentovaných údajov o vstupoch energie posudzovanej mestskej sústavy verejného osvetlenia mesta Nitra vyplýva, že dochádza k miernemu poklesu celkovej spotreby elektrickej energie. Je však zrejmé, že energetická náročnosť osvetlenia je vysoká, pretože prevažná časť osvetľovacej sústavy je tvorená svietidlami so svetelnými zdrojmi na báze výbojok. Podiel LED svietidiel je minoritný a pokiaľ vedenie mesta bude chcieť znižovať energetickú náročnosť verejného osvetlenia je nevyhnutné v čo najkratšom čase pristúpiť k rekonštrukcii osvetlenia s využitím vysoko efektívnych LED svietidiel a pokročilého riadiaceho systému. Možnosti riešenia projektu úspor budú uvedené v ďalšej časti energetického auditu.

Prevádzkové náklady

Ročné prevádzkové náklady za spotrebovanú el. energiu predstavovali v rokoch 2019 - 2021 od 488 324 € do 454 639 €.



Graf 2 - Ročné náklady bez DPH za odber elektriny VO mesta Nitra

Sústava verejného osvetlenia je v majetku mesta Nitra, ktoré uzatvorilo „Zmluvu o poskytnutí služby na zabezpečenie prevádzky, údržby a oprav verejného osvetlenia v meste Nitra“ so spoločnosťou Elcomp s.r.o. Na základe tejto zmluvy spoločnosť Elcomp s.r.o. zabezpečovala:

a) Prevádzka, údržba a opravy (riadne a mimoriadne) VO, ktorá sa skladá najmä z týchto činností:

- Elektroinštalačné práce na VO a rozvádzačoch
- Odstraňovanie porúch nefunkčného osvetlenia
- Výmena svetelných zdrojov a ďalších prvkov VO
- Opravy elektro výzbroje stožiarov a ich krytov
- Opravy káblových rozvodov a el. rozvádzačov
- Vykonávanie revízií a ďalších činností

b) Menšie a neperiodické činnosti súvisiace s prevádzkou VO , ktoré zahŕňajú napr.:

- Kontrolu a schválenie projektovej dokumentácie VO
- Riešenie poistných udalostí
- Montáž vianočnej výzdoby a pod.

Podľa vyjadrenia zástupcu mesta, prevádzkovateľ VO nedisponuje žiadnym plánom údržby, ktorým by svoju činnosť riadil. Jeho činnosť je zameraná na priebežnú údržbu a opravy VO ako nátery stožiarov, kontroly stožiarov, odstraňovanie porúch jednotlivých zariadení VO.

V období 2019 až 2021 mesto vynaložilo na zabezpečovanie činností spojených s údržbou, opravami a prevádzkou náklady vo tejto výške:

2019 - 250 608 €

2020 - 260 070 €

2021 - 285 600 €

Z prehľadu je zrejmé, že mesto sa venuje zaistovaniu prevádzkyschopnosti sústavy verejného svetlenia mesta a vynakladá na jeho zaistovanie stále vyššie a vyššie finančné zdroje.

STRUKTURA VEREJNÉHO OSVETLENIA...

Osvetľovacia sústava verejného osvetlenia zahŕňa svietidlá, podperné a nosné prvky, elektrický rozvod a ovládací systém. Verejné osvetlenie je osvetlenie ciest, miestnych komunikácií, chodníkov, cyklotrás a ďalších verejných priestranstiev.

Podperné a nosné prvky tvoria stožiare s príslušenstvom. Stožiar je tvorený zvislým dříekom. Naň obvykle nadväzuje do priestoru výložník alebo nástavec, na ktorom je v požadovanom mieste upevnené svietidlo. Niektoré stĺpy sú aj dvojramenné alebo viacramenné. V dolnej časti máva stĺp silnú päťicu, v ktorej sú umiestnené elektrické rozvody a poistky. Podľa novších bezpečnostných noriem sa už elektrické rozvody neumiestňujú v päťici pri zemi, ale obvykle bývajú umiestnené v dutine stožiaru a otvárací prístup k nim je v určitej výške (obvykle desiatky centimetrov) nad zemou.

Elektrický rozvod tvorí napájací kábel, rozvádzač verejného osvetlenia a výstupné káble na napájanie zariadenia verejného osvetlenia. Predtým sa používali káble s hliníkovým jadrom, v novej zástavbe a pri rekonštrukciách sa používajú takmer výhradne medené káble. Rozvádzač zapínacieho miesta, pomocou ktorého sa svetlo zapína a vypína, je ovládaný diaľkovo alebo miestne a má samostatné meranie spotreby. Prostredníctvom napájacej siete verejného osvetlenia bývajú niekedy pripojené aj ďalšie zariadenia (kamerové systémy, parkovacie automaty, telefónne hovorne, osvetlenie označníkov zastávok, miestny rozhlas, kamerové systémy a pod.)

Svietidlá verejného osvetlenia sú v dnešnej dobe prevažne s LED technológiou, ktorá so sebou prináša pozitívny vplyv na celkovú spotrebu el. energie (rôzne krivky svietivosti, vnútorná regulácia svetelného toku, funkcia konštantného svetelného toku, vysoký činiteľ využitia svetelného toku) ale tiež na zníženie prevádzkových nákladov v oblasti údržby verejného osvetlenia.

Ovládací systém spravidla funguje tak, že sa osvetlenie rozsvieti na podnet naprogramovaného časového spínača, prípadné svetelného čidla. Príkón sa pri zapínaní zvyšuje pozvoľna a čiastkové oblasti sa z jednotlivých zapínaných bodov zapínajú postupne, aby nedošlo k okamžitému preťaženiu elektrickej siete.

Trendom v ďalšom rozvoji ovládania verejného osvetlenia je zakomponovanie verejného osvetlenia do systému SMART city mesta, v ktorom verejné osvetlenie ako najrozšírenejšia infraštruktúra mesta plní tri zásadné úlohy. Prvou úlohou je možnosť prenosu informácií na zabezpečenie kvalitnej prevádzky a údržby verejného osvetlenia (informácie o prevádzkovom stave verejného osvetlenia vrátane aktuálnej hodnoty elektromeru) s možnosťou aktívneho ovplyvňovania úrovne osvetlenia verejného priestoru. Druhou úlohou je možnosť využiť osvetľovacie stožiare ako nosiče pre ďalšie zariadenia zaisťujúce potrebný zber informácií z ďalších oblastí šikovního mesta v danej lokalite (intenzita dopravy, prašnosť, hladina NOx, obsadenosť parkovacích miest a pod.). Treťou úlohou je možnosť využitia elektrického vedenia na napájanie ďalších zariadení.

PARAMETRE VEREJNÉHO OSVETLENIA ...

Charakter osvetlenia priestoru definuje, aký priestor by mal byť v príslušnej lokalite osvetľovaný, čomu zodpovedá aj výber svetidla, ktoré svojimi svetelnými parametrami zaisťuje smerovanie svetelného toku zo svetidla do potrebných miest. Zdrojovými informáciami pre návrh charakteru osvetlenia sú funkčné oblasti mesta a prihliadnutie na zóny svetelného prostredia, ktoré definujú max. osvetlenosť objektov pozdĺž osvetľovaných komunikácií (norma STN EN 12 464-2). Pre zaistenie plnenia normových hodnôt príslušnej svetelnej zóny je potrebné vhodne umiestniť osvetľovacie stožiare s príslušnými svetelnými parametrami svetidiel verejného osvetlenia. V prípade obvyčajnej výmeny svetidiel sa normové hodnoty nemusia podariť splniť.

CHARAKTER OSVETLENIA PRIESTORU

Pre tvorbu Generelu verejného osvetlenia je možné podľa typu zástavby a využitia plôch v meste identifikovať celkom 6 oblastí: hlavný dopravný priestor, PR Nitra, PZ Nitra, obytná oblasť, mestská zeleň a parky a priemyselná oblasť. Z pohľadu architektonicko-urbanistického sú konkrétnym úsekom pozemných komunikácií v daných oblastiach nadefinované celkom **3 typy charakteru osvetlenia, a to podľa toho, kam je svetelný tok smerovaný a aké časti priestoru osvetľuje (konkrétny typ daného úseku nie je presnou kópiou daného priestoru, ale poskytuje zámer ako daný priestor s ohľadom na okolitú zástavbu osvetliť pri dodržaní zásad zníženia rušivého svetla)**. Rozsah jednotlivých typov osvetlenia nie je iba konkrétnym výpočtom, ktorý sa na území mesta pri spracovaní Generelu navrhol, ale poskytuje aj ďalšie typy, ktoré možno v prípade potreby využiť po ďalšie rozvíjajúce sa lokality mesta.

CHARAKTER OSVETLENIA – TYP 1

Pri tomto charaktere osvetlenia je svetelný tok svetidiel smerovaný výhradne na povrch komunikácie a nevyhnutné bezprostredné okolie osvetľovaných pozemných komunikácií. Hlavným hodnotiacim kritériom je jas alebo horizontálna osvetlenosť pozemnej komunikácie. Hlavným účelom tohto charakteru osvetlenia je zaistenie dostatočnej bezpečnosti prevádzky a orientácie v mestskom prostredí. Ide o rýdzo technické osvetlenie pozemných komunikácií určených hlavne pre motorovú dopravu s maximálnym obmedzením svetelného toku do okolitého prostredia. Tento charakter osvetlenia je vhodný najmä pre hlavné komunikačné ťahy, priemyselné zóny a samostatné pešie cesty, ktoré nie sú spravidla urbanisticky hodnotné.

TYP 1A



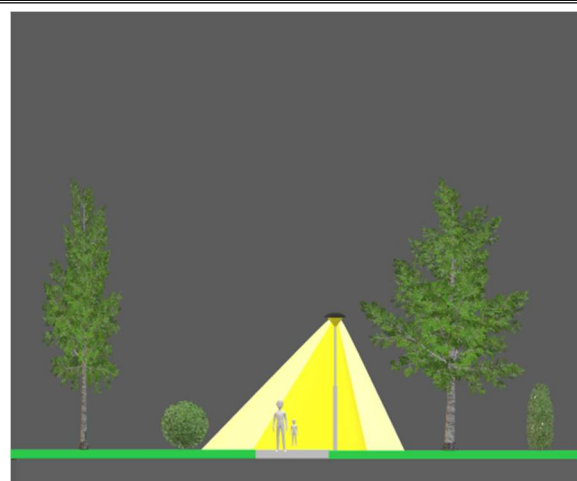
TYP 1B



TYP 1C

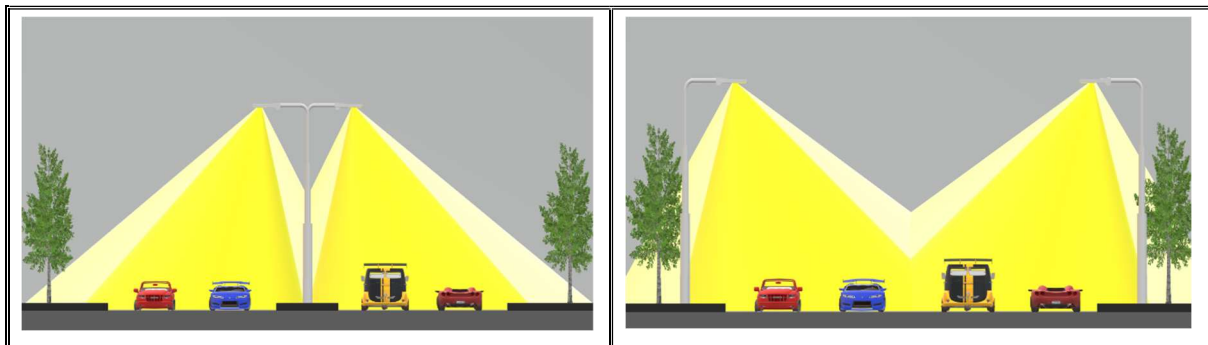


TYP 1D



TYP 1E

TYP 1F



Tabuľka 4 - Charakteristika a grafické návrhy osvetlenia - Typ 1

CHARAKTER OSVETLENIA – TYP 2

Pri tomto charaktere osvetlenia je svetelný tok smerovaný nielen na osvetľovanú pozemnú komunikáciu, ale čiastočne aj do priestoru tak, aby bola zaistená určitá osvetlenosť vertikálnych plôch. Pri aplikácii tohto charakteru osvetlenia v uliciach by fasády priľahlých budov mali byť osvetlené maximálne do výšky prvého poschodia. Hlavným hodnotiacim kritériom je horizontálna osvetlenosť povrchu komunikácie a vertikálna osvetlenosť v smere pozdĺžnej osi pozemnej komunikácie. Hlavným účelom je nielen zaistenie osvetlenia povrchu komunikácie z pohľadu prevádzkovej bezpečnosti, ale aj vytvorenie určitého komfortu chodcov pri vnímaní okolitého prostredia (dobré rozlíšenie okoloidúcich osôb, okolitého prostredia a pod.). Tento charakter osvetlenia je vhodný pre priestory obytných ulíc, obslužné komunikácie a drobné verejné priestory (námestie, parky, vnútrobloky a pod.).

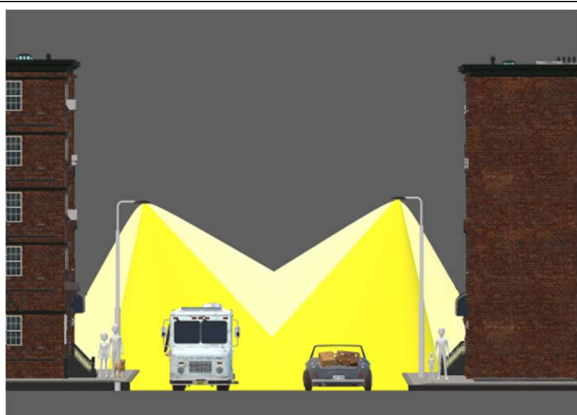
TYP 2A



TYP 2B



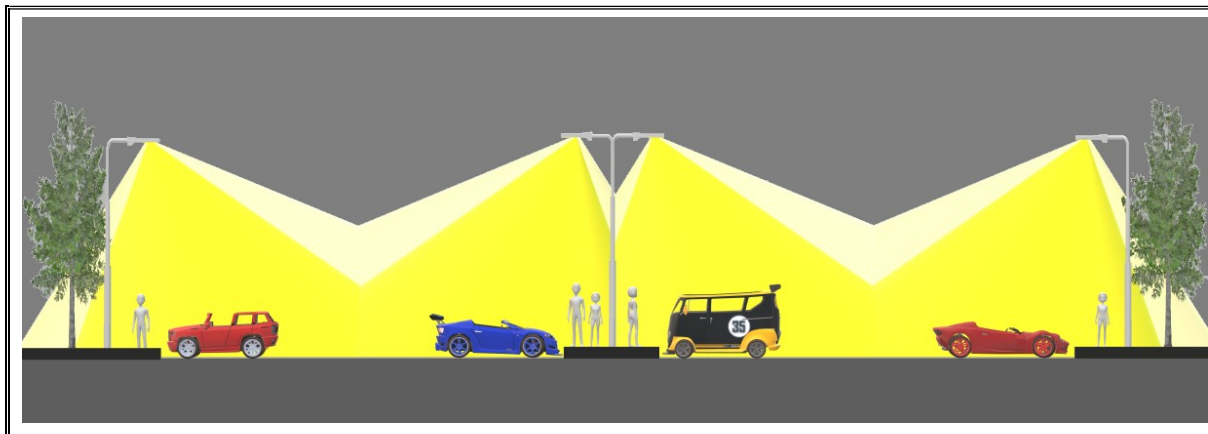
TYP 2C



TYP 2D



TYP 2E



Tabuľka 5 - Charakteristika a grafické návrhy osvetlenia - Typ 2

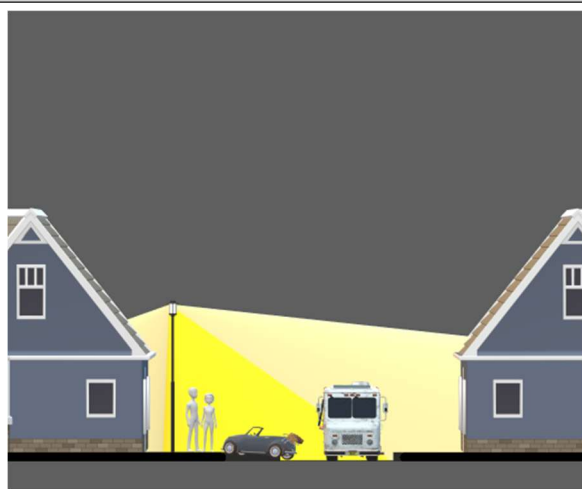
CHARAKTER OSVETLENIA – TYP 3

Pri tomto charaktere osvetlenia je svetelný tok smerovaný nielen na osvetľovanú pozemnú komunikáciu, ale aj do priestoru, aby bola zaistená jeho celková osvetlenosť priestoru a osvetlenie jeho hraníc. Hlavným hodnotiacim kritériom je horizontálna osvetlenosť povrchu komunikácie a vertikálna osvetlenosť vo všetkých smeroch. Hlavným účelom je nielen zaistenie osvetlenia povrchu komunikácie z pohľadu prevádzkovej bezpečnosti, ale aj vytvorenie dobrej orientácie v priestore, podporenie charakteru miesta, aby vznikla hodnota daného priestoru. Tento charakter osvetlenia je vhodný pre historické časti mesta, vybrané časti parkov a športoviská.

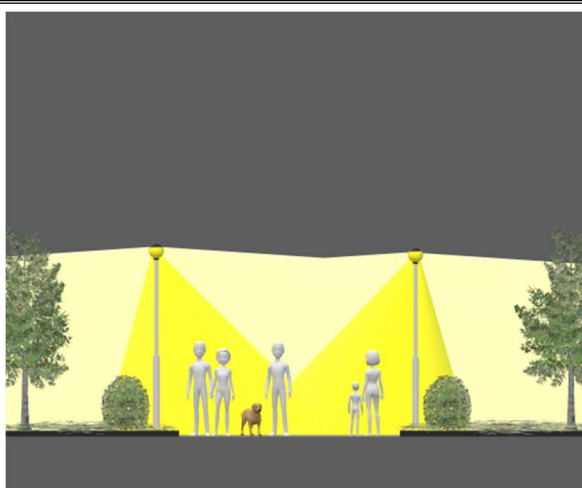
TYP 3A



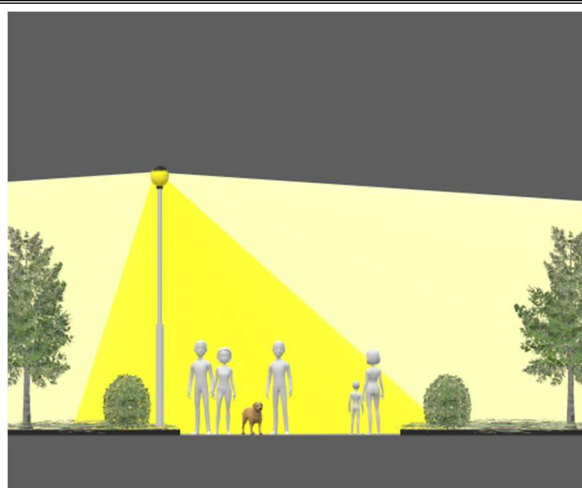
TYP 3B



TYP 3C



TYP 3D



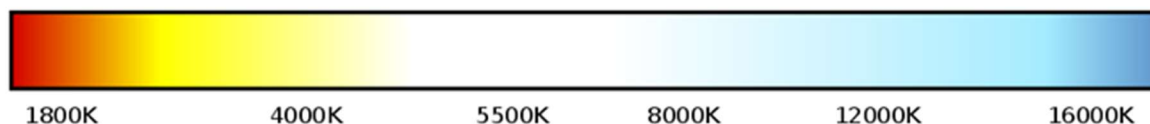
Tabuľka 6 - Charakteristika a grafické návrhy osvetlenia - Typ 3

ÚROVEŇ JASU

Úroveň jasů okolia má významný vplyv na stanovenie svetelno-technických parametrov osvetlenia verejného priestoru. Návrh úrovne osvetlenia pozemných komunikácií musí vo vzťahu k úrovni jasů okolia zabezpečiť dostatočnú schopnosť rozoznania prekážok a včasnú reakciu na nepredvídateľnú udalosť (zvýšená hladina jasů okolia spôsobuje zúženie zreničiek ľudského oka, ktoré môže v nedostatočne osvetlenom priestore prehliadnuť prekážku na pozemnej komunikácii). Zdrojom okolitého jasů sú všetky svetelné zdroje v zornom poli (rozsvietené náklady, svetelné reklamy, rozsvietené okná domov, osvetlené priemyselné zóny, presvetlené objekty atď.)

TEPLOTA CHROMATICKOSTI

Farba svetla je závislá na spektrálnom zložení svetla a v praxi sa určuje teplotou chromatickosti (alebo tiež farebnou teplotou). Pojem chromatickosť vypovedá o farebnej akosti svetla.



Obrázok 4 - Grafické znázornenie teploty chromatickosti

Bezpečnosť cestnej dopravy

Význam vplyvu teploty chromatickosti na zrakové vnímanie osôb využívajúcich osvetľovaný priestor bol v prípade verejného osvetlenia po dlhú dobu zanedbávaný na úkor energetickej účinnosti používaných svetelných zdrojov. Po desaťročia bola v Česku najčastejšie používaným svetelným zdrojom vysokotlaková sodíková výbojka s teplotou chromatickosti 2000 K, indexom podania farieb okolo 25 a svetelným výkonom od 80 lm/W (50W) do 115 lm/W (150W).

V súčasnej dobe sa už využívajú na osvetľovanie pozemných komunikácií LED svietidlá. Technológia LED využíva plné viditeľné spektrum, a preto sa môžeme s nástupom LED do verejného osvetlenia zaoberať nielen účinnosťou produkcie svetla, ale aj jeho kvalitou a vplyvom na človeka. Uprednostňovať vysokotlakové sodíkové výbojky práve pre ich vysoký merný príkon tak prestalo byť výhodné. Otázka vplyvu teploty chromatickosti na vnímanie užívateľov verejného priestoru opäť získala na aktuálnosti. Teplota chromatickosti štandardných (bielych) LED sa pohybuje v rozmedzí 2200 - 4000 K.

Svetelné znečistenie

Verejné osvetlenie prevádzkované mestami a obcami predstavuje zdroj svetelného znečistenia. Je zjavné, že ak má byť obmedzovanie negatívnych dopadov umelého osvetlenia na nočné prostredie skutočne účinné, musí v ňom hrať verejné osvetlenie kľúčovú úlohu. Problematika verejného osvetlenia je široká a zahŕňa mnoho technických, ekonomických i spoločenských aspektov, ktoré spolu navzájom súvisia a šetrnosť a ohľaduplnosť je jedným z nich.

Pri bežnom osvetlení komunikácií v obci je kladený dôraz predovšetkým funkčné hľadisko - mala by byť osvetlená najmä samotná komunikácia a jej bezprostredné okolie a úroveň osvetlenia by mala zodpovedať typu a hustote prevádzky. Zároveň by malo byť osvetlenie dostatočne rovnomerné a

nemalo by dochádzať k osľňovaniu vodičov ani chodcov. Na tento účel sú vhodné funkčné svietidlá priamo určené na osvetľovanie ciest a chodníkov, ktoré vedia smerovať svetlo tam, kde je treba. Pokiaľ je to možné, mala by byť inštalovaná vodorovne, alebo len s minimálnym náklonom.

Osvetľovanie verejných priestorov je nutné voliť v súlade so zásadami ochrany prírody, čo sa tiež prejavuje v optimalizácii distribúcie svetelného toku a nákladov na elektrickú energiu (akékoľvek zbytočne vyrobené svetlo sú finančné prostriedky, ktoré sú utratené úplne zbytočne). Zásady pre optimalizáciu svetelno-technických návrhov (zníženie svetelného znečistenia) sú nasledujúce:

PRAVIDLO	TEXT
Nesvietiť do horného polopriestoru	Na osvetlenie pozemných komunikácií sa použijú iba svietidlá, ktorých svetelný tok smeruje výhradne dole (ULOR=0%).
Svietiť toľko, koľko je treba	Návrh osvetľovacej sústavy súvisí s potrebou kvality osvetlenia v závislosti na nočnej dobe a vykonáva sa v súlade s normovými požiadavkami. Požiadavky na kvalitu osvetlenia vyjadrenia prostredníctvom triedy osvetlenia sú rozdielne vo večerných a ranných hodinách (veľký pohyb chodcov, veľká intenzita dopravy). V čase nočného pokoja je možné znížiť intenzitu svetelného toku (regulácia verejného osvetlenia)
Svietiť iba tam, kam je to potrebné	Prednosťou LED svietidiel je veľký počet kriviek svietivosti, ktoré zaisťujú distribúciu svetelného toku do miest, ktoré je potrebné osvetliť. Návrh svetelnej sústavy je potrebné overiť svetelno-technickým výpočtom, ktorý preukáže osvetlenie celého priestoru podľa požiadavky Generelu VO.
Nepresvetľovať	Pre osvetľovanie pozemných komunikácií sú stanovené normové hodnoty, ktoré je možné s využitím moderných LED svietidiel optimálne navrhnúť. Maximálna tolerancia osvetlenia/jasu nesmie prekročiť normovú hodnotu o viac ako 30%
Kvalita svietidiel	Na osvetlenie používajte kvalitné moderné LED svietidlá, ktoré majú veľký výber kriviek svietivosti, vysoké využitie svetelného toku a tým aj nižšiu spotrebu. Ďalej majú dlhšiu životnosť a sú ohľadupľnejšie k okoliu.
Minimalizovať modrú zložku svetla	V čase nočného pokoja (22:00 – 6:00 hod) používať iba LED svietidlá s teplotou chromatickosti do 2700 K.

Tabuľka 7 – Základné požiadavky na verejné osvetlenie – zníženie svetelného znečistenia

Návrh riešenia teploty chromatickosti pre osvetlenie pozemných komunikácií

V súlade s vyššie uvedenými informáciami v častiach „Bezpečnosť cestnej dopravy“ a „Svetelné znečistenie“ bude zvolená teplota chromatickosti LED svietidiel podľa nižšie uvedenej tabuľky. Voľba

teploty chromatickosti bude plne rešpektovať požiadavky na bezpečnosť cestnej premávky v čase mimo nočného pokoja a riešenie problematiky svetelného znečistenia v čase nočného pokoja.

ÚROVEŇ	POPIS	Teplota chromatickosti
Pamiatková rezervácia Nitra	Teplota chromatickosti je blízka sodíkovému osvetleniu a dokonale navodzuje ráz prostredia zodpovedajúce historickej časti mesta.	$\leq 2\,200\text{ K}$
Základná úroveň	Kvalita osvetlenia verejného osvetlenia s danou teplotou chromatickosti zaisťuje požadovanú bezpečnosť cestnej premávky, ako aj požiadavky riešenia zníženia svetelného znečistenia.	$\leq 2\,700\text{ K}$
Úroveň zvýšenej bezpečnosti	Na úsekoch cestných komunikácií s potrebou na zaistenie zvýšenej úrovne bezpečnosti cestnej premávky (cestná komunikácia s vysokou intenzitou dopravy, miesta zvýšeného výskytu dopravných nehôd a pod.), môžu byť použité LED svietidlá s teplotou chromatickosti nad základnú úroveň.	3 000 K

Tabuľka 8 - Návrh riešenia teploty chromatickosti pre VO

DOPRAVNE BEZPEČNOSTNÉ HLADISKO ...

TRIEDY OSVETLENIA

Základom pre zaradenie komunikácií do tried osvetlenia je jednak hľadisko dopravného významu, jednak spoločenská dôležitosť jednotlivých komunikácií. Zatriedenie komunikácií do tried osvetlenia v meste vychádza z platnej normy pod označením STN EN 13201.

Pre každú komunikáciu (prípadne jej úsekom) s priradenou triedou osvetlenia sú podľa STN EN 13201 2 definované požiadavky na osvetlenie. V meste sa nachádza komunikácia nasledujúcich troch skupín:

- **Triedy M:** Triedy osvetlenia M sú určené pre vodičov motorových vozidiel na cestách povoľujúce stredné a vysoké rýchlosti dopravy. Podľa STN EN 13201 je stredná rýchlosť v rozmedzí $40 < v \leq 70$ km/h a vysoká rýchlosť $v > 70$ km/h.
- **Triedy C:** Triedy C sú určené pre vodičov motorových vozidiel, ale na použitie v konfliktných oblastiach, kde nemožno použiť predpoklady pre výpočet jasu vozovky, ako sú nákupné triedy, zložité križovatky, kruhové objazdy a úseky s dopravnými kolónami.
- **Triedy P:** Triedy P sú určené hlavne pre chodcov a cyklistov pohybujúcich sa po chodníkoch a cyklotrasách, pre vodičov motorových vozidiel pohybujúcich sa nízkou rýchlosťou na miestnych komunikáciách, pre odstavné a parkovacie pruhy a ďalšie dopravné priestory, ktoré ležia oddelene alebo pozdĺž vozovky cesty alebo miestnej komunikácie.

V rámci dopravno-bezpečnostného riešenia sú jednotlivým pozemným komunikáciám a vybraným konfliktným oblastiam priradené triedy osvetlenia. Na zatriedenie boli použité úseky pozemných komunikácií definované v pasporte pozemných komunikácií.

Triedy osvetlenia - M

Trieda osvetlenia	L_m (cd/m ²) (minimálna udržiavaná hodnota)	U_0 (-) (minimálna hodnota)	U_l (-) (minimálna hodnota)	TI (%) (minimálna hodnota)	R_{EI} (-) (minimálna hodnota)
M1	2	0,4	0,7	10	0,35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
M3	1	0,4	0,6	15	0,30
M4	0,75	0,4	0,6	15	0,30
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,30
M6	0,3	0,35	0,4	20	0,30

Tabuľka 9 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia - triedy M

L_m (cd/m ²)	Priemerný jas
U_0 (-)	Celková rovnomernosť
U_l (-)	Pozdĺžna rovnomernosť
TI (%)	Prahový prírastok
R_{EI} (-)	Činiteľ osvetlenia okolia

Triedy osvetlenia - C

Trieda osvetlenia	E_m (lx) (minimálna udržiavaná hodnota)	U_0 (-) (minimálna hodnota)
C0	50	0,4
C1	30	0,4
C2	20	0,4
C3	15	0,4
C4	10	0,4
C5	7,5	0,4

Tabuľka 10 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia - triedy C

 E_m (lx) Priemerná osvetlenosť U_0 (-) Celková rovnomernosť**Triedy osvetlenia – P**

Trieda osvetlenia	E_m (lx) (minimálna udržiavaná hodnota)	E_{min} (lx) (minimálna hodnota)
P1	15	3
P2	10	2
P3	7,5	1,5
P4	5	1
P5	3	0,6
P6	2	0,4
P7	-	-

Tabuľka 11 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia - triedy P

 E_m (lx) Priemerná osvetlenosť E_{min} (lx) Minimálna osvetlenosť

Charakter dopravy aj parametre okolitého prostredia sa v priebehu noci menia a tieto zmeny možno využiť na zmenu parametrov osvetlenia, čím je možné ovplyvniť energetickú náročnosť verejného osvetlenia i jeho vplyv na okolité prostredie. Princíp adaptívneho osvetlenia, ktoré sa na tento účel používa, spočíva v tom, že sa doba prevádzky osvetľovacej sústavy rozdelí na časové úseky Δt , ktoré sa vzájomne líšia hodnotami parametrov, ovplyvňujúce voľbu triedy osvetlenia. Pre jednotlivé časové úseky sa určia váhy jednotlivých parametrov. Ich súčtom sa stanovia celkové váhy a triedy osvetlenia pre jednotlivé časové úseky Δt . Výsledkom je profil prevádzkového režimu osvetľovacej sústavy.

Parametre pre osvetlenie parkovísk

Parkoviská miestnych komunikácií (PMK) sú zatriedené podľa STN EN 12464-2 Svetlo a osvetlenie – Osvetlenie pracovných priestorov – Časť 2: Vonkajšie pracovné priestory Tabuľka 5.9 - Parkovisko, referenčné číslo 5.9.1.

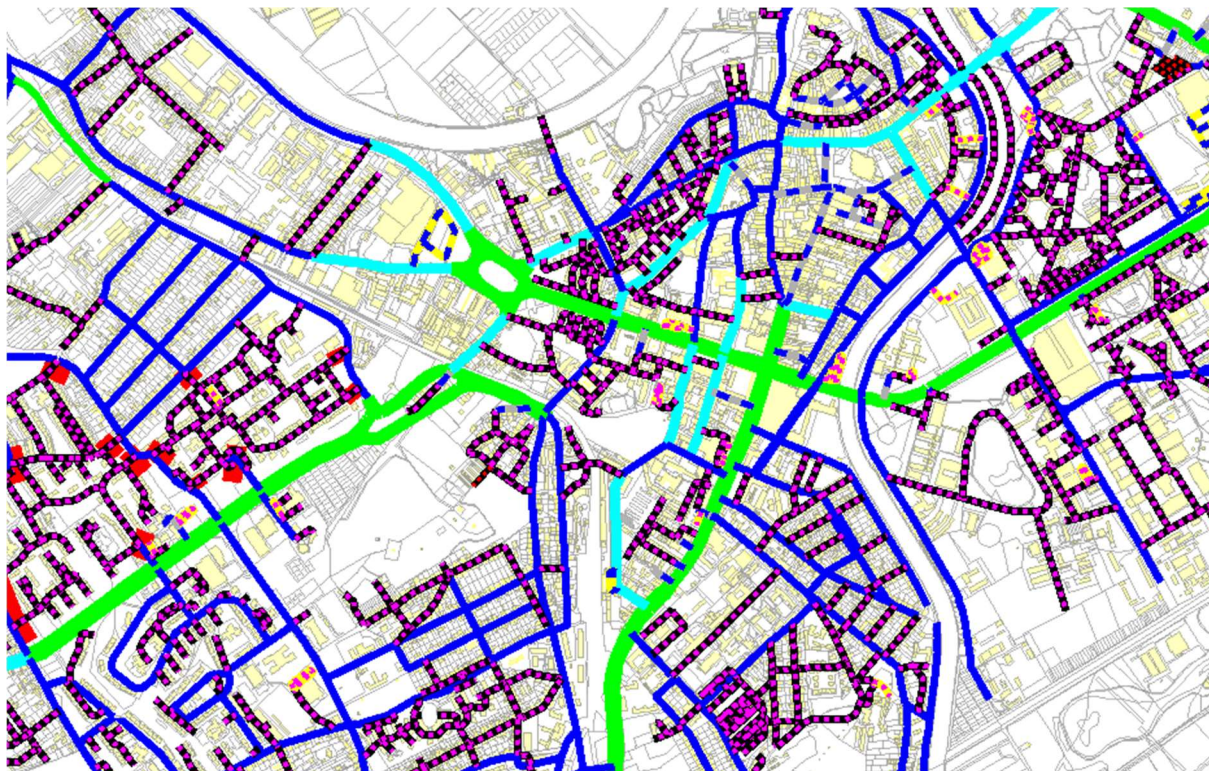
Trieda osvetlenia	Druh priestoru	E_m (lx) (minimálna udržiavaná hodnota)	U_0 (-) (minimálna hodnota)	R_{GL} (-) (medzná hodnota)	R_a (-) (minimálna hodnota)
PMK 1	slabá prevádzka, napr. parkovisko obchodov, radových a nájomných domov, stanovište bicyklov	5	0,25	55	20
PMK 2	priemerná prevádzka, napr. parkovisko obchodných domov, administratívnych budov, podnikov, športových a viacúčelových komplexov budov	10	0,25	50	20
PMK 3	silná prevádzka, napr. parkovisko hlavných nákupných stredísk, významných športových a viacúčelových komplexov budov	20	0,25	50	20

Tabuľka 12 - Požiadavky na kvalitu osvetlenia parkovísk

E_m (lx)	Priemerná osvetlenosť
U_0 (-)	Celková rovnomernosť
R_{GL} (-)	Činiteľ oslnenia
R_a (-)	Index podania farieb

Zatriedenie komunikácií do tried osvetlenia

Triedy osvetlenia boli priradené všetkým pozemným komunikáciám, ktoré sú v súčasnosti vybavené verejným osvetlením. Detailné spracovanie tried osvetlenia komunikácií v databázovej podobe je obsahom prílohy č. 1 a mapovej podobe obsahom prílohy č. 2.



Obrázok 5 - Ukážka zatriedenia komunikácií do tried osvetlenia

Svetelno-technické parametre úsekov pozemných komunikácií boli spracované v nadväznosti na odovzdaný líniový pasport pozemných komunikácií. Pri spracovaní Generelu VO bolo zistené, že Pasport PK neobsahuje všetky pozemné komunikácie mesta - jedná sa o tie územia, ktoré sa od spracovania Pasportu PK stavebne rozvinuli - tieto úseky pozemných komunikácií sú označené číslami 9000 - 9448. V niekoľkých prípadoch sa naopak zatriedený úsek do triedy osvetlenia skrátil oproti dĺžke úseku v Pasporte PK, pretože svojou dĺžkou zasahoval aj do územia, kde osvetleniu pozemnej komunikácie postrádalo zmysel.

V niektorých prípadoch sú tieto úseky komunikácií rozdelené – dôvodom je optimalizácia svetelných parametrov, pretože úseky prechádzajú z hľadiska triedy osvetlenia nesúrodým priestorom.

ID PK	Názov ulice	Char.oblast	Zóna životného prostredia	Charakter osvetlenia	Náhradná teplota chromatickosti	Index podania farieb	Trieda osvetlenia	Trieda osvetlenia REG	G index	Výška svetelného miesta	Typ svetidla	Materiál stĺžiaru	Mechanické parametre stĺžiaru
435	Štúrova	PZ Nitra - Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 2	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 7m do 10m	Technické/designové schválené PU	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
1913	Štúrova	PZ Nitra - Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 2	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 7m do 10m	Technické/designové schválené PU	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
434	Štúrova	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
1914	Štúrova	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
433	Štúrova	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
412	Štúrova	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
413	Štúrova	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
1648	Novozámocká	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
1061	Trieda Andreja Hlinku	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
1062	Trieda Andreja Hlinku	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
1562	Trieda Andreja Hlinku	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
125	Trieda Andreja Hlinku	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M3	M5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
12	Janka Kráľa	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	C3	C5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
471	Janka Kráľa	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	C3	C5	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Vysoká
468	Párovská	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M4	M6	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Stredná
469	Párovská	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M4	M6	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Stredná
466	Párovská	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M4	M6	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Stredná
195	Durňová	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M4	M6	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Stredná
194	Durňová	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M4	M6	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Stredná
472	Janka Kráľa	Hlavný dopravný priestor	E3	Typ 1	3000K	> 70	M4	M6	G3 - G4	od 10m do 14m	Technické	Oceľový, bezpáťcový, žiarovo zinkovaný	Stredná

Tabuľka 13 – Ukážka svetelno-technických parametrov VO úsekov komunikácií

MECHANICKÉ PARAMETRE NOSNÝCH KONŠTRUKCIÍ

Využívanie stožiarov verejného osvetlenia

Stožiare verejného osvetlenia sú najrozšírenejšou technickou infraštruktúrou mesta. Pre minimalizáciu počtu stožiarov, stĺpikov a iných nosičov vo verejnom priestore mesta je teda úplne pochopiteľné, že sa nosná časť stožiarov verejného osvetlenia používa nielen na umiestnenie výložníka a svietidla verejného osvetlenia, ale zároveň aj na umiestnenie ďalšieho zariadenia (plechové dopravné značky, svetelné výstražné blikáče, zariadenia pre mestskú wifi sieť, mestský kamerový systém, mestský informačný systém na miestne ciele, komerčné reklamy, vianočné dekory, závesné kvetináče, atď). Pri takomto využívaní nosnej časti stožiaru verejného osvetlenia musí správca verejného osvetlenia zaistiť bezpečný stav zariadenia - **nesmie teda dôjsť k prekročeniu vrcholového zaťaženia daného typu stožiaru.**

Pred umiestnením akéhokoľvek zariadenia na stožiar verejného osvetlenia musí správca verejného osvetlenia preveriť pevnosť stožiaru, či ďalšie takéto zariadenie nepreťažuje nosnú časť stožiaru verejného osvetlenia – alebo či stožiar splní mechanickú pevnosť aj pri inštalácii ďalšieho zariadenia – konkrétne ide teda o preverenie katalógovej hodnoty daného typu stožiaru. votknutie.

Pre minimalizáciu nepríjemností súvisiace s kontrolami aktuálneho stavu (pozn.: aby nedošlo k trvalému preťaženiu mechanickej pevnosti stožiaru a prípadným zariaďovaním jeho operatívnej náhrady), je vhodnejšie vykonať analýzu možného využitia v rámci mesta a **stožiare verejného osvetlenia dimenzovať s ohľadom na predpokladané ďalšie využitie** už pri spracovaní projektovej dokumentácie na obnovu.

Na doplnenie je vhodné tiež uviesť, že stožiare VO s vyššími mechanickými parametrami dlhšiu dobu odolávajú prehrdzaveniu vplyvom používania solí v rámci zimnej údržby.

Investičná náročnosť rôznych stožiarov VO

Všeobecne zaužívaná požiadavka výberových konaní v posledných rokoch smerovala k najnižšej cenovej ponuke. Je teda úplne pochopiteľné, že **výrobcovia stožiarov rozšírili pod tlakom dopytu zo strany realizačných firiem svoju ponuku o stožiare, ktorých mechanické parametre sú určené len a iba na umiestnenie výložníka so svietidlom** (žiadne iné zariadenie sa z dôvodu bezpečnosti na také stožiare nesmie umiestniť). Takéto riešenie však prináša do budúcnosti veľké problémy pri využití týchto stožiarov na ďalšie účely.

Vhodnejším spôsobom je stanovenie požadovaných mechanických parametrov stožiarov verejného osvetlenia, ktoré musia uchádzači splniť. Ak sa porovnávajú celkové náklady na výmenu stožiaru s výškou umiestnenia svietidla (napr. pre výšku stožiaru 10m), je cenový rozdiel investičných nákladov stožiaru s vysokými požiadavkami a stožiaru so štandardnými požiadavkami iba cca 20%. Pridanou hodnotou stožiarov so zvýšenými, prípadne vysokými požiadavkami na mechanickú pevnosť je dlhšia životnosť, ktorá v dlhodobom horizonte úplne zmaže rozdiely v investičných nákladoch.

Analýza mechanických parametrov stožiarov

Analýza mechanických parametrov vyrábaných stožiarov verejného osvetlenia celkom zreteľne ukazuje vysoký rozptyl vrcholového zaťaženia stožiarov.

Bežne dosahujú rozdiely mechanických parametrov u daných stožiarov cca 50%, nie sú však výnimky, kde rozdiel mechanických parametrov dosahuje niekoľkonásobok (jedná sa predovšetkým o stožiare kužeľové a valcové s výškou 8 a 10m.

		Menovitá výška stožiaru (m)					
		6		8		10	
		Vrcholové zaťaženie stožiaru (kg)					
		od	do	od	do	od	do
Vtknuté stožiare	Hranený	40	58	58	86	51	86
	Kužeľový	40	87	40	106	40	109
	Valcový	20	84	20,8	205	15	160
Prírubové stožiare	Hranený	54	58	58	86	51	86
	Kužeľový	87	87	82	106	85,9	109
	Valcový	20	56	18	160	12	160

Tabuľka 14 - Analýza mechanických parametrov stožiarov pre verejné osvetlenie

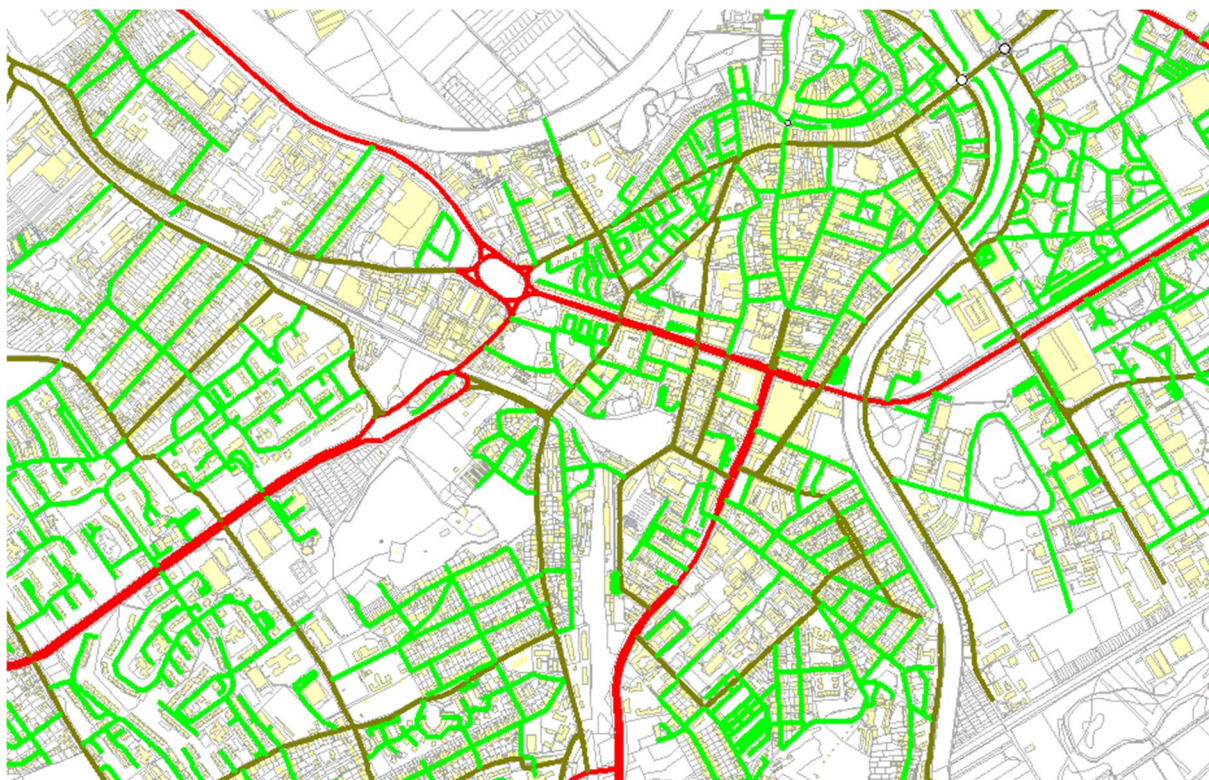
Minimálne požiadavky mechanických parametrov stožiarov VO

Z vyššie uvedených dôvodov, týkajúce sa veľkého rozdielu mechanických parametrov jednotlivých stožiarov sú, na základe obdržaných vstupných podkladov súvisiace s využitím stožiarov verejného osvetlenia, v rámci Generelu VO stanovené minimálne hodnoty vrcholového zaťaženia stožiarov verejného osvetlenia.

Požiadavky na minimálne hodnoty vrcholového zaťaženia stožiarov verejného osvetlenia sú na základe analýzy umiestnenia ďalšieho zariadenia na stožiare verejného osvetlenia vrátane vyššej odolnosti stožiarov na prejazdnych úsekoch rozdelené do troch skupín. Tieto skupiny sú ďalej v rámci svetelno-technických parametrov priradené k jednotlivým úsekom pozemných komunikácií.

	Menovitá výška stožiaru (m)		
	do 6	8	10
	Vrcholové zaťaženie stožiaru (kg)		
	od	od	od
Štandardná pevnosť	25	45	40
Zvýšená pevnosť	35	60	60
Vysoká pevnosť	45	75	80

Tabuľka 15 – Minimálne požiadavky mechanických parametrov stožiarov verejného osvetlenia



Obrázok 6 – Výrez mapy - požiadavky na mechanické parametre stožiarov VO

OSLNENIE (G INDEX)

G index (niekedy označovaný ako G-index alebo G-hodnota) je parameter, ktorý vyjadruje mieru oslnenia spôsobeného svetidlom verejného osvetlenia. Tento index je dôležitý najmä z hľadiska bezpečnosti dopravy a komfortu chodcov. Pre verejné osvetlenie na území mesta Nitra sú stanovené nasledujúce úrovne G-indexu:

- G2 – Nízke oslnenie pre pešie zóny a vedľajšie komunikácie.
- G3–G4 – Stredné oslnenie pre hlavný dopravný priestor.

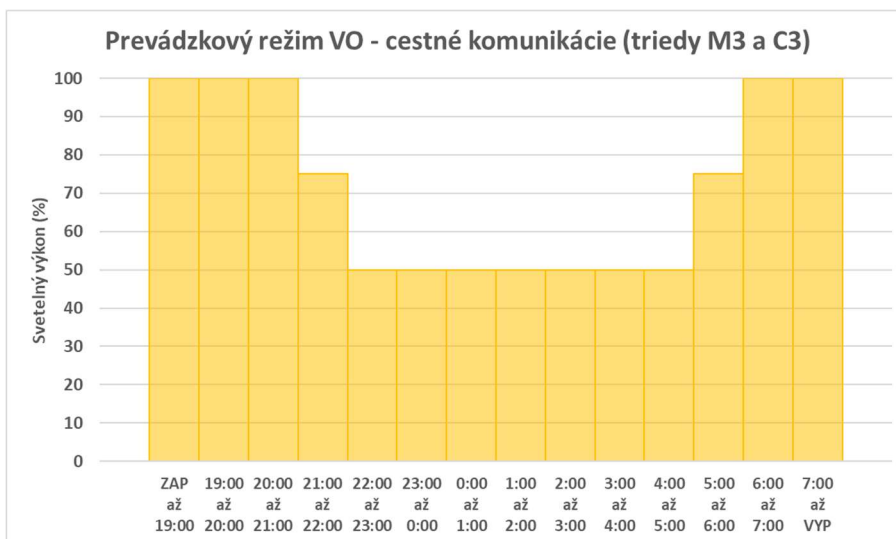
PREVÁDZKOVÝ REŽIM VEREJNÉHO OSVETLENIA

Hlavným premenným parametrom, podľa ktorého sa určuje zatriedenie komunikácií, je intenzita dopravy. V priebehu dňa sú najvyššie intenzity v rannej a popoludňajšej dopravnej špičke, teda v čase, keď väčšina obyvateľov cestuje do zamestnania alebo sa z neho vracia. V priebehu nočnej doby, kedy dochádza k významným zmenám intenzity dopravy, je možné pretriediť daný úsek pozemnej komunikácie na nižšiu triedu (max. o dve úrovne).

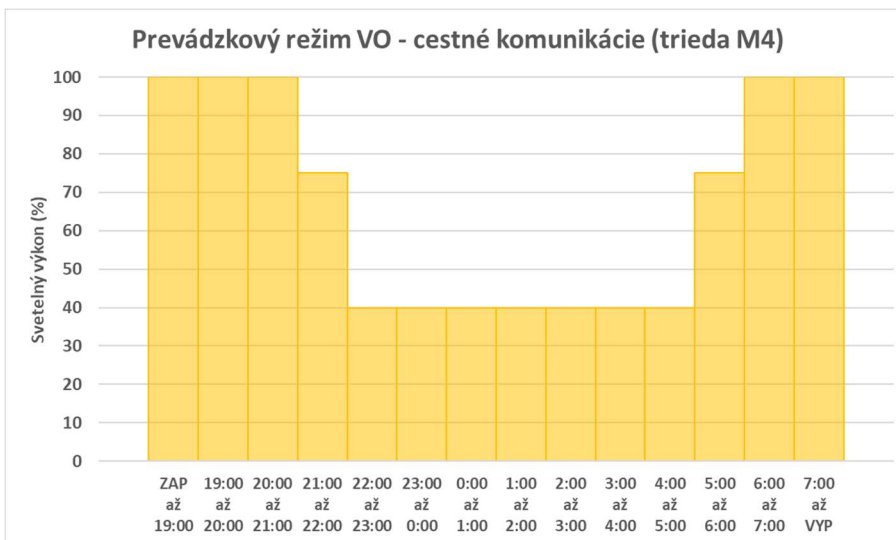
Na základe týchto informácií boli vytvorené prevádzkové režimy verejného osvetlenia pre cestné a miestne komunikácie. V nasledujúcich grafoch je podrobne uvedený priebeh regulácie verejného osvetlenia.

Prevádzkový režim VO – cestné komunikácie

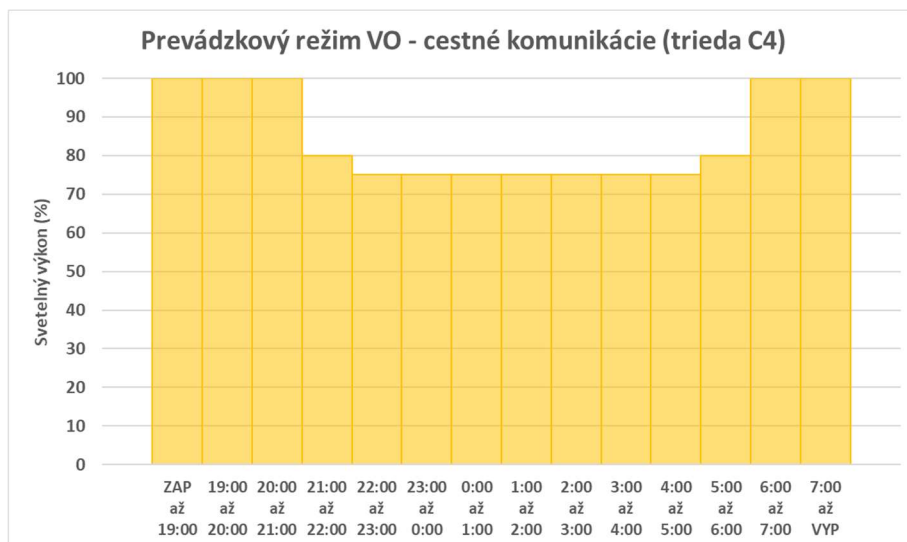
Prejazdné úseky ciest sú hlavnými tepnami mesta na ktorých sú dosahované najväčšie intenzity dopravy. V prípade triedy M3, M4, M5, C3 a C4 možno pri znížení intenzity dopravy pretriediť daný úsek do nižšej triedy. Prevádzkový režim verejného osvetlenia je tak možné v dobe zníženej intenzity dopravy na vybraných prejazdných úsekoch ciest znížiť a zaistiť tak zníženie rušivého svetla i spotrebu el. energie.



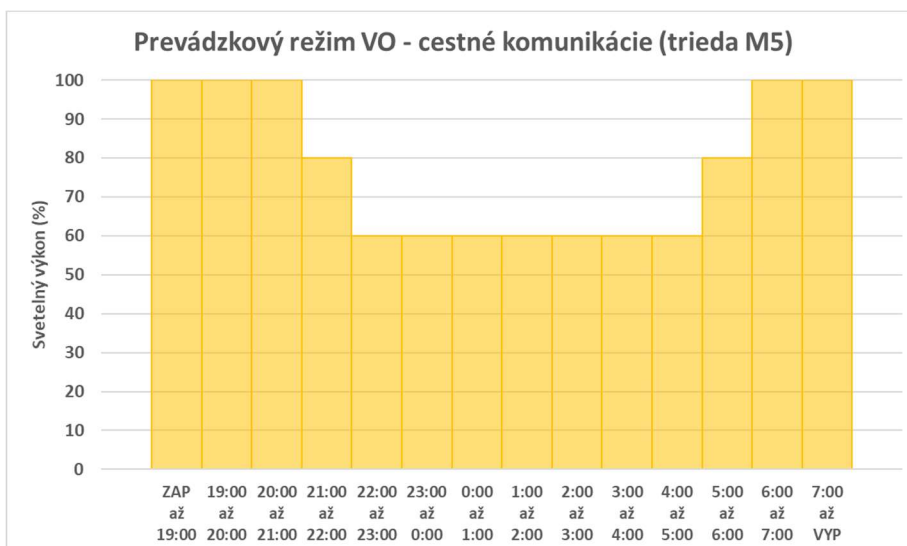
Graf 3 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia M3 a C3



Graf 4 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia M4



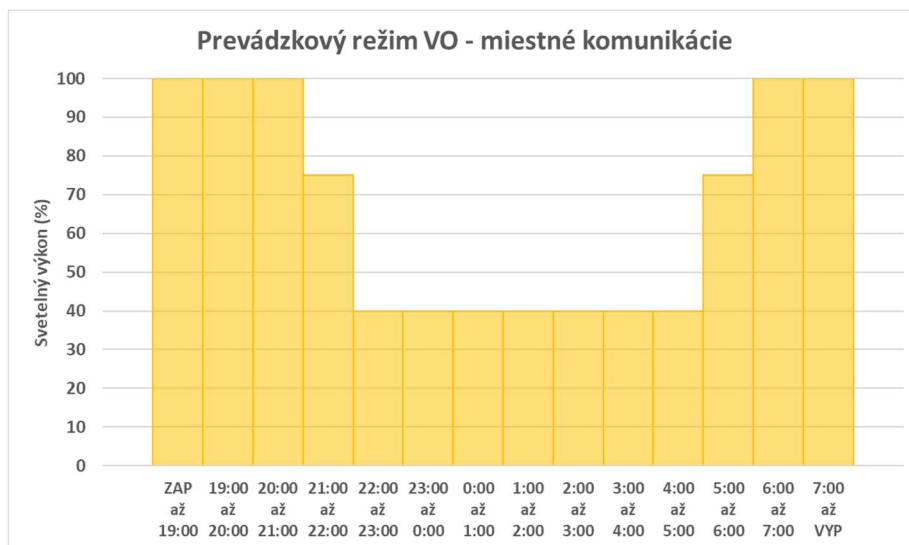
Graf 5 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia C4



Graf 6 – Prevádzkový režim VO - cestné komunikácie s triedou osvetlenia M5

Prevádzkový režim VO – miestne komunikácie

Stanovenie prevádzkového režimu VO patrí v súlade s ustanovením §13 zákona 367/1990 do samostatnej pôsobnosti mesta. Miestne komunikácie sú väčšinou pozemné komunikácie s malou až nevýznamnou intenzitou dopravy pre ktoré sa odporúča využiť jednotný prevádzkový režim.



Graf 7 - Prevádzkový režim VO – miestne komunikácie

OSVETLOVANIE CHODCOV NA PRECHODOCH**Prisvetlenie priechodov smie byť zriadené len pri splnení nasledujúcich podmienok:**

- Prechod musí byť osvetlený v plnom rozsahu, nesmie sa prisvetľovať iba časť prechodu
- Pozemná komunikácia, kde má byť zriadený prechod, musí byť osvetlená pred aj za uvažovaným prechodom v úrovni predpísanej normou STN EN 13201. Dĺžka osvetleného úseku závisí na povolenej rýchlosti v danej lokalite. Táto dĺžka, ktorá sa meria v osi pozemnej komunikácie od osi prechodu, je v každom smere minimálne:
 - 50 m pre dovolenku rýchlosť najviac 30 km/h,
 - 100 m pre dovolenku rýchlosť vyššiu ako 30 km/h, ale nepresahujúcu 50 km/h,
 - 150 m pre dovolenku rýchlosť vyššiu ako 50 km/h.
- Súčasne s prisvetlením prechodu musí svietiť aj verejné osvetlenie aspoň v úsekoch vymedzených bodom b).
- V prípade, že sa bude úroveň osvetlenia pozemnej komunikácie regulovať (znižovať/zvyšovať), potom sa musí regulovať aj úroveň prisvetlenia prechodu tak, aby bolo v súlade s požiadavkami uvedenými v nasledujúcej tabuľke.

	Udržiavaná hodnota existujúceho osvetlenia		Udržiavaná priemerná zvislá osvetlenosť (lx)		
			najnižšia		najvyššia
Trieda	jasu povrchu pozemnej komunikácie / pozadia (cd.m-2)	horizontálne osvetlenosti pozemnej komunikácie (lx)	základný priestor	doplňkový priestor	Všetky priestory
M2	$1,5 \leq L$	$50 \leq \bar{E}$	prisvetlenie sa nezriaďuje		
M3	$1,0 \leq L < 1,5$	$30 \leq \bar{E} < 50$	75	50	200
M4	$0,75 \leq L < 1,0$	$20 \leq \bar{E} < 30$	50	30	150
M5	$0,5 \leq L < 0,75$	$10 \leq \bar{E} < 20$	30	20	100
M6	$L < 0,5$	$\bar{E} < 10$	15	10	50

Tabuľka 16 – Normatívne požiadavky na osvetlenie chodcov na priechodoch

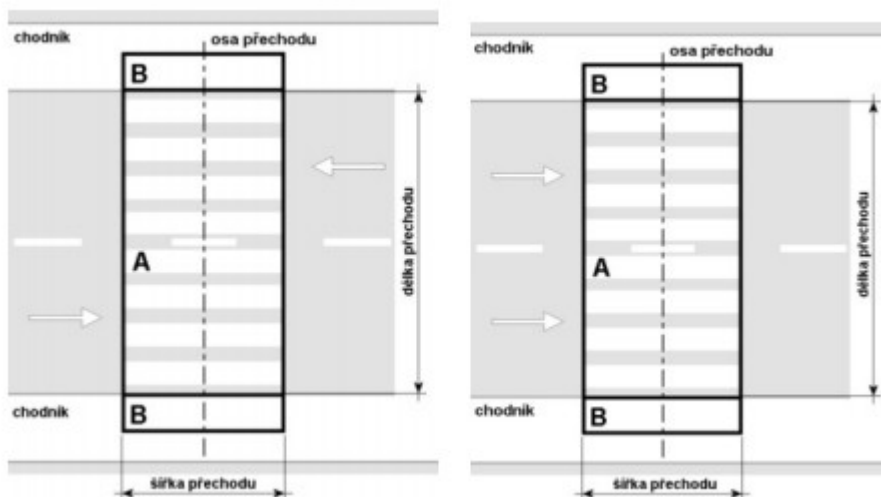
Farebný tón svetla použitých svetelných zdrojov musí byť z inej skupiny farebných tónov, než aký je použitý na osvetlenie pozemnej komunikácie, resp. v danom mieste prevažuje. Pomer náhradných teplôt chromatickosti by mal byť v pomere najmenej 1:1,5.

Vymedzenie posudzovaného priestoru

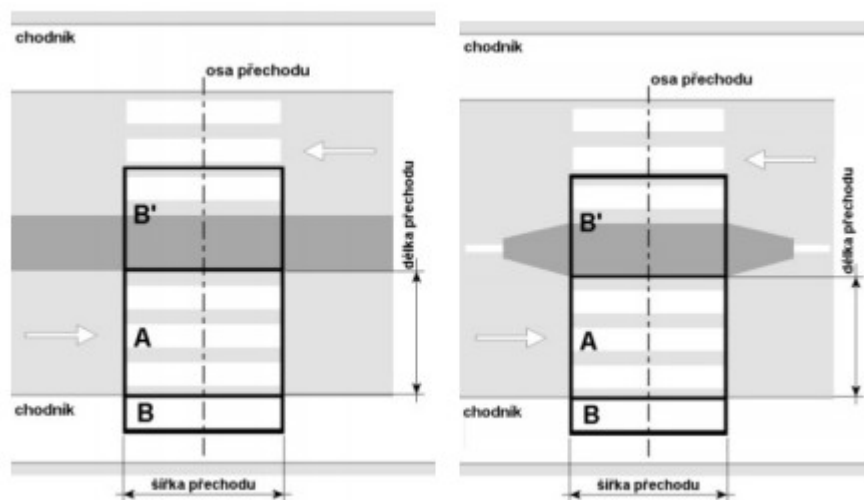
- Základný priestor** je priestor, kde je chodec prisvetľovaný.
- Doplňkový priestor** je priestor, kde je chodec tiež prisvetľovaný, avšak s nižšími požiadavkami.
- Dĺžka základného priestoru** je v priečnom smere vymedzená rozhraním medzi chodníkom a vozovkou, spravidla ide o okraj obrubníka priľahlý k pozemnej komunikácii (prípadne vonkajší

okraj vodiacej čiary alebo okraj spevnený, pokiaľ nie je navrhnuté dopravné značenie). Spevnená krajnica nie je súčasťou základného priestoru.

- d) **Šírka základného priestoru** je v pozdĺžnom smere vymedzená okrajmi vodorovného dopravného značenia „prechod pre chodcov“.
- e) **Doplňkový priestor nepredĺžený** nadväzuje na základný priestor v priečnom smere. Je dlhý 1 m; jeho šírka je zhodná so šírkou základného priestoru.
- f) **Doplňkový priestor predĺžený** sa zriaďuje na strane prípadne existujúceho stredného deliaceho pásu, ochranného ostrovčeka alebo iného dopravno-bezpečnostného opatrenia, ak je na pozemnej komunikácii navrhnutý. Je to priestor nadväzujúci na základný priestor v priečnom smere. Je dlhý 3 m; jeho šírka je zhodná so šírkou základného priestoru. Doplnkový priestor predĺžený sa nezriaďuje v prípade, že je dĺžka deliaceho pásu, ochranného ostrovčeka a podobne väčšia ako 3 metre.



Obrázok 7 -Posudzovaný priestor: A = základný, B = nepredĺžený doplnkový. Analogicky platí aj pre pozemnú komunikáciu s viacerými jazdnými pruhmi.



Obrázok 8 - Posudzovaný priestor so stredným deliacim pásom alebo ochranným ostrovčekom: A = základný, B = nepredĺžený doplnkový, B' = predĺžený doplnkový. Platí pre smer jazdy zľava. Pre opačný smer je analogická situácia

Prisvetlenie prechodu sa spravidla nezriaďuje, pokiaľ je naplnená niektorá z týchto podmienok:

- Ak je prechod riadený svetelným signalizačným zariadením (SSZ) alebo ak je súčasťou križovatky riadenej SSZ. Striedavá prevádzka SSZ a prisvetlenie je možná.
- Vo vzdialenosti závislej na dovolenej rýchlosti je ďalší prechod, ktorý nie je ani prisvetlený, ani riadený SSZ. Táto vzdialenosť, meraná v osi pozemnej komunikácie od osi prechodu, je najmenej:
 - 50 m pre dovolenku rýchlosť najviac 30 km/h,
 - 100 m pre dovolenku rýchlosť vyššiu ako 30 km/h, ale nepresahujúcu 50 km/h,
 - 150 m pre dovolenku rýchlosť vyššiu ako 50 km/h.
- Zariadením prisvetlenia by došlo k zníženiu kontrastu medzi chodcom a pozadím vplyvom ďalších osvetlených plôch do tej miery, že by zariadením prisvetlenia naopak klesla viditeľnosť chodcov na prechode.

ENVIRONMENTÁLNE HL'ADISKO ...

ZÓNY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Problematika rušivého svetla je riešená v STN EN 12 464-2. Na ochranu a zlepšenie nočného prostredia je nutné kontrolovať rušivé svetlo (známe tiež ako svetelné znečistenie), ktoré môže predstavovať fyziologické a ekologické problémy pre prostredie a osoby. Na tento účel norma zavádza zóny životného prostredia a pre každú z nich definuje rôzne požiadavky, ako je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Zóna životného prostredia	Svetlo na objektoch		Svietivosť svietidla		Podiel horného toku	Jas	
	E_v lx		I cd		R_{ul} %	L_b $cd.m^{-2}$	L_s $cd.m^{-2}$
	Mimo dobu nočného pokoja	V čase nočného pokoja	Mimo dobu nočného pokoja	V čase nočného pokoja		Fasády budov	Znaky
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	10	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

Tabuľka 17 - Zóny životného prostredia

Zaradenie plôch do charakteristických oblastí

Na zatriedenie jednotlivých plôch definovaných v územnom pláne do environmentálnych zón podľa STN 12 464-2 a ďalej do charakteristických oblastí boli využité informácie uvedené v atribúte „Funkcia“.

Primárne boli zatriedené do charakteristických oblastí plochy, ktoré sú osvetľované súčasným verejným osvetlením. Následne potom boli doplnené plochy, kde by mohlo byť v budúcnosti inštalované verejné osvetlenie alebo kde by sa mohol vyskytnúť podnet na riešenie rušivého svetla (zdrojom rušivého svetla nie je iba verejné osvetlenie ale aj všetky zdroje svetla, ktorých svetelný účinok nesmie presiahnuť normové limity definované Generelom verejného osvetlenia

V rámci finalizácie zatriedenia plôch boli vykonané drobné úpravy týkajúce sa preradenia rozmerovo nevýznamných plôch k rozsiahlejšej (dominantnej) zjednotenej environmentálnej zóne.

DOBA NOČNÉHO POKOJA

Doba nočného pokoja je všeobecne definovaná ako obdobie medzi 22. hodinou večernou a 6. hodinou rannou. Mesto môže túto dobu rozšíriť všeobecne záväznou vyhláškou.

Do databázovej časti Generelu VO boli doplnené údaje o svetelnej zóne a príslušné požiadavky na parametre osvetlenia, vrátane požiadaviek na typy svietidiel.

CHARAKTERISTICKÉ OBLASTI ...

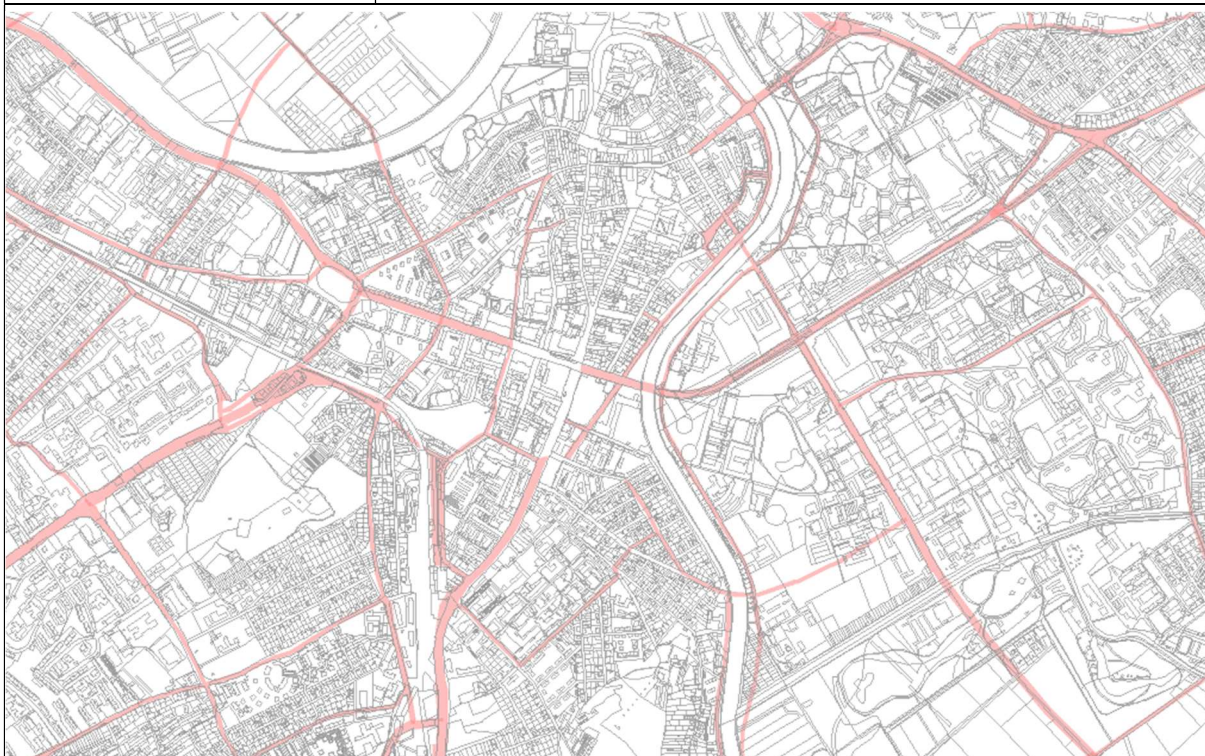
Po spracovaní základných parametrov verejného osvetlenia, dopravno-bezpečnostného a environmentálneho hľadiska a rozdelení mesta do urbanistických oblastí boli spracované charakteristické oblasti so stanovením základných svetelno-technických požiadaviek na kvalitu osvetlenia verejného priestoru v týchto oblastiach spĺňajúce normatívne požiadavky aj požiadavky na zariadenie verejného osvetlenia.

Poznámka:

Z dôvodu rozsiahlosti územia mesta sú do tabuľkovej časti popisujúcej charakteristické oblasti vložené iba časti územia tak, aby bol pochopený zámer použitia týchto charakteristických oblastí a ich stanovených základných svetelno-technických požiadaviek

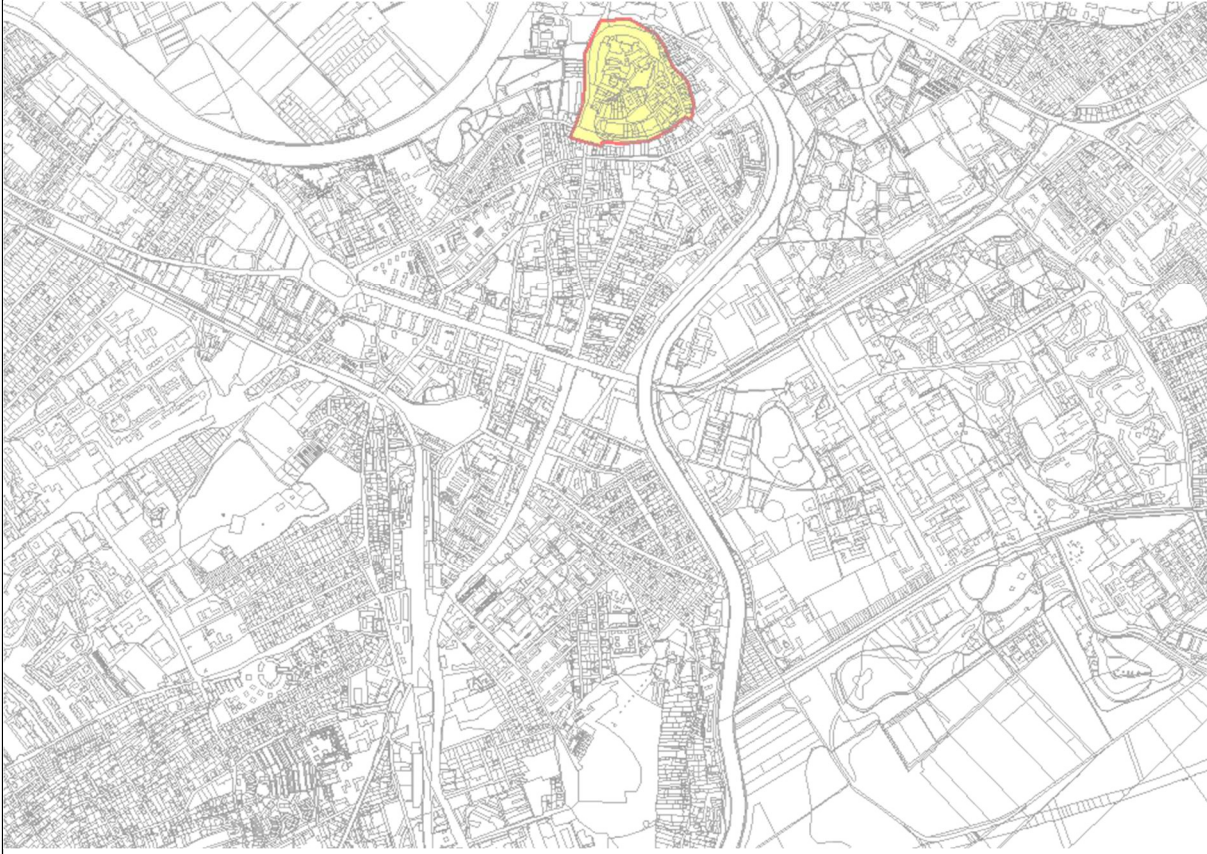
Charakteristická oblasť 1 – hlavný dopravný priestor**Charakter oblasti**

Cesty, rýchlostné komunikácie a dopravne významné miestne komunikácie, ku ktorým môžu priliehať chodníky a parkovacie státie. Hlavný dopravný priestor je vymedzený nielen aktuálnym stavom, ale aj budúcim stavom definovaným v územnom pláne.

Zóna životného prostredia**E3****Charakter osvetlenia priestoru****Prevažne: Typ 1**

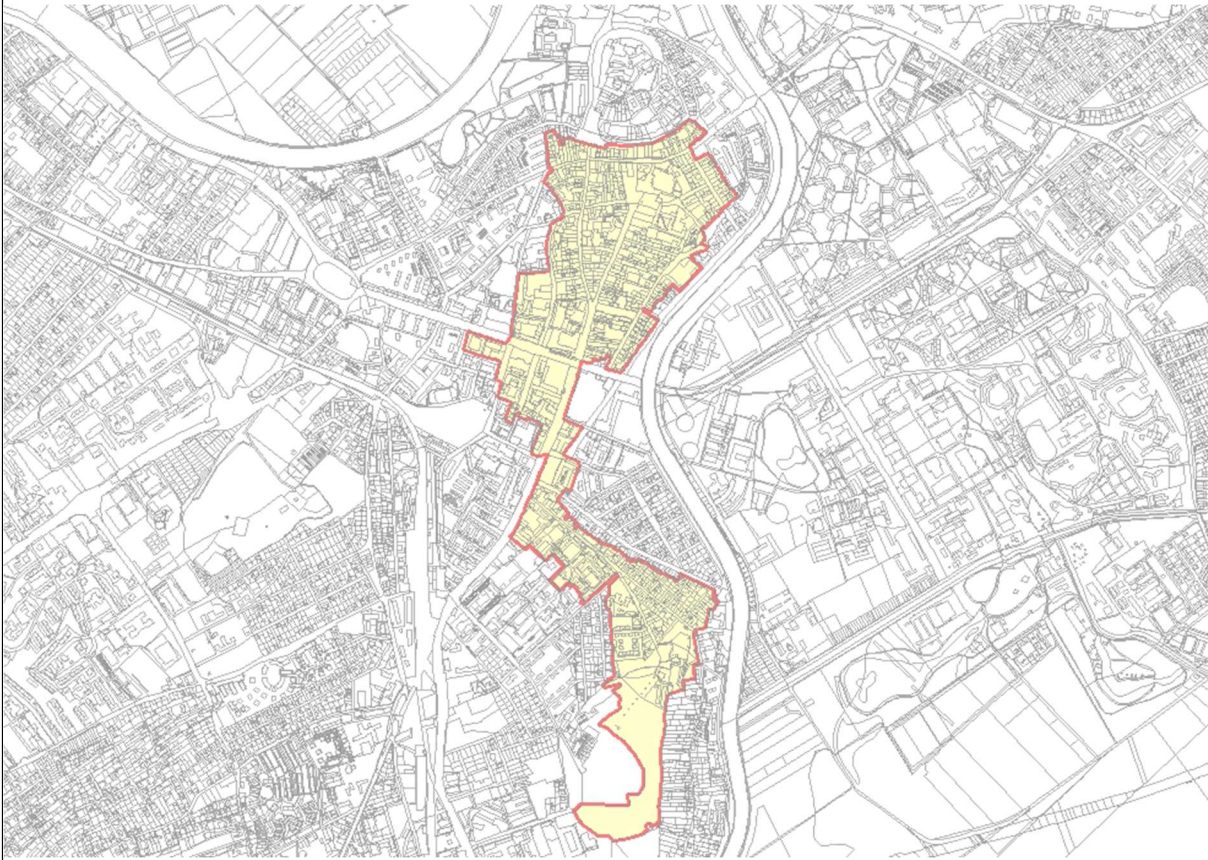
Charakteristická oblasť 1 – hlavný dopravný priestor	
	Svetelný tok svetidiel smerovaný výhradne na povrch komunikácie a nevyhnutné bezprostredné okolie osvetľovaných pozemných komunikácií. V prípadoch, keď úsek komunikácie pretína alebo leží na hranici oblasti PZ a PR Nitra, sa odporúča použiť: Typ 3
Farebný tón svetla	3 000 K
Index podania farieb	Minimálne 70
G index	G3 – G4
Výška svetelného miesta	Prevažne: od 10 m do 14 m
Materiál a úprava osvetľovacích stožiarov	Oceľový valcový stupňovaný stožiar, stupeň ochrany: žiarové zinkovanie; spodná časť stožiara do výšky min. 40 cm nad úroveň terénu opatrená ochrannou vrstvou proti chemickým vplyvom
Typológia svetidiel	Technické svetidlá klasického tvaru

Tabuľka 18 – Charakteristická oblasť 1 – cestné komunikácie

Charakteristická oblasť 2 – PR Nitra	
Charakter oblasti	Jedná sa o centrálnu historickú časť mesta (pamiatková rezervácia), ktorá tvorí historické jadro mesta, v ktorom sa nachádzajú prevažne historicky a architektonicky cenné stavby.
Zóna životného prostredia	E4
	
Charakter osvetlenia priestoru	Prevažne: Typ 3 Svetelný tok smerovaný nielen na osvetľovanú pozemnú komunikáciu, ale aj do priestoru, aby bola zaistená jeho celková presvetlenosť priestoru a osvetlenie jeho hraníc.
Farebný tón svetla	$\leq 2\,200\text{ K}$
Index podania farieb	Minimálne 70
G index	G2
Výška svetelného miesta	Do 6 m
Materiál a úprava osvetľovacích stožiarov	Typ schválený pamiatkovým úradom
Typológia svietidiel	Historizujúce svietidlá schválená pamiatkovým úradom

Tabuľka 19 – Charakteristická oblasť 2 – PR Nitra

Charakteristická oblasť 3 – PZ Nitra

Charakter oblasti	Jedná sa o historicky trvalo osídlenú časť mesta pre ktorú sú spracované zásady ochrany Krajským pamiatkovým úradom Nitra.
Zóna životného prostredia	E3 a E2
	
Charakter osvetlenia priestoru	Prevažne: Typ 2 Svetelný tok smerovaný nielen na osvetľovanú pozemnú komunikáciu, ale aj do priestoru, aby bola zaistená jeho celková presvetlenosť priestoru a osvetlenie jeho hraníc.
Farebný tón svetla	≤ 2 700 K 3000 K pre hlavný dopravný priestor na území PZ Nitra
Index podania farieb	Minimálne 70
G index	G2 G3 – G4 pre hlavný dopravný priestor na území PZ Nitra
Výška svetelného miesta	Od 7 m do 10 m Do 6m pre triedy osvetlenia P

Charakteristická oblasť 3 – PZ Nitra	
Materiál a úprava osvetľovacích stožiarov	Oceľový valcový stupňovaný stožiar, stupeň ochrany: žiarové zinkovanie; spodná časť stožiara do výšky min. 40 cm nad úroveň terénu opatrená ochrannou vrstvou proti chemickým vplyvom
Typológia svietidiel	Technické alebo designové svietidlo zodpovedajúce zásadám ochrany a schválené pamiatkovým úradom

Tabuľka 20 – Charakteristická oblasť 3 – PZ Nitra

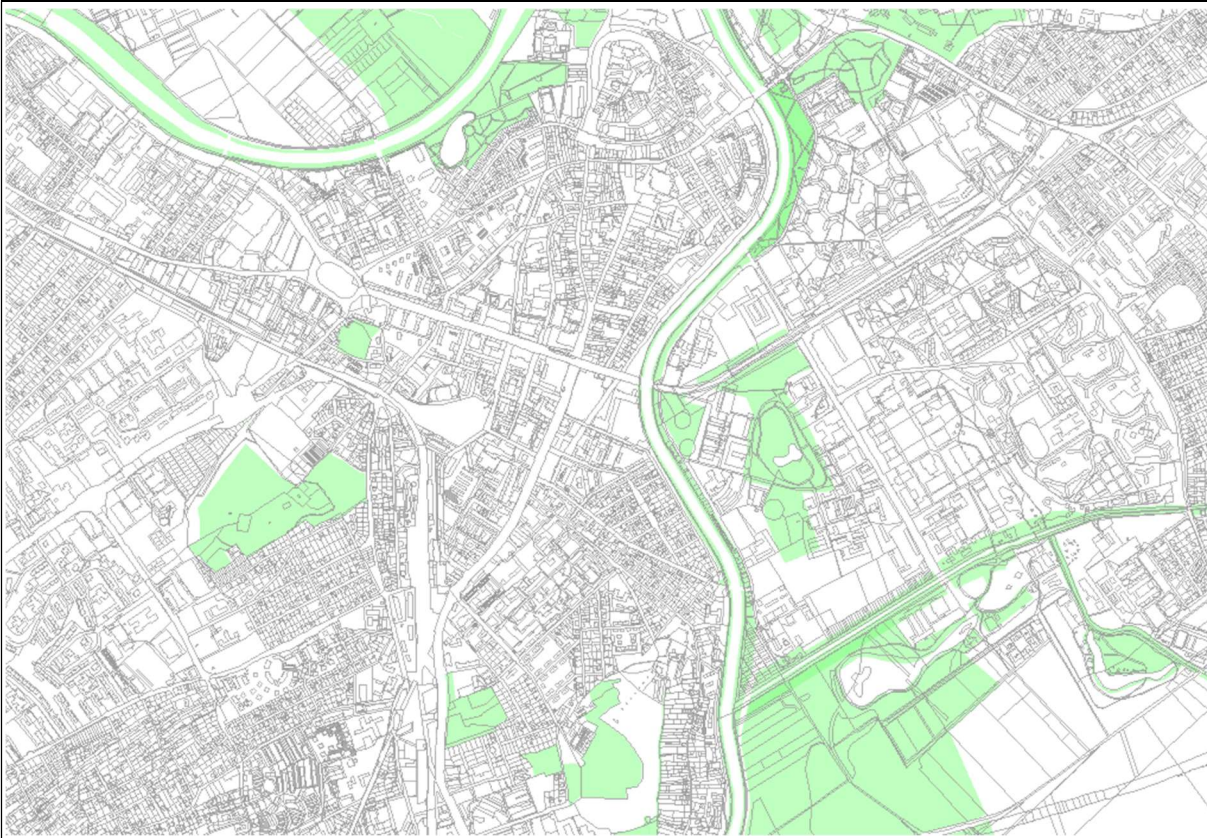
Charakteristická oblast' 4 – Obytná oblast'

Charakter oblasti	Oblast', v ktorej býva prevažná väčšina obyvateľov mesta. Charakteristickým rysom je zástavba rodinnými a panelovými domami, pri rodinných domoch ohraňovanými záhradami. V oblasti sú drobné zelené plochy, parkoviská alebo garáže a občianska vybavenosť, ktoré sú v okolí zástavby.
Zóna životného prostredia	E2
	
Charakter osvetlenia priestoru	Prevažne: Typ 2 Svetelný tok smerovaný nielen na osvetľovanie pozemnú komunikáciu, ale čiastočne aj do priestoru tak, aby bola zaistená určitá osvetlenosť vertikálnych plôch.
Farebný tón svetla	$\leq 2\,700\text{ K}$
Index podania farieb	Minimálne 70
G index	G2
Výška svetelného miesta	V oblastiach s rodinnými domami prevažne od 5 m do 6 m V oblastiach s panelovými domami prevažne od 7 do 10 m.

Charakteristická oblasť 4 – Obytná oblasť	
Materiál a úprava osvetľovacích stožiarov	Oceľový valcový stupňovaný stožiar, stupeň ochrany: žiarové zinkovanie; spodná časť stožiara do výšky min. 40 cm nad úroveň terénu opatrená ochrannou vrstvou proti chemickým vplyvom
Typológia svietidiel	Technické alebo parkové svietidlá klasického alebo moderného tvaru. Zachovávať v rámci jednej štvrte jednotný vzhľad.

Tabuľka 21 – Charakteristická oblasť 4 – Obytná oblasť

Charakteristická oblast' 5 – Mestská zeleň a parky

Charakter oblasti	Rôzne parky a zelené priestranstvá s cestami pre peších, vysadené stromami, krovínami, okrasnou zeleňou. Inštalované môžu byť lavičky. Vo vybraných lokalitách bude zvolený typ osvetlenia zaisťujúci primerané priestorové osvetlenie okolia ciest z dôvodu zachovania priestorovej „čitateľnosti“ a vizuálnej vnímateľnosti daného verejného priestoru, čo zároveň podporuje pocit bezpečia pre peších vo večerných a nočných hodinách.
Zóna životného prostredia	E2
	
Charakter osvetlenia priestoru	Prevažne: Typ 1 Svetelný tok smerovaný nielen na osvetľovanú pozemnú komunikáciu, ale čiastočne aj do priestoru tak, aby bola zaistená určitá osvetlenosť vertikálnych plôch.
Farebný tón svetla	≤ 2 700 K
Index podania farieb	Minimálne 70
G index	G2
Výška svetelného miesta	do 6 m

Charakteristická oblast' 5 – Mestská zeleň a parky

Materiál a úprava osvetľovacích stožiarov	Oceľový valcový stupňovaný stožiar, stupeň ochrany: žiarové zinkovanie; spodná časť stožiara do výšky min. 40 cm nad úroveň terénu opatrená ochrannou vrstvou proti chemickým vplyvom
Typológia svietidiel	Parkové svietidlá klasického alebo moderného tvaru. Zachovávať v rámci lokality jednotný vzhľad.

Tabuľka 22 – Charakteristická oblasť 5 – Zeleň, parky

Charakteristická oblasť 6 – Priemyselná oblasť

Charakter oblasti	Charakteristickými objektmi sú prevažne výrobné haly, skladiská, manipulačné plochy, drobná výroba, výrobné služby, poľnohospodárska výroba, apod.
Zóna životného prostredia	E2
	
Charakter osvetlenia priestoru	Prevažne: Typ 1 Svetelný tok svetidiel smerovaný výhradne na povrch komunikácie a nevyhnutné bezprostredné okolie osvetľovaných pozemných komunikácií.
Farebný tón svetla	$\leq 2\,700\text{ K}$
Index podania farieb	Minimálne 70
G index	G3 – G4
Výška svetelného miesta	Prevažne: od 7 m do 10 m
Materiál a úprava osvetľovacích stožiarov	Oceľový valcový stupňovaný stožiar, stupeň ochrany: žiarové zinkovanie, spodná časť stožiara do výšky min. 40 cm nad úroveň terénu opatrená ochrannou vrstvou proti chemickým vplyvom

Charakteristická oblasť 6 – Priemyselná oblasť

Typológia svietidiel

Technické svietidlá klasického tvaru

Tabuľka 23 – Charakteristická oblasť 6 – Priemyselná oblasť

NÁVRH MODERNIZÁCIE A OPTIMALIZÁCIE...

ROZSAH MODERNIZÁCIE SÚSTAVY VO PRE OBDOBIE 2026-2046

Stanovenie rozsahu modernizácie sústavy VO vychádza z dostupných dokumentov, ktoré má mesto k dispozícii (Energetický posudok, Pasport VO) a z obsahu dopytu na spracovanie Generelu VO. Podľa požiadavky mesta je rozsah modernizácie sústavy VO spracovaný na obdobie 20 rokov.

Všeobecným znakom verejného osvetlenia je masívny rozmach verejného osvetlenia v 70.-80. rokoch 20. storočia. Podnetom bol nielen spoločenský dopyt po zaistení bezpečnosti vo verejnom priestore v nočných hodinách, ale aj požiadavky energetickej sústavy, ktorá mala absenciu odberu v nočných hodinách.

Obnova sústav verejného osvetlenia sa odvtedy sústredila väčšinou na obnovu svietidiel verejného osvetlenia s využitím efektívnejších svetelných zdrojov a zvýšenej kvality svietidiel. Výmena stožiarov, káblov a rozvádzačov verejného osvetlenia bola vykonávaná iba v rámci väčších investičných akcií.

Pre sústavu verejného osvetlenia na území mesta Nitra je s ohľadom na skutočnosť, že sústava verejného osvetlenia je z veľkej časti na hranici technickej životnosti, definovaný konkrétny minimálny rozsah modernizácie verejného osvetlenia na obdobie 15 rokov.

Rozvádzače VO

V rámci modernizácie verejného osvetlenia s ohľadom na SMART riešenia budú všetky rozvádzače verejného osvetlenia vymenené za nové moderné modulárne rozvádzače so SMART systémom podporujúce SMART riešenia. Podľa energetického auditu sa jedná o 179 ks.

Káble VO

Na území mesta Nitra je verejné osvetlenie napájané ako zemnými, tak aj nadzemnými káblami (kábel AYKYZ, kábel AES, AlFe vodiče). V rámci modernizácie verejného osvetlenia budú káble verejného osvetlenia vymenené a to v nasledujúcom rozsahu:

- a) Existujúce zemné káble AYKY za káble CYKY v rozsahu 175 km, čo predstavuje cca 75% rozsahu zemných káblov AYKY, ostatné káble AYKY budú v rámci modernizácie preverené z hľadiska izolačného stavu a opravené.
- b) Existujúce nadzemné vodiče AlFe za káble AES v rozsahu 110 km.

Stožiare VO

Zo stožiarov verejného osvetlenia sú najrozšírenejšie oceľové stožiare (6259 ks) nasledované betónovými stožiarimi (väčšinou vo vlastníctve energetickej spoločnosti) a ďalej 55 ks drevených stožiarov. Ostatné stožiare (hliníkové, plastové a liatinové) nie je nutné obnovovať.

V rámci modernizácie verejného osvetlenia budú existujúce oceľové a drevené stožiare verejného osvetlenia vymenené za oceľové valcové, stupňovité, žiarovo zinkované stožiare s minimálnou mechanickou pevnosťou podľa tohto Generelu verejného osvetlenia a to v rozsahu 5000 stožiarov, tj cca 80%.

Svietidlá VO

V súlade s odporúčaním energetického auditu budú výbojkové svietidlá vymenené v rozsahu tretej varianty, tj v celkovom počte 7358 ks svietidiel.

V rámci mesta Nitra sú rozsiahle lokality s vrchným vedením s celkovým počtom 2235 ks svietidiel (svietidlá sú umiestnené „ob stožiar“). V týchto lokalitách budú na existujúce betónové stožiare energetiky doplnené svietidlá verejného osvetlenia pre zabezpečenie kvalitného osvetlenia komunikácie v rozsahu 2235 ks.

TECHNICKÉ PARAMETRE SVIETIDEL

V tejto časti dokumentu sú stanovené záväzné pravidlá pre typy svietidiel, ich fotometrické vlastnosti a certifikáty bezpečnosti a spoľahlivosti a sú záväzné pre dodávateľov svietidiel vrátane prípadných ostatných komponentov pre sústavu VO. Požadovaním týchto svetelno-technických parametrov prevádzkovateľ sleduje cieľ dlhodobej hospodárnej prevádzky spravovaných osvetľovacích sústav, záruku trvanlivosti a bezpečnosti sústavy a to pri rešpektovaní predpisov pre nasvetľovanie pozemných komunikácií v súlade s normami STN EN 13201-1-5 (Osvetlenie pozemných komunikácií) a STN EN 12 464-2.

Požadované pouličné LED svietidlo musí spĺňať požiadavky zaručujúce:

- zníženie energetickej náročnosti sústavy verejného osvetlenia
- podstatné zníženie budúcich prevádzkových nákladov sústavy verejného osvetlenia súvisiace s poruchami a škodami existujúcich svietidiel VO
- splnenie svetelno-technických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií v súlade s normami STN EN 13 201 a STN EN 12 464-2

Zníženie energetickej náročnosti sústavy verejného osvetlenia

Pre garanciu nízkej energetickej náročnosti sústavy verejného osvetlenia sú stanovené nasledujúce parametre:

Požadovaný parameter
Životnosť svetelného zdroja udávaná výrobcom je pre 100000 hodín prevádzky minimálne L90B10 pri teplote 85°C
Svietidlo je vybavené funkciou pre plynulé nastavenie stmievania v min. rozsahu 10-100%

Tabuľka 24 – Parametre svietidiel – zníženie energetickej náročnosti sústavy VO

Podstatné zníženie budúcich prevádzkových nákladov

Na zabezpečenie splnenia podstatného zníženia budúcich prevádzkových nákladov sústavy verejného osvetlenia sú stanovené nasledujúce prevádzkovo-technické požiadavky na svietidlo:

Požadovaný parameter
Svietidlo je chladené iba pasívne, nie aktívne za použitia ventilátora alebo podobných zariadení
Na svietidlo je poskytnutá záruka 5 rokov, na korpus svietidla 10 rokov.
Svietidlo má povrchovú úpravu šedej farby (napr. RAL 9006)
Svietidlo je v triede I a II elektrickej izolácie.
Korpus svietidla je vyrobený z hliníka alebo hliníkovej zliatiny
Kryt optickej časti je opatrený plochým, čírym materiálom odolným požadovanej mechanickej odolnosti
Vrchná časť svietidla musí byť hladká bez rebrovania alebo iných tvarových prekážok pre samovoľné stekanie dažďovej vody

Požadovaný parameter
Svietidlo umožní vybratie / výmenu / opravu bloku elektrickej časti svietidla - napájacieho bloku .
Svietidlo sa otvára smerom nahor bez nutnosti použitia špeciálneho náradia. Po otvorení svietidla sú obe časti stále v pevnom spojení (nie spojenie lankom), aby pri servisovaní svietidla nedošlo k pádu žiadnej z nich.
Odpojovač od napájacieho napätia pri otvorení svietidla pre zaistenie beznapätového stavu
Svietidlo je v otvorenej polohe zaistené spôsobom zabráňujúci samovoľnému zatvoreniu svietidla.
Samostatne vymeniteľný elektronický predradník aj LED svetelný zdroj vrátane optickej časti priamo na svietidle prevádzkovateľom sústavy.
Napájací zdroj svietidla má certifikáciu DALI-2 vrátane častí 251, 252, 253 s voliteľnou možnosťou poskytovania údajov DALI dátového typu v reálnom čase
Možnosť uchytenia na stožiar aj výložník na Ø drieku stožiaru a výložníka 60 mm (na iné priemery je možné použiť redukciu)
Pre umožnenie precízneho nastavenia náklonu svietidiel umiestňovaných na existujúce stožiare a výložníky verejného osvetlenia rozmanitej konfigurácie v súlade so svetelno-technickým návrhom je svietidlo vybavené prvkom pre horizontálne vykláňanie v minimálnom rozsahu predložených svetelno-technických výpočtov navýšených o hodnotu náklonu výložníka 5°
Pre zaistenie dostatočnej stability uchytenia svietidla na stožiar alebo výložníku a zamedzenie odcudzenia musí byť svietidlo k týmto upevnené aspoň dvoma skrutkami z nerezovej ocele.
Stupeň ochrany svietidla proti škodlivým mechanickým nárazom je najmenej IK 09.
Svietidlo je schválené pre bežnú prevádzku v minimálnom rozmedzí teplôt okolitého prostredia - 25°C až + 45 °C.
Svietidlo je vybavené prepäťovou ochranou s odolnosťou voči niekoľkonásobnému prepätiu min. 6 kV s predpokladom vlny šíriacej sa po sieti.
Svietidlo nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené
Svietidlo je vyrobené v zhode s európskymi normami EN pre elektrickú bezpečnosť výrobkov so zaistením opakovateľnosti výroby svietidla
Svietidlo je možné vybaviť poistkovou svorkovnicou pre možnosť napájania z nadzemného vedenia.
Predradník svietidla je vybavený funkciou: Atívna korekcia účinníka (Active PFC); účinník nesmie klesnúť: pod 0,95 pri plnom výkone pod 0,90 pri stmievaní do 50%
Jednotlivé elektro komponenty svietidla je možné dodať ako náhradné diely (výrobca má na sklade). Dodanie na adresu prevádzkovateľa musí prebehnúť do 15-tich pracovných dní od objednávky.

Tabuľka 25 – Parametre svietidiel – zníženie prevádzkových nákladov sústavy VO

Splnenie svetelno-technických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií

Pre garanciu splnenia kvalitného osvetlenia verejného priestoru, dodržania limitov rušivého svetla a funkčnosti sústavy VO v oblasti SMART riešení, sú stanovené nasledujúce parametre:

Požadovaný parameter
Svietidlo je vybavené iba svetelnými čipmi LED
Maximálna prípustná hodnota náhradnej teploty chromatickosti svietidiel Tc je 2700 K (pre osvetlenie prechodov 4000K)
Optický systém je tvorený šošovkami na každom jednotlivom čipe, nie reflektormi (sekundárnymi odraznými plochami)
Predloženie všetkých LDT dát k ponúkaným svietidlám na overenie správnosti výpočtov a to v elektronickej podobe vo formáte *.ldt
ULOR 0% z dôvodu obmedzenia vzniku rušivého svetla.
Svietidlo má funkciu garantovaného konštantného svetelného toku, kedy vyžiarené množstvo svetla na konci životnosti (po 100.000 hodinách) bude rovnaké ako pri prvom zapnutí.
Konštrukčné riešenie svietidla zaisťuje vyrovnanie tlakov v dôsledku rozdielu teplôt a odvedenia vlhkosti so zamedzením vzniku nečistôt.
Svietidlo zaručuje stupeň ochrany proti vniknutiu cudzích pevných telies a vody do optickej časti svietidla i priestoru elektrovýzbroje najmenej IP 65
Index podania farieb zdrojov LED je aspoň 70 pre dostatočne verné podanie farieb.
Výrobca má u ponúkaného svietidla zameraných minimálne 10 druhov rôznych optík vrátane prechodovej pre efektívne nasvetlenie rôznych typov komunikácií.
LED modul je vybavený termistorom NTC. Napájací zdroj musí umožňovať regulovať výkon svietidla, pokiaľ teplota na termistore NTC prekročí nastavenú hraničnú teplotu.
Svietidlo bude mať voliteľnú možnosť inštalácie dvoch SMART senzorov cez konektory Zhaga zdola a zhora telesa svietidla alebo cez externú inštaláciu.
Svietidlo je pripravené na doplnenie o tieniace clony alebo optické prvky, obmedzujúce svietenie za svietidlo alebo pred svietidlo tak aby boli splnené požiadavky Zadávatelia stanovujúce prístupné maximum rušivého svetla na objektoch.
Diaľkové riadenie a monitorovanie svietidla v SMART systéme je zabezpečené LC s obojsmernou PLC komunikáciou po napájacom vedení.
Svietidlo je schválené pre bežnú prevádzku v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 230V AC, -15% / +10%, 50Hz

Tabuľka 26 – Parametre svietidiel – splnenie svetelno-technických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií

MINIMÁLNE TECHNICKÉ PARAMETRE A FUNKCIONALITY SMART ZARIADĚNÍ

Modulárny rozvádzač VO

Modulárne rozvádzače VO sú inteligentné zariadenia vybavené modulárnym SMART systémom zloženým so samostatných SMART modulov s doplnkovými technológiami a výzbrojou určené pre plnenie úloh v oblasti SMART, rozvodu elektrickej energie a dátového rozvodu pre SMART riešenia na sústave VO cez lokálne a diaľkové riadenie a monitorovanie jej prvkov a na nej inštalovaných zariadení ako LED svietidiel, SMART a externých zariadení alebo aj ucelených technológií vrátane systémových integrácií. Zbieranie a posielanie dát v rámci SMART systému resp. medzi rozvádzačom a sústavou VO je zabezpečené primárne obojsmernou PLC komunikáciou po napájacom vedení na úrovni MESH siete alebo doplnkovo cez hardvérové IoT brány.

Modulárny rozvádzač VO sa skladá z troch častí (skriň) alebo podľa výberu a to:

A – časť DISTRIBUČNÁ rešpektujúca požiadavky distribútora elektrickej energie ohľadom typu skrine, osadenia elektromera, hlavného ističa prípadne iných prvkov

B – časť SMART rešpektujúca funkcionality osvetlenia, distribúcie energie, inteligentných riešení a požiadavky ohľadom typu skrine, osadenia SMART systému, výzbroje prípadne iných prvkov. Spodná časť skrine obsahuje priestorovú rezervu pre riešenie batériového úložiska.

C – časť KOMUNIKAČNÁ rešpektujúca funkcionality poskytovania komunikačných sietí a integrácií IoT riešení a inteligentných systémov a požiadavky ohľadom typu skrine, osadenia technológií, výzbroje prípadne iných prvkov

Na zabezpečenie splnenia budúcich SMART riešení a garancie prevádzky na sústave VO a v SMART systéme sú stanovené nasledujúce minimálne funkčno-technické požiadavky na Modulárny rozvádzač VO:

Požadovaný parameter
Prevedenie zariadenia je dostupné vo variantoch možnosti montáže a inštalácie na betónový základ, na stenu alebo na priame osadenie do zeme alebo na stĺp
Zariadenie má modulárnu možnosť prevedenia až do úrovne prepojenia troch skriň vyrobených od UV stabilného plastu, plechu s práškovým nástrekom až po možnosť nerezového alebo antivandal vyhotovenia
Krytie zariadenia je vyhotovené najmenej v IP44 skrine A a B časť (nadmerná časť pred otvorením dverí vrátane ich prepojení) a najmenej IP 54 skrine C časť (nadmerná časť pred otvorením dverí vrátane jej prepojenia na A alebo B)
Zariadenie má uzamykateľné dvere časti skriň A, B a C cez zámok s elektrikárskym kľúčom s možnosťou osadenia visiaceho zámku
Zariadenie na dvierkach časti skriň A, B a C je vybavené QR kódom pre identifikáciu a autentifikáciu prístupu v SMART systéme
Zariadenie má vlastné osvetlenie v časti skriň A, B a C
Zariadenie má možnosť napájania zo siete distribútora elektrickej energie v rozsahu napätí 400 / 230V AC, 50Hz, TN-C-S
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 230V AC, -15% / +10%, 50Hz vrátane režimu trvalého napájania (TDEE)

Požadovaný parameter
Zariadenie má nízku energetickú náročnosť (vlastnú spotrebu)
Zariadenie je vybavené v skriní časti A meraním spotreby fakturačným elektromerom distribútora elektrickej energie na prívode v plombovanej časti
Zariadenie je vybavené v skriní časti A hlavným ističom na prívode
Zariadenie je vybavené v skriní časti B hlavným vypínačom na prívode kvôli odpojeniu sa od distribútora elektrickej energie v prípade servisu a naopak v prípade inštalácie a servisu batériového úložiska
Zariadenie je možné v skriní časti B osadiť modulárnym SMART systémom zloženým podľa funkcionality a účelu využitia cez samostatné SMART moduly v minimálnom rozsahu SMART modul riadenia a monitorovania, SMART modul meraní, SMART modul vstupov a výstupov, SMART modul spínania, Modul distribúcie PLC signálu, Modul záložnej batérie a LC
SMART systém v skriní časti B zariadenia je možné prevádzkovať v režime EDGE alebo CLOUD computingu
SMART systém poskytuje zariadeniu v časti skrine B a C pripojenie do nadradených kompatibilných systémov a softvérových platforiem prostredníctvom drôtovej alebo bezdrôtovej komunikačnej infraštruktúry podľa moderných štandardov resp. cez SMART modul riadenia a monitorovania alebo doplnkovo cez hardvérové IoT brány.
Zariadenie je možné v skriní časti B osadiť v rámci SMART systému samostatným SMART modulom meraní na prívode a na každom vývode pre meranie elektrických veličín v minimálnom rozsahu (efektívne, okamžité, priemerné, min. a max. hodnoty) napätia, prúdy, výkony (činný, jalový), účinník / PF, THDi, THDu a frekvencia
Zariadenie je vybavené v časti skrine B kompenzátorami nábehových prúdov pre jednotlivé vývody
Zariadenie je vybavené v časti skrine B manuálnym mechanickým prepínaním zmeny režimu ovládania (automat – vypnuté - manuál)
Zariadenie má v časti skrine B v automatickom režime ovládania požadované zopnutie stýkačov závislé na stave SMART systému alebo jeho záložnom systéme ovládania cez SMART modul spínania
Zariadenie má v časti skrine B a C možnosť spustenia režimu trvalého napájania (TDEE) s trvalým zopnutím stýkačov nezávislé na stave SMART systému alebo jeho záložnom systéme ovládania cez SMART modul spínania
Zariadenie má v časti skrine B a C istenie jednotlivých vývodov a časti SMART systému ističmi a prúdovým chráničom ako ochranu pred dotykovým úrazom elektrickým prúdom a jednotlivé SMART moduly aj poistkami
Zariadenie je vybavené v časti skrine B a C koordinovanými prepäťovými ochranami (T1-T2-T3)
Zariadenie je vybavené v časti skrine B a C minimálne jednou servisnou zásuvkou s napájacím napätím 230V AC, -15% / +10%, 50Hz chránenou kombinovaným prúdovým chráničom s ističom
Zariadenie využíva v časti skrine B obojsmernú PLC komunikáciu SMART systému po napájacom vedení na úrovni MESH siete infraštruktúry sústavy VO resp. na nej inštalovaných LC, SMART zariadení vo frekvenčnom pásme A podľa normy CENELEC EN50065-1
Zariadenie využíva v časti skrine B a C vnútorné komunikačné pripojenie SMART systému so SMART modulmi a zariadeniami cez štandardizované rozhranie RS485
Zariadenie je vybavené v časti skrine B v prípade výpadku napájania SMART systému Modulom záložnej batérie v minimálnej dobe zálohovania 4 hodiny

Požadovaný parameter
Zariadenie je vybavené v časti skrine B samostatným SMART modulom spínania vo funkcionalite záložného harmonogramu aktívnej prevádzky, s kalendárom svietenia VO, ktorý je synchronizovaný so SMART systémom a zabezpečí prevádzku príslušnej časti sústavy VO v prípade výpadku, poruchy alebo servisu SMART modulu riadenia a monitorovania vrátane aj výpadku komunikácie s nadradeným dispečingom
SMART systém umožňuje v časti skríň A, B a C zariadenia bezpotenciálové snímanie stavov jednotlivých ističov, kombinovaných prúdových chráničov s ističmi, stýkačov alebo inej istiaceho, spínacieho alebo signalizačného vybavenia cez SMART modul riadenia a monitorovania a SMART moduly vstupov a výstupov
SMART systém umožňuje v časti skríň A, B a C zariadenia detekciu otvorenia dverí cez SMART modul riadenia a monitorovania a SMART moduly vstupov a výstupov
SMART systém poskytuje v časti skrine B zariadeniu v oblasti osvetlenia pokročilé funkcionality v minimálnom rozsahu riadenia a monitorovania osvetlenia na úrovni svetelného bodu, adaptívneho riadenia osvetlenia, scénického osvetlenia, architektonického osvetlenia.
SMART systém poskytuje v časti skrine B zariadeniu v oblasti energetiky pokročilé funkcionality v minimálnom rozsahu balansovania energie na úrovni svetelného miesta, kompenzácie jalovej energie, zdieľanie energie v komunitnej energetike, integrácie nabíjajúcich staníc na distribučnej sieti VO a zálohovania energie do batériového úložiska
SMART systém poskytuje v časti skrine B zariadeniu v oblasti inteligentných riešení pokročilé funkcionality v minimálnom rozsahu budovania senzorickej siete, monitorovacej siete, siete včasného varovania a signalizačnej siete
SMART systém poskytuje v časti skrine C zariadeniu v oblasti inteligentných systémov pokročilé funkcionality v minimálnom rozsahu poskytovania komunikačného pripojenia a integrácií IoT riešení, AI box systémov, senzorických systémov, monitorovacích systémov, dopravných systémov (minimálne na úrovni C-ITS), kamerových systémov, parkovacích systémov, varovných systém, signalizačných systémov, rozhlasových systém, bezpečnostných systémov a energetických systémov
Zariadenie je vybavené v časti skrine C komunikačným a IT vybavením minimálne na úrovni možnosti inštalácie modulov SMART systému, data rack, routeru, switchu, IoT brány, opticko - metalického prevodníka, hubu, napájajúcich zdrojov a antén
Zariadenie je možné vybaviť v časti skrine B resp. v jeho spodnej časti priestorovej rezervy riešením batériového úložiska s pripojením do systému energetického manažmentu EMS cez EC s prevádzkovaním v SMART systéme
Ak sú zariadenia schopné, signalizujú stav napájania, komunikácie a poruchy pomocou LED diód cez SMART systém, jeho moduly a pripojené zariadenia umiestnené v skrinách B a C.
Zariadenie je vyrobené v zhode s európskymi normami EN s označením zariadenia CE
Zariadenie nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené

Tabuľka 27 – Funkčno-technické požiadavky na Modulárny rozvádzač VO

LC (Light Controller)

LC sú inteligentné zariadenia určené pre diaľkové riadenie a monitorovanie LED svietidiel a iných SMART a externých zariadení inštalovaných na sústave VO. Zbieranie a posielanie dát v rámci SMART systému zabezpečuje obojsmerná PLC komunikácia po napájacom vedení na úrovni MESH siete. LC obojsmerná komunikácia je zabezpečená ako so SMART systémom modulárneho rozvádzača VO, tak aj medzi samotnými LC.

Na zabezpečenie splnenia budúcich SMART riešení a garancie prevádzky na sústave VO a v SMART systéme sú stanovené nasledujúce minimálne funkčno-technické požiadavky na LC:

Požadovaný parameter
Prevedenie zariadenia je dostupné vo variantoch možnosti montáže a inštalácie do stožiarovej svorkovnice so štandardizovaným uchytením na DIN lištu a do tela LED svietidla
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 230V AC, -15% / +10%, 50Hz vrátane režimu trvalého napájania (TDEE)
Vlastná spotreba zariadenia je maximálne 1W
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozmedzí teplôt okolitého prostredia - 25°C až + 45 °C.
Krytie zariadenia je zabezpečené stožiarovou svorkovnicou najmenej IP54 alebo telom LED svietidla najmenej IP 65
Zariadenie vie plynulo stmievať LED svietidlo v rozsahu 0-100%
Zariadenie vie ovláda jedno alebo viacero napájacích zdrojov LED svietidiel cez štandardizované rozhranie / protokol DALI vrátane možnosti vyčítavania údajov DALI-2 častí 251, 252, 253
Zariadenie má možnosť ovládania napájacieho zdroja LED svietidla cez rozhranie 0/1-10V
Zariadenie má možnosť ovládania jedného alebo viacerých napájacích zdrojov LED svietidiel cez štandardizované rozhranie / protokoly DMX-RDM vrátane možnosti vyčítavania údajov
Zariadenie má vstupy na pripojenie minimálne dvoch SMART senzorov s možnosťou ich napájania v minimálnom rozsahu 6-24V DC
Zariadenie má možnosť komunikačného pripojenia jedného alebo viacerých externých zariadení cez štandardizované rozhranie RS485 na úrovni minimálne protokolu MODBUS
Zariadenie má možnosť odpojenia LED svietidla alebo externého zariadenia vlastným relé do minimálnej záťaže 200W za účelom zníženia spotreby v režime prevádzky sústavy VO trvalého napájania (TDEE) a možnosti ich diaľkového resetu napájania
Zariadenie má možnosť prevádzky v SMART systéme ako aj v autonómnom / lokálnom režime s pripojenými senzormi / detektormi a externými zariadeniami
Zariadenie má vstup na detekciu prítomnosti fázového napätia (fázový detektor sieťového napätia 230 V AC)
Zariadenie vie merať elektrické veličiny: napätia, prúdy, výkony (činný, jalový, zdanlivý), účinník
Zariadenie je vybavené obojsmernou PLC komunikáciou po napájacom vedení so SMART systémom vo frekvenčnom pásme A podľa normy CENELEC EN50065-1 na úrovni MESH siete
Zariadenie má obojsmerné diaľkové a lokálne rozhranie pre servis a konfiguráciu s možnosťou bezdrôtového komunikačného prístupu
Zariadenie má signalizáciu napájania, komunikácie a poruchy prostredníctvom signalizačných LED

Požadovaný parameter
Zariadenie je vyrobené v zhode s európskymi normami EN s označením zariadenia CE
Zariadenie nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené
Zariadenie má lakovanú DPS pre zabezpečenie odolnosti voči vlhkosti, prašnosti a mechanickým otrasom

Tabuľka 28 - Funkčno-technické požiadavky na LC

SMART senzor

SMART senzory sú zariadenia určené na meranie a zber veličín okolitého prostredia pre primárnu funkciu adaptívneho riadenia a nastavenia úrovne intenzity osvetlenia. Pre sekundárnu funkcionálnu je zariadenie rozšírené o meranie a zber meteorologických a environmentálnych veličín. Zbieranie a posielanie dát v rámci SMART systému je zabezpečené obojsmernou PLC komunikáciou po napájacom vedení cez pripojenie na LC.

Na zabezpečenie splnenia budúcich SMART riešení a garancie prevádzky na sústave VO a v SMART systéme sú stanovené nasledujúce minimálne funkčno-technické požiadavky na SMART senzor:

Požadovaný parameter
Prevedenie zariadenia je dostupné vo variantoch možnosti montáže a inštalácie na valcový a kužeľový stožiar alebo betónový stĺp pomocou nerezovej pásky alebo na priamu montáž na stenu pomocou montážneho príslušenstva
Prevádzka zariadenia je v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 6-24V DC z LC
Zariadenie má možnosť prevádzky zo záložného napájania po minimálnu dobu 24 hodín cez vstavanú batériu v prípade výpadku napájacieho napätia z LC
Vlastná spotreba zariadenia je maximálne 1W
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozmedzí teplôt okolitého prostredia - 25°C až + 45 °C.
Krytie zariadenia je zabezpečené pre použitie vo vonkajšom prostredí
Zariadenie má komunikačné pripojenie na LC cez štandardizované rozhranie RS485 na úrovni minimálne protokolu MODBUS
Zariadenie má možnosť diaľkového resetu napájania v SMART systéme cez LC
Zariadenie je prevádzkovateľné v SMART systéme
Zariadenie je vybavené primárne senzorom na meranie intenzity osvetlenia a sekundárne rozširujúcimi senzormi minimálne v rozsahu merania teploty, vlhkosti, atmosférického tlaku, akustického tlaku a pevných častíc PM1, PM2.5, PM4 a PM10
Zariadenie má možnosť bezdrôtového pripojenia vzdialených rozširujúcich senzorov

Požadovaný parameter
Zariadenie má obojsmerné diaľkové a lokálne rozhranie pre servis a konfiguráciu s možnosťou bezdrôtového komunikačného prístupu
Ku zariadeniu sú dostupné protokoly z porovnávacích meraní a kalibrácií senzorov, pričom kalibráciu týchto senzorov je možné kedykoľvek zopakovať.
Zariadenie má potvrdenie kvality meraní od autorizovaného a certifikovaného skúšobného laboratória minimálne v rozsahu merania kvality ovzdušia
Zariadenie je vyrobené v zhode s európskymi normami EN s označením zariadenia CE
Zariadenie nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené

Tabuľka 29 - Funkčno-technické požiadavky na SMART senzor

SMART detektor

SMART detektory sú aktívne zariadenia určené pre detekciu pohybu a sledovanie mobility resp. pohybujúcich sa osôb. Najpoužívanejšími funkciami po aktivovaní sú zvýšenie úrovne intenzity osvetlenia pre selektované svietidla na vybranú úroveň a nastavovanie úrovni modelov stmievania na základe mobility. Zbieranie a posielanie dát v rámci SMART systému je zabezpečené obojsmernou PLC komunikáciou po napájacom vedení cez pripojenie na LC.

Na zabezpečenie splnenia budúcich SMART riešení a garancie prevádzky na sústave VO a v SMART systéme sú stanovené nasledujúce minimálne funkčno-technické požiadavky na SMART detektor:

Požadovaný parameter
Prevedenie zariadenia je dostupné vo variantoch možnosti montáže a inštalácie na valcový a kužeľový stožiar alebo betónový stĺp pomocou nerezovej pásky alebo na priamu montáž na stenu pomocou montážneho príslušenstva
Zariadenie má možnosť prevádzky v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 6-24V DC z LC alebo z napájacieho napätia 230V AC, -15% / +10%, 50Hz vrátane režimu trvalého napájania (TDEE)
Vlastná spotreba zariadenia je maximálne 1W
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozmedzí teplôt okolitého prostredia - 25°C až + 45 °C.
Zariadenie má plastové telo alebo v prípade fyzickej dostupnosti antivandal prevedenie
Krytie a prevedenie zariadenia je zabezpečené pre použitie vo vonkajšom prostredí
Zariadenie má možnosť diaľkového resetu napájania v SMART systéme cez LC
Zariadenie je prevádzkovateľné v SMART systéme

Požadovaný parameter
Zariadenie je vybavené jedným alebo viacerými senzormi pohybu pre celodenný režim prevádzky
Zariadenie má možnosť nastavenia pozorovacieho resp. detekčného priestorového uhlu s nastavením citlivosti snímania
Zariadenie má aktivačné pripojenie na LC cez bezpotenciálovú slučku alebo cez vstup na detekciu prítomnosti fázového napätia (fázový detektor sieťového napätia 230 V AC)
Zariadenie je vyrobené v zhode s európskymi normami EN s označením zariadenia CE
Zariadenie nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené

Tabuľka 30 - funkčno-technické požiadavky na SMART detektor

SMART tlačidlo

SMART tlačidlá sú aktivačné zariadenia určené pre fyzicky dostupné použitie. Najpoužívanějšími funkciami po aktivovaní sú zvýšenie úrovne intenzity osvetlenia pre selektované svietidla na vybranú úroveň, aktivácia signalizačných zariadení alebo v spojení s tiesňovými službami. Zbieranie a posielanie dát v rámci SMART systému je zabezpečené obojsmernou PLC komunikáciou po napájacom vedení cez pripojenie na LC.

Na zabezpečenie splnenia budúcich SMART riešení a garancie prevádzky na sústave VO v SMART systéme sú stanovené nasledujúce minimálne funkčno-technické požiadavky na SMART tlačidlo:

Požadovaný parameter
Prevedenie zariadenia je dostupné vo variantoch možnosti montáže a inštalácie na valcový a kužeľový stožiar alebo betónový stĺp pomocou nerezovej pásky alebo na priamu montáž na stenu pomocou montážneho príslušenstva
Zariadenie má možnosť prevádzky v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 6-24V DC z LC
Vlastná spotreba zariadenia je maximálne 1W
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozmedzí teplôt okolitého prostredia - 25°C až + 45 °C.
Zariadenie má z dôvodu fyzickej dostupnosti antivandal prevedenie
Krytie a prevedenie zariadenia je zabezpečené pre použitie vo vonkajšom prostredí
Zariadenie má predný panel s možnosť gravírovania piktogramov a textov a možnosťou zákazníckeho zadania pri výrobe
Zariadenie má možnosť diaľkového resetu napájania v SMART systéme cez LC
Zariadenie je prevádzkovateľné v SMART systéme

Požadovaný parameter
Zariadenie je vybavené elektromechanickým tlačidlom pre celodenný režim prevádzky
Zariadenie má podsvietenie tlačidla pre použitie v zhoršených svetlených podmienkach s možnosťou zmeny podsvietenia pri stlačení v minimálnom rozsahu dvoch farieb (fyzická interakcia)
Zariadenie má aktivačné pripojenie na LC cez bezpotenciálovú slučku
Zariadenie je vyrobené v zhode s európskymi normami EN s označením zariadenia CE
Zariadenie nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené

Tabuľka 31 - Funkčno-technické požiadavky na SMART tlačidlo

EC (Energy Controller)

EC sú inteligentné zariadenia určené pre aktívne diaľkové riadenie, monitorovanie a optimalizáciu prevádzky energetických zariadení ako modulárnych rozvádzačov VO, zdrojov výroby, zálohovania, spotreby, meničov, pokročilých SMART zariadení alebo distribučných bodov inštalovaných a umiestnených na sústave VO. Zbieranie a posielanie dát v rámci SMART systému zabezpečuje obojsmerná PLC komunikácia po napájacom vedení cez LC, priame pripojenie na SMART systém rozvádzača VO s následným prepojením do systému energetického manažmentu EMS alebo priame pripojenie do neho cez doplnkové IoT brány prostredníctvom štandardizovaných rozhraní a protokolov. Súčasne umožňuje aktívne riadenie odberov napr. ako dynamické prerozdelenie alebo obmedzovanie rezervovanej kapacity pre nabíjacie stanice čím zabezpečuje efektívne využitie dostupnej elektrickej energie bez rizika preťaženia istiacich prvkov, vedení alebo distribučnej siete.

Na zabezpečenie splnenia budúcich SMART riešení a garancie prevádzky na sústave VO a v SMART systéme sú stanovené nasledujúce minimálne funkčno-technické požiadavky na EC:

Požadovaný parameter
Prevedenie zariadenia je dostupné vo variantoch možnosti montáže a inštalácie so štandardizovaným uchytením na DIN lištu
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 230V AC, -15%/+15%, 50Hz vrátane režimu trvalého napájania (TDEE)
Vlastná spotreba zariadenia je maximálne 1W
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozmedzí teplôt okolitého prostredia - 25°C až + 45 °C.
Zariadenie je určené na inštaláciu do rozvádzača alebo rozvodnice a spĺňa požiadavky základného krytia. Zvýšenú ochranu je možné zabezpečiť umiestnením do rozvádzača, rozvodnice alebo priestoru s požadovaným stupňom krytia.
Zariadenie má možnosť ovládania jedného alebo viacerých pripojených zariadení v zmysle zdrojov a meračov cez štandardizované rozhranie RS485 s podporou štandardizovaných priemyselných protokolov na úrovni minimálne protokolu MODBUS

Požadovaný parameter
Zariadenie disponuje minimálne dvoma bezpotenciálovými výstupmi pre spínanie akčných prvkov a jedným digitálnym vstupom (napr. HDO) a rozhraním pre možnosť pripojenia senzorov.
Zariadenie má možnosť prevádzky v SMART systéme s pripojením do systému energetického manažmentu EMS ako aj prevádzky v autonómnom / lokálnom režime s pripojenými senzormi a pripojenými zariadeniami
Zariadenie podporuje komunikačné pripojenie cez rozhrania ETH a zároveň disponuje zabezpečenou bezdrôtovou komunikáciou (napr. Wi-Fi), ktorá umožňuje integráciu do systému energetického manažmentu EMS alebo iných riadiacich platforiem.
Zariadenie má obojsmerné diaľkové a lokálne rozhranie pre servis a konfiguráciu s možnosťou zabezpečeného bezdrôtového komunikačného prístupu
Zariadenie má signalizáciu napájania, komunikácie a poruchy prostredníctvom signalizačných LED
Zariadenie je vyrobené v zhode s európskymi normami EN s označením zariadenia CE
Zariadenie nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené

Tabuľka 32 - Funkčno-technické požiadavky na EC

Iné SMART a externé zariadenia

Iné SMART a externé zariadenia sú zariadenia určené a aplikovateľné na sústave VO za účelom ich využitia funkcionality v SMART systéme a použitia pri SMART riešeniach či už na VO, tak aj v koncepte SMART City. Zbieranie a posielanie dát v poskytovanom rozsahu je v rámci SMART systému zabezpečené obojsmernou PLC komunikáciou po napájacom vedení cez pripojenie na LC alebo doplnkovo cez hardvérové IoT brány. Medzi najčastejšie aplikovateľné takéto základné zariadenia okrem základných SMART senzora, detektora a tlačidla môžeme zaradiť:

Zariadenia distribúcie energie

SMART zásuvka alebo energetický stĺpik patria medzi základné zariadenie na VO určené na verejnú distribúciu energie cez mestskú napájaciu sieť VO slúžiacu po aktivovaní pre fyzicky dostupné použitie. SMART zásuvky môžu taktiež slúžiť pre napájanie mestských zariadení (napr. vianočného osvetlenia) a externých zariadení a tretích strán s doplnením o fakturačný elektromer. Samostatnou kapitolou je integrácia nabíjacích staníc pre elektromobilitu, ktorú SMART systém poskytuje s funkcionalitou balansovania energie na úrovni rozvádzača VO a jeho napájacej siete.

Zariadenia výroby energie

Fotovotaické panely inštalované na stožiaroch verejného osvetlenia predstavujú zariadenia určené na lokálnu výrobu elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov. Energia vyrobená z fotovoltických panelov je spracovávaná prostredníctvom mikromeničov a ďalej distribuovaná do siete VO alebo akumulčných systémov. Tieto zariadenia umožňujú znižovať energetickú závislosť, podporujú energetickú sebestačnosť mesta a prispievajú k celkovému zníženiu uhlíkovej stopy.

Zariadenia sledovania mobility

Zariadenia sledovania mobility predstavujú dôležitý prvok pre adaptívne riadenie verejného osvetlenia a analýzu pohybu osôb v mestskom prostredí. Ich úlohou je poskytovať dáta o prítomnosti, pohybe, smerovaní a početnosti ľudí v sledovanej oblasti. Najčastejšie využívanými zariadeniami sú radarové detektory, ktoré dokážu rozpoznať nielen samotný pohyb, ale aj intenzitu a dynamiku pohybovej aktivity.

Tieto senzory komunikujú s lokálnymi riadiacimi jednotkami LC (Light Controller) prostredníctvom obojsmernej PLC komunikácie, čo umožňuje okamžitú reakciu osvetľovacieho systému – napríklad dočasné zvýšenie intenzity svetla v prípade detekcie osoby. V pokročilých inštaláciách môžu byť doplnené o kamerové systémy s analytickými funkciami, ktoré na základe obrazu rozpoznávajú počet osôb, smery pohybu alebo úroveň využívania verejných priestorov. Získané údaje možno následne využívať pre dopravné, bezpečnostné či urbanistické analýzy a optimalizáciu prevádzky osvetlenia v reálnom čase.

Dopravné zariadenia

Dopravné zariadenia slúžia na monitorovanie a vyhodnocovanie cestnej premávky, čo je kľúčové pre analýzu mobility. Medzi základné zariadenia patria sčítače vozidiel, ktoré dokážu detekovať počet prechádzajúcich áut a zároveň ich kategorizovať podľa typu (osobné, nákladné a pod.). Tieto dáta môžu byť spracovávané lokálne alebo prenášané do centrálného systému mesta pre dlhodobé štatistické hodnotenie dopravných tokov.

Súčasťou dopravných zariadení sú aj radarové jednotky, ktoré umožňujú meranie rýchlosti vozidiel v reálnom čase. Takéto systémy môžu byť využívané nielen na dopravné analýzy, ale aj ako preventívny nástroj pre zvýšenie bezpečnosti v rizikových úsekoch. Samostatnú kategóriu tvoria C-ITS kooperatívne inteligentné dopravné systémy a ich zariadenia, ktoré zlepšujú bezpečnosť a plynulosť dopravy umožnením komunikácie medzi vozidlami, infraštruktúrou a inými účastníkmi premávky.

Informačné zariadenia

Informačné zariadenia predstavujú vizuálny a dátový komunikačný kanál medzi mestom a jeho obyvateľmi. Ich hlavnou úlohou je poskytovať aktuálne a relevantné informácie – dopravné, environmentálne, kultúrne či časové. Medzi tieto zariadenia patria dopravné tabule, ktoré zobrazujú informácie o prietoku premávky, parkovacích kapacitách či nehodových udalostiach, ako aj mestské informačné panely s integrovanými hodinami, teplotnými senzormi a environmentálnymi ukazovateľmi.

Zariadenia sú napojené na centrálny systém správy prostredníctvom LC cez PLC alebo IoT komunikácie a umožňujú diaľkovú aktualizáciu zobrazovaného obsahu. Môžu byť využité aj pre účely civilnej ochrany – na varovanie obyvateľstva v prípade mimoriadnych udalostí. Takéto prepojenie s mestským informačným systémom zvyšuje úroveň informovanosti občanov, podporuje bezpečnosť a transparentnosť samosprávy.

Senzorické a monitorovacie zariadenia

Monitorovacie zariadenia sú určené na zber environmentálnych, meteorologických a bezpečnostných dát, ktoré majú kľúčový význam pre riadenie verejného priestoru a ochranu infraštruktúry. Medzi najčastejšie aplikované patria záplavové senzory, ktoré detegujú prítomnosť vody v kritických lokalitách a umožňujú včasné varovanie pred zaplavením. Doplnkovými prvkami sú

senzory vlhkosti půdy, používané na efektívne riadenie zavlažovacích systémov, a environmentálne senzory merajúce teplotu, tlak, kvalitu ovzdušia, koncentráciu prachových častíc (PM) či hladinu hluku. Ich dlhodobé sledovanie umožňuje tvorbu environmentálnych máp mesta, predikciu rizikových javov a plánovanie opatrení v oblasti udržateľného rozvoja.

Signalizačné zariadenia

Signalizačné zariadenia predstavujú dôležitý bezpečnostný a informačný prvok v rámci mestského priestoru. Ich úlohou je vizuálne alebo zvukovo upozorniť obyvateľov na vzniknuté situácie, dopravné obmedzenia či nebezpečné javy. Medzi základné patria výstražné blikáče, svetelné a akustické výstrahy, dynamické informačné tabule alebo dopravné signalizácie.

Tieto zariadenia môžu byť riadené automaticky prostredníctvom SMART systému na základe dát z monitorovacích alebo dopravných zariadení, alebo manuálne aktivované prostredníctvom mestského dispečingu. V kombinácii s detektormi a environmentálnymi senzormi tvoria základ integrovaného varovného systému, ktorý zvyšuje pripravenosť mesta reagovať na krízové situácie a posilňuje bezpečnosť občanov.

Bezpečnostné zariadenia

Bezpečnostné zariadenia tvoria kľúčovú súčasť infraštruktúry SMART mesta zameranú na ochranu obyvateľov a mestského majetku. Kamerové sety s integrovanou umelou inteligenciou (AI) dokážu v reálnom čase analyzovať dianie v monitorovanom priestore, rozpoznávať podozrivé správanie, vandalizmus alebo neštandardné situácie. Na základe týchto dát môže systém automaticky vyhodnocovať riziká a aktivovať preventívne opatrenia, ako je zosilnenie osvetlenia, upozornenie hliadky alebo aktivácia výstražného signálu.

Komunikačné a IoT brány

Komunikačné a IoT brány sú zariadenia určené na lokálne fyzicky dostupné komunikačné drôtové a bezdrôtové pripojenia ako aj na prepojenia rôznych mestských zariadení, externých zariadení a tretích strán cez metropolitnú komunikačnú sieť na VO.

Na zabezpečenie splnenia budúcich SMART riešení a garancie prevádzky na sústave VO a v SMART systéme sú stanovené nasledujúce minimálne funkčno-technické požiadavky na iné SMART a externé zariadenia:

Požadovaný parameter
Prevedenie zariadenia je dostupné vo variantoch možnosti montáže a inštalácie na valcový a kužeľový stožiar alebo betónový stĺp pomocou nerezovej pásky alebo na priamu montáž na stenu pomocou montážneho príslušenstva
Zariadenie má možnosť prevádzky v minimálnom rozsahu napájacieho napätia 6-24V DC z LC alebo z napájacieho napätia 230V AC, -15% / +10%, 50Hz vrátane režimu trvalého napájania (TDEE) s možnosťou pripojenia na EC pre účely EMS
Zariadenie má možnosť prevádzky zo záložného napájania s integrovaným systémom správy batérie (BMS) po minimálnu dobu 24 hodín cez vstavaný akumulátor v prípade výpadku napájacieho napätia z LC alebo z napájacieho napätia 230V AC
Zariadenie má nízku energetickú náročnosť (vlastnú spotrebu)
Zariadenie je možné odpojiť cez relé LC do maximálnej záťaže 200W za účelom zníženia spotreby v režime prevádzky sústavy VO trvalého napájania (TDEE) a možnosti jeho diaľkového resetu napájania

Požadovaný parameter
Bežná prevádzka zariadenia je v minimálnom rozmedzí teplôt okolitého prostredia - 25°C až + 45 °C.
Krytie zariadenia je zabezpečené pre použitie vo vonkajšom prostredí alebo pre účel jeho použitia
Zariadenie má možnosť diaľkového komunikačného pripojenia do SMART systému rozvádzača VO cez jeho komunikačné alebo IoT brány prostredníctvom štandardizovaných rozhraní a protokolov
Zariadenie má možnosť lokálneho komunikačného pripojenia na LC cez štandardizované rozhranie RS485 na úrovni minimálne protokolu MODBUS alebo možnosť aktivačného pripojenia na LC cez bezpotenciálovú slučku alebo cez vstup na detekciu prítomnosti fázového napätia (fázový detektor sieťového napätia 230 V AC)
Zariadenie je prevádzkovateľné v SMART systéme s možnosťou diaľkového dohľadu a monitorovania cez LC v minimálnom rozsahu merania spotreby, detekcie prítomnosti napájacieho napätia a snímania stavov zariadenia
Zariadenie má k dispozícii kalibračné listy a protokoly o meraní zodpovedajúce jeho účelu použitia, pričom je možné ho kalibrovať a konfigurovať v súlade s týmto účelom.
Zariadenie má pre svoj účel dostupné potvrdenie kvality od autorizovaného a certifikovaného skúšobného laboratória
Zariadenie je vyrobené v zhode s európskymi normami EN s označením zariadenia CE
Zariadenie nesmie svojimi elektromagnetickými vlastnosťami ovplyvňovať iné zariadenia v okolí alebo nesmie byť samo ovplyvnené

Tabuľka 33 - Funkčno-technické požiadavky na iné SMART a externé zariadenia

NÁVRH SOFTVÉROVÉHO RIEŠENIA

Všeobecný popis a účel systému

Softvérové riešenie pre riadenie a monitorovanie sústavy verejného osvetlenia (VO) predstavuje komplexnú platformu, ktorá umožňuje efektívne riadenie, monitorovanie a správu všetkých prvkov infraštruktúry verejného osvetlenia na území mesta. Systém je navrhnutý s ohľadom na dlhodobú perspektívu niekoľkých rokov, s dôrazom na modularitu, škálovateľnosť a integračné schopnosti.

Hlavným účelom softvérového riešenia je:

- Centralizované riadenie a monitorovanie celej sústavy VO
- Optimalizácia energetickej efektívnosti
- Automatizácia prevádzkových procesov
- Prediktívna údržba a rýchla reakcia na poruchové stavy
- Integrácia SMART technológií a zariadení tretích strán
- Poskytovanie kvalitných dát pre rozhodovanie mesta
- Transparentnosť prevádzky a komunikácia s verejnosťou

Základné princípy riešenia

Softvérové riešenie je postavené na nasledujúcich základných princípoch:

Modularita

Systém je navrhnutý modulárne, čo umožňuje flexibilné rozširovanie funkcionality podľa aktuálnych potrieb mesta bez nutnosti zásadných zmien v architektúre. Jednotlivé moduly môžu byť nezávisle upgradované, nahradené alebo doplnené o nové funkcie.

Škálovateľnosť

Architektúra systému umožňuje plynulé rozširovanie o nové svetelné body, rozvádzače, SMART prvky a zariadenia tretích strán bez vplyvu na výkon a stabilitu systému. Systém je pripravený na rast od niekoľko stoviek až po desiatky tisíc riadených prvkov.

Otvorené rozhrania

Systém poskytuje štandardizované API rozhrania pre komunikáciu s externými systémami, platformami a zariadeniami. Podporuje bežné priemyselné štandardy a protokoly, čím zabezpečuje dlhodobú kompatibilitu a možnosť integrácie s budúcimi technológiami.

Bezpečnosť a kybernetická ochrana

Bezpečnosť je prioritou na všetkých úrovniach systému - od komunikačných protokolov, cez šifrovanie dát, až po správu používateľských prístupov. Systém je navrhnutý v súlade s požiadavkami na ochranu dôležitej infraštruktúry.

Vysoká dostupnosť

Systém je navrhnutý pre nepretržitú prevádzku 24/7/365 s vysokou úrovňou dostupnosti. Zahŕňa záložné mechanizmy, automatické obnovovanie po výpadkoch a distribuovanú architektúru.

Konceptuálna architektúra riešenia

Softvérové riešenie pre riadenie a monitorovanie sústavy VO je koncipované ako viacvrstvový systém pozostávajúci z nasledujúcich hlavných úrovní:

- **Úroveň fyzickej infraštruktúry:** Modulárne rozvádzače VO, Svietidlá s inteligentným riadením (LC moduly), SMART prvky a senzory, Zariadenia tretích strán, Komunikačné brány (IoT gateways)
- **Úroveň SMART systému:** Komunikačné protokoly (PLC, bezdrôtové technológie), Lokálne riadiace jednotky, Edge a Cloud computing komponenty, Dátové toky medzi zariadeniami
- **Úroveň softvérovej platformy:** Centrálna riadiaca a monitorovacia platforma, Funkčné moduly (pasportizácia, poruchový systém, energetika, atď.), Webové a mobilné aplikácie, AI a analytické moduly
- **Úroveň integrácie:** API rozhrania, Prepojenia s mestskými platformami, prepojenia s národnými a štátnymi systémami, OpenData služby

Úroveň používateľského prístupu

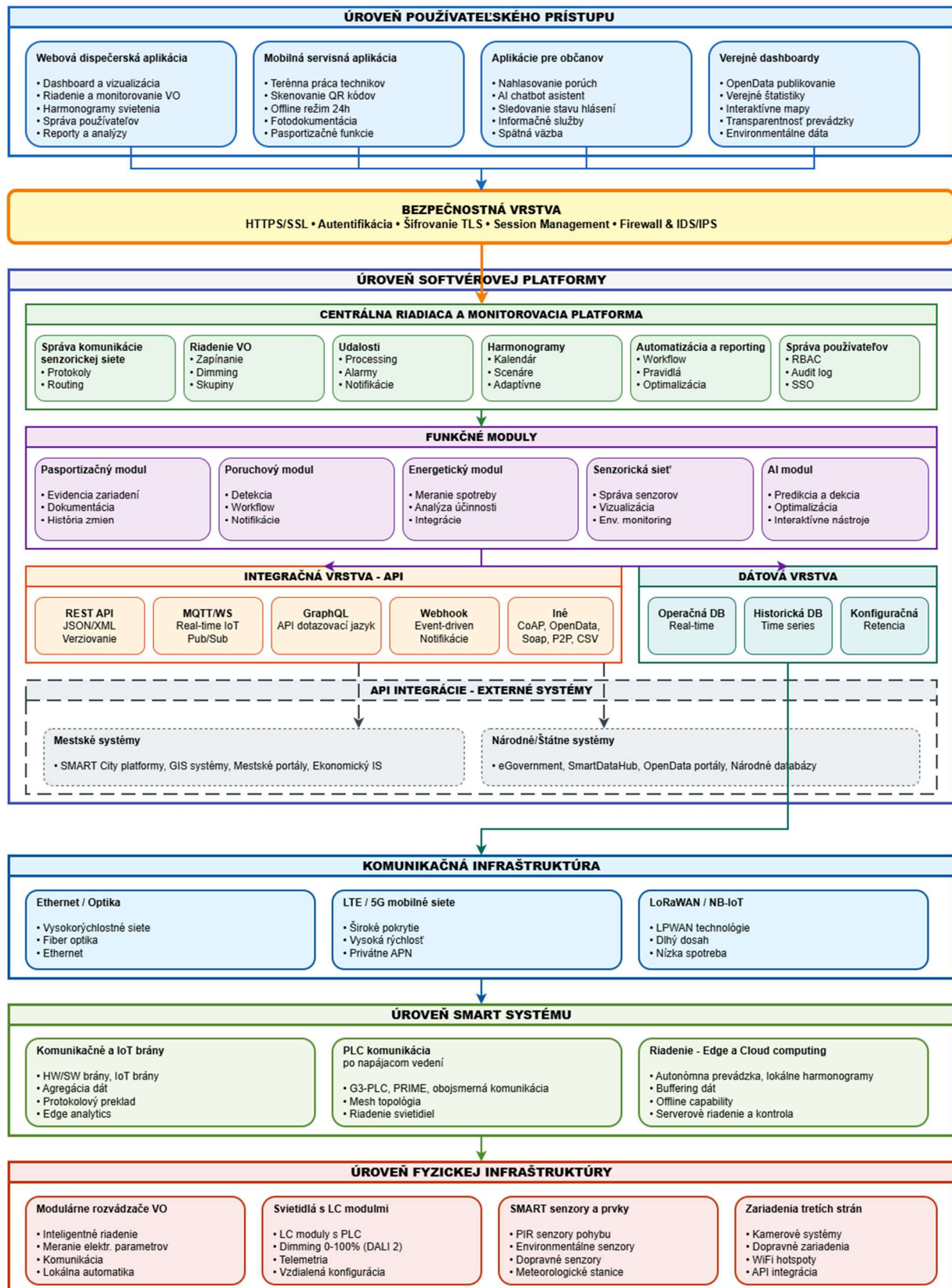
- Webová dispečerská aplikácia
- Mobilná servisná aplikácia
- Aplikácie pre verejnosť
- Dashboardy a vizualizácie

Výhody centralizovaného softvérového riešenia

Implementácia komplexného softvérového riešenia pre riadenie VO prináša mestu a jeho správcovi množstvo výhod:

- **Prevádzkové výhody** - zníženie prevádzkových nákladov automatizáciou procesov, optimalizácia energetickej spotreby adaptívnym riadením, rýchlejšia identifikácia a riešenie porúch, prediktívna údržba znižujúca neplánované výpadky, centralizovaná evidencia všetkých prvkov sústavy.
- **Ekonomické výhody** - presné meranie a vyhodnocovanie energetickej spotreby, podklady pre optimalizáciu harmonogramov svietenia, zníženie nákladov na údržbu vďaka preventívnym opatreniam, efektívne využívanie servisných kapacít.
- **Bezpečnostné výhody** - okamžitá detekcia neoprávnených zásahov do systému, monitorovanie kritických parametrov v reálnom čase, automatické notifikácie pri alarmových stavoch, zabezpečená komunikácia a ochrana pred kybernetickými útokmi.
- **Služby pre občanov** - transparentný prístup k dátam o prevádzke VO, jednoduché nahlasovanie porúch, informácie o plánovaných výlukách a údržbe, participácia občanov na rozhodovaní o osvetlení
- **Strategické výhody** - platforma pre integráciu ďalších SMART riešení mesta, podklady pre strategické rozhodovanie, podpora koncepcie SMART City, zhodnotenie investícií do infraštruktúry VO.

Softvérová architektúra systému pre riadenie a monitorovanie verejného osvetlenia je navrhnutá ako modulárny, škálovateľný a otvorený systém s viacvrstvovou štruktúrou. Nasledujúca bloková schéma znázorňuje hlavné komponenty systému a ich vzájomné prepojenia:



Obrázok 9 - Blokova schéma softvérového riešenia

Dátové toky v systému

Efektivní fungování systému řízení veřejného osvětlení je založené na kontinuální výměně dat mezi všemi komponenty infrastruktury. Datové toky možno rozdělit do troch základních kategorií podle směru a účelu komunikace.

Telemetrické data (zdola nahor)

Telemetrické data představují největší objem komunikace v systému a tvoří základ pro monitorovací a analytické funkce. Sú kontinuálně sbírané z terénních zařízení a přenášány k centrálnímu systému. Základní vrstvu telemetrie tvoří stavové informace o svítidlech, rozváděčích a SMART prvcích.

Hlavní typy telemetrických dat:

- Elektrická měření - napětí, proud, spotřeba, účinnost, teplota komponentů
- Senzorická síť - pohybové senzory, světelné senzory, meteorologické stanice, kvalita ovzduší, dopravní detektory
- Diagnostika - logy o reštartech, chybových stavech, výpadcích komunikace, verzích firmwaru

Senzorická data rozšiřují systém o SMART City funkcionality a sú využívané pro adaptivní řízení osvětlení aj ako vstup pre ďalšie mestské platformy.

Riadiace príkazy (zhora nadol)

Riadiace príkazy predstavujú komunikáciu od centrálného systému k terénnym zariadeniam. Táto komunikácia musí byť realizovaná s vysokou spoľahlivosťou a verifikovateľným potvrdením vykonania.

Základné príkazy zahŕňajú zapnutie/vypnutie osvetlenia, nastavenie intenzity (dimming) a prepínanie prevádzkových režimov.

Typy riadiacích príkazov:

- Prevádzkové režimy - nočný útlm, špeciálne režimy pre podujatia, núdzový režim
- Konfigurácia - zmena komunikačných parametrov, harmonogramov
- Firmware aktualizácie - vzdialená distribúcia nových verzií softvéru

Horizontálne dátové toky

Horizontálne dátové toky predstavujú výmenu informácií medzi rovnocennými komponentmi systému, čo zabezpečuje integráciu a koordináciu činnosti rôznych modulov.

Výmena medzi modulmi je kľúčová pre komplexné fungovanie - pasportizačný modul poskytuje dáta poruchovému modulu, energetický modul získava dáta o spotrebe z riadiaceho systému, AI modul konzumuje dáta zo všetkých modulov pre prediktívne modely.

Export/import s externými systémami:

- Export - GIS systém mesta, ekonomický systém, SMART City platforma, OpenData portál
- Import - meteorologické predpovede, kalendáre mestských podujatí, dopravné informácie

- Synchronizácia - master-slave replikácia, aktualizácia dátového skladu, cache synchronizácia

Používateľské aplikácie

Softvérové riešenie poskytuje tri hlavné typy používateľských aplikácií, ktoré sú prispôsobené potrebám rôznych skupín používateľov - dispečerov a správcov systému, servisných technikov v teréne a občanov mesta.



Webová dispečerská aplikácia

Webová dispečerská aplikácia je primárny nástroj pre centralizované riadenie a monitorovanie sústavy verejného osvetlenia. Je prístupná prostredníctvom štandardných webových prehliadačov bez nutnosti inštalácie dodatočného softvéru a slúži dispečerom, správcom sústavy VO a technickým zamestnancom.

Aplikácia poskytuje real-time vizualizáciu celej sústavy na interaktívnom mapovom podklade, centrálny dashboard s kľúčovými informáciami o stave systému, komplexnú správu harmonogramov svietenia vrátane adaptívneho riadenia a reportovacie nástroje pre analýzy prevádzky a energetickej efektívnosti.

Kategória	Požiadavky
Prístup a kompatibilita	Webová aplikácia pre moderné prehliadače, responzívny dizajn pre všetky zariadenia, zabezpečené HTTPS spojenie, slovenská lokalizácia.
Výkon a funkčnosť	Real-time aktualizácia dát, podpora minimálne 50 súčasných používateľov, prispôsobiteľné dashboards a vlastné filtre.
Mapová vizualizácia a riadenie	Interaktívna mapa so zobrazením prvkov VO, farebné rozlíšenie stavov, vzdialené riadenie svietidiel, zobrazenie prevádzkových parametrov v reálnom čase.
Harmonogramy a automatizácia	Kalendár s denným, týždenným a mesačným pohľadom, definovanie harmonogramov s pevnými časmi alebo závislými na východe/západe slnka. Špeciálne scenáre pre mestské podujatia a adaptívne riadenie využívajúce vstupy zo senzorov (svetlo, pohyb, doprava, počasie).
Správa porúch, reporty a analytika	Centralizovaný panel alarmov s automatickým triedením podľa priority, vizuálne a zvukové upozornenia s konfiguráciou notifikačných pravidiel. Automatické vytváranie poruchových hlásení pri kritických udalostiach s prepojením na poruchový modul a možnosťou priradenia technikovi. Export reportov do PDF, Excel, CSV či HTML formátov.

Kategória	Požiadavky
Bezpečnosť a správa používateľov	Systém rolí a oprávnení (RBAC), viacfaktorová autentifikácia (MFA), integrácia s mestskými systémami (AD, LDAP), audit trail používateľských akcií.
Technológie a integrácie	Využitie moderných webových frameworkov, RESTful API backend, WebSocket pre real-time komunikáciu, podpora PWA s offline režimom. Export dát do štandardných formátov a webhook notifikácie pre externé systémy.

Tabuľka 34 – Požadované vlastnosti pre webovú dispečerskú aplikáciu

Mobilná servisná aplikácia

Mobilná servisná aplikácia je špecializovaný nástroj určený pre terénnych technikov a servisných pracovníkov, ktorí vykonávajú údržbu, opravy a inštaláciu prvkov verejného osvetlenia priamo v teréne. Aplikácia optimalizovaná pre prácu na smartfónoch a tabletoch v náročných vonkajších podmienkach. Primárnym cieľom je maximálne zjednodušiť a zefektívniť prácu technikov v teréne, minimalizovať administratívnu záťaž a zabezpečiť spoľahlivý zber dát aj v oblastiach s obmedzeným alebo žiadnym internetovým pripojením. Aplikácia poskytuje technikom okamžitý prístup k aktuálnym informáciám o pridelených pracovných príkazoch, poruchových hláseniach a pasportizačných dátach zariadení.

Kľúčové funkčné oblasti mobilnej aplikácie zahŕňajú:

- **Správa pracovných príkazov** – prehľad pridelených úloh s prioritizáciou, navigácia na miesto zásahu s GPS koordinátami, evidencia času práce, pridávanie poznámok a komentárov, offline mapové podklady
- **Pasportizácia a dokumentácia** – skenovanie QR/čiarových kódov na zariadeniach, zobrazenie technických parametrov a histórie opráv, zachytávanie fotografií s automatickým označením GPS a časovou pečiatkou, možnosť aktualizácie pasportizačných dát v teréne
- **Offline režim a synchronizácia** – plná funkčnosť bez internetového pripojenia minimálne 24 hodín, lokálne ukladanie dát, fotografií a formulárov, automatická synchronizácia pri obnovení pripojenia s riešením konfliktov
- **Navigácia a mapové podklady** – integrovaná navigácia na miesto pracovného príkazu, offline mapové podklady pre celé mesto, zobrazenie susedných zariadení VO na mape

Kategória	Požiadavky
Platformy a kompatibilita	Natívna alebo hybridná aplikácia pre iOS a Android, optimalizácia pre smartfóny a tablety, podpora orientácie na výšku aj šírku.
Offline režim a synchronizácia	Plná funkčnosť bez pripojenia s uchovávaním dát pre viacero dní, automatická synchronizácia pri obnovení pripojenia, kompresia dát pre mobilné siete.

Kategória	Požiadavky
Správa pracovných príkazov	Zoznam príkazov s farebným rozlíšením priority a stavu, filtrovanie a triedenie, detail príkazu s históriou, navigácia na miesto s GPS.
Pasportizácia a identifikácia	Skenovanie QR/čiarových kódov, zobrazenie pasportizačných dát, aktualizácia údajov v teréne, prístup k histórii opráv.
Foto a technická dokumentácia	Fotografie s GPS a časovou pečiatkou, organizácia podľa kategórií, podpora nočného režimu, lokálne ukladanie a automatický upload.
Používateľské rozhranie	Intuitívne UI pre prácu v teréne, veľké dotykové plochy, vysoký kontrast pri slnečnom svetle.
Bezpečnosť a autentifikácia	Prihlásenie s heslom a biometrickou autentifikáciou, automatické odhlásenie, šifrovanie lokálnych dát AES-256, audit log akcií.
Integrácie a rozšírenia	Integrácia s navigačnými aplikáciami, export do PDF, push notifikácie pre nové príkazy a alarmy.

Tabuľka 35 - Požadované vlastnosti pre mobilnú servisnú aplikáciu

Aplikácie pre verejnosť

Aplikácie pre verejnosť predstavujú dôležitý komunikačný most medzi mestom a jeho obyvateľmi v oblasti verejného osvetlenia. Tieto aplikácie umožňujú občanom aktívne sa podieľať na správe a údržbe osvetľovacej infraštruktúry prostredníctvom jednoduchého a intuitívneho nahlásenia porúch, sledovania stavu ich riešenia a prístupu k informáciám o plánovaných aktivitách. Cieľom je vytvoriť otvorený a transparentný systém, ktorý zlepši komunikáciu medzi mestom a občanmi, skráti reakčný čas na vzniknuté problémy a zvýši celkovú spokojnosť obyvateľov s kvalitou verejných služieb.

Aplikácie sú navrhnuté s dôrazom na maximálnu dostupnosť a jednoduchosť použitia pre všetky vekové kategórie a úrovne technickej gramotnosti. Občania môžu nahlásiť poruchu verejného osvetlenia niekoľkými spôsobmi - cez mobilnú aplikáciu, webové rozhranie, chatbot alebo telefonicky. Každé hlásenie je automaticky zaregistrované v systéme, pridelené zodpovednému technikovi a občan dostáva priebežné informácie o stave riešenia jeho podnetu. Systém zabezpečuje, že žiadne hlásenie nie je prehliadnuté a všetky podnety sú riešené v stanovenej lehote.

Kľúčové komponenty aplikácií pre verejnosť zahŕňajú:

- **Mobilná a webová aplikácia pre občanov** – rýchle nahlásenie poruchy s automatickou GPS lokalizáciou a fotodokumentáciou, sledovanie stavu hlásenia v reálnom čase, prístup z mobilných zariadení aj webového prehliadača, možnosť anonymného nahlásenia alebo registrácie pre sledovanie histórie
- **AI chatbot asistent** – inteligentný konverzačný agent dostupný 24/7, automatická kategorizácia typu problému, krok po kroku navigácia procesom nahlásenia, podpora slovenského jazyka s porozumením lokálnych výrazov, prepojenie na ľudského operátora pri komplexných požiadavkách
- **Verejný informačný portál a notifikácie** – prehľadná webstránka s aktuálnymi informáciami o stave VO, interaktívna mapa s plánovanými údržbami a výpadkami, verejné štatistiky o efektívnosti systému, automatické SMS a e-mailové notifikácie o zmenách stavu hlásení

- **Systém spätnej väzby** – možnosť hodnotenia kvality riešenia porúch, ankety spokojnosti občanov, priestor pre návrhy na zlepšenie, transparentné zobrazenie štatistík, detekcia a zlučovanie duplicitných hlásení

Kategória	Požiadavky
Mobilná aplikácia - platformy a základné funkcie	Natívna aplikácia pre rôzne OS s intuitívnym rozhraním, rýchle nahlásenie s GPS a fotodokumentáciou, sledovanie stavu v reálnom čase, push notifikácie.
Webové rozhranie pre občanov	Responzívna webstránka pre všetky zariadenia, jednoduchý formulár s minimálnymi povinnými poľami, interaktívna mapa, možnosť anonymného nahlásenia.
AI chatbot asistent	Dostupnosť 24/7, NLP v slovenskom jazyku s porozumením dialektov, automatická kategorizácia problémov, kontextové vedenie používateľa.
Nahlasovanie porúch - workflow	Automatické priradenie ID každému hláseniu, okamžité potvrdenie prijatia, detekcia duplicit s inteligentným zlučovaním, priebežné informovanie o stave.
Verejný informačný portál	Prehľadná stránka s informáciami o stave VO, interaktívna mapa, verejné štatistiky, informácie o modernizácii, kontaktné údaje.
Notifikačný systém a upozornenia	SMS, e-mailové notifikácie, či push notifikácie o zmenách stavu, upozornenia na plánované výpadky, možnosť prihlásiť sa k odoberaniu informácií.
Spätná väzba a hodnotenie	Hodnotenie kvality riešenia, ankety spokojnosti, priestor pre návrhy, transparentné zobrazenie hodnotení.
Bezpečnosť a ochrana údajov	Spracovanie osobných údajov v súlade s GDPR a slovenskou legislatívou s jasným informovaním používateľov o účele spracovania. Minimalizácia zberu osobných údajov - požadované len nevyhnutné informácie (kontakt pre spätnú väzbu). Možnosť anonymného nahlásenia poruchy bez registrácie alebo poskytovania osobných údajov.

Tabuľka 36 - Požadované vlastnosti aplikácie pre verejnosť

Dashboardy a vizualizácie

Dashboardy a vizualizácie predstavujú kľúčovú vrstvu pre prezentáciu a interpretáciu dát zo systému riadenia verejného osvetlenia. Tieto nástroje transformujú komplexné technické údaje a prevádzkové informácie do prehľadných, ľahko interpretovateľných vizuálnych formátov, ktoré umožňujú rýchle pochopenie aktuálneho stavu systému a identifikáciu trendov či problémových oblastí. Dashboardy sú navrhnuté pre rôzne cieľové skupiny - od technických operátorov a manažérov až po vedenie mesta a verejnosť, pričom každá skupina má prístup k vizualizáciám prispôbeným jej potrebám a úrovni detailu.

Systém poskytuje niekoľko typov dashboardov - operatívne dashboardy pre dispečerov zobrazujúce real-time stav systému a aktuálne alarmy, analytické dashboardy pre manažment s dlhodobými trendmi a KPI ukazovateľmi, a verejné dashboardy prezentujúce agregované informácie

občanom v rámci konceptu transparentnosti a OpenData. Všetky vizualizácie sú interaktívne s možnosťou drill-down analýz, filtrovania a exportu dát do rôznych formátov pre ďalšie spracovanie.

Kľúčové typy dashboardov a vizualizácií zahŕňajú:

- **Operatívny a monitorovací dashboard** – real-time prehľad aktuálneho stavu komponentov VO, mapa s farebným rozlíšením zariadení, panel kritických alarmov, aktuálna spotreba energie a počet aktívnych svietidiel, zoznam neriešených porúch s prioritami
- **Energetický dashboard** – prehľad spotreby elektrickej energie v čase, porovnanie skutočnej spotreby s plánovanou a historickou spotrebou, identifikácia oblastí s najvyššou spotrebou a potenciálom úspor, vizualizácia vplyvu adaptívneho riadenia a dimmingu na spotrebu, kalkulácia úspor a návratnosti investícií do modernizácie
- **Poruchový a servisný dashboard** – štatistiky poruchovosti s rozdelením podľa typu poruchy a lokality, časová analýza riešenia porúch s meraním dodržiavania SLA, heatmapa problematických oblastí vyžadujúcich zvýšenú pozornosť
- **Manažérsky a verejný dashboard** – komplexné KPI ukazovatele (MTBF, MTTR, dostupnosť, efektivita), finančné prehľady nákladov na prevádzku a údržbu, verejné OpenData s anonymizovanými agregovanými dátami, interaktívne mapy a štatistiky pre občanov, informácie o projektoch modernizácie

Všetky dashboardy sú responzívne a prispôsobené pre zobrazenie na rôznych zariadeniach od veľkých monitorov v riadiacom centre až po tablety a smartfóny. Vizualizácie sú navrhnuté s dôrazom na prehľadnosť a rýchlu interpretáciu dát, využívajúc štandardizované farby, ikony a typy grafov. Systém umožňuje aj vytvorenie vlastných dashboardov s možnosťou výberu widgetov, nastavenia filtrov a uloženia personalizovaných pohľadov.

Kategória	Požiadavky
Všeobecné požiadavky na dashboardy	Responzívny dizajn pre rôzne zariadenia, real-time aktualizácia s konfigurovateľnou frekvenciou, export do PDF/PNG/Excel/CSV, ukladanie vlastných pohľadov.
Operatívny dashboard	Mapa mesta s farebnými indikátormi, real-time čítadlá kľúčových metrík, panel alarmov, zoznam udalostí, rýchly prístup k funkciám.
Energetický dashboard a analýzy	Vizualizácia spotreby v čase, porovnanie s plánom a históriou, rozloženie spotreby podľa lokalít, kalkulácia úspor, projekcia budúcej spotreby.
Poruchový a servisný dashboard	Štatistiky poruchovosti podľa typu a lokality, časová analýza riešenia s meraním SLA, heatmapa problémových oblastí, trendy poruchovosti.
Manažérsky dashboard a KPI	KPI ukazovatele (MTBF, MTTR, dostupnosť), finančné prehľady, ROI analýzy, benchmarking, reporty pre vedenie.
Verejný OpenData dashboard	Anonymizované dáta pre verejnosť, interaktívna mapa, základné štatistiky, časové trendy, environmentálne ukazovatele.
Personalizácia a konfigurácia	Vytváranie vlastných dashboardov skladaním widgetov, drag&drop rozhranie, ukladanie pohľadov, zdieľanie dashboardov.

Tabuľka 37 - Požadované vlastnosti pre dashboardy a vizualizácie

Bezpečnostná vrstva

Bezpečnostná vrstva implementuje viacúrovňový obranný model (defense in depth) pre komplexnú ochranu dát, komunikácií, aplikácií a infraštruktúry. Vychádza z princípu "zero trust" - dôvera musí byť kontinuálne overovaná pre každý prístup k systému. Bezpečnostné mechanizmy sú implementované na všetkých úrovniach od sieťovej infraštruktúry, cez aplikačnú vrstvu, až po koncové zariadenia a používateľov, v súlade s požiadavkami na ochranu kritickej infraštruktúry.

BEZPEČNOSTNÁ VRSTVA

HTTPS/SSL • Autentifikácia • Šifrovanie TLS • Session Management • Firewall & IDS/IPS

Kľúčové oblasti bezpečnostnej vrstvy:

- **Autentifikácia, autorizácia a správa identít** – centralizovaný IAM systém s podporou MFA, SSO a integráciou s Active Directory/LDAP, granulárny RBAC/ABAC systém oprávnení s princípom najmenších privilégií, dynamická kontrola prístupu s kontextovými podmienkami, audit log prihlásení a autentifikačných pokusov
- **Autorizácia a kontrola prístupu (RBAC/ABAC)** – jemne granulárny systém oprávnení založený na rolách (RBAC) s možnosťou rozšírenia o atribútovo-založenú kontrolu prístupu (ABAC). Princíp najmenších privilégií (principle of least privilege) s definíciou rolí, skupín a individuálnych oprávnení na úrovni funkcií, dát aj operácií. Dynamická kontrola prístupu s kontextovými podmienkami (čas, lokácia, typ zariadenia) a hierarchická delegácia oprávnení.
- **Šifrovanie a kryptografická ochrana** - end-to-end šifrovanie komunikácie pomocou TLS 1.3, kryptografické hashové funkcie pre heslá (bcrypt, Argon2), správa šifrovacích kľúčov s rotáciou a HSM pre kriticke kľúče, certificate-based authentication pre B2B integrácie
- **Sieťová a aplikačná bezpečnosť** - segmentácia siete do bezpečnostných zón s firewall pravidlami, IDS/IPS pre detekciu a blokovanie útokov, VPN tunely pre vzdialený prístup, implementácia OWASP Top 10 protiopatrení, validácia vstupných údajov.
- **Monitoring, logging a riešenie udalostí** – real-time alerting pri bezpečnostných incidentoch, audit trails všetkých prístupov k citlivým dátam, immutable audit log s kryptografickou verifikáciou, plán riešenia udalostí s definovanými procedúrami a eskalačnými postupmi

Bezpečnostná vrstva je navrhnutá ako living systém, ktorý sa kontinuálne vyvíja v reakcii na nové hrozby, zraniteľnosti a zmeny v regulačnom prostredí. Pravidelné školenia o kybernetickej bezpečnosti pre zamestnancov, vulnerability management program a bug bounty program sú súčasťou komplexnej bezpečnostnej stratégie.

Kategória	Požiadavky
Autentifikácia a IAM	MFA s podporou SMS, authenticator aplikácií, biometrie a hardvérových tokenov, SSO integrácia (AD, LDAP, SAML, OAuth, OpenID Connect), silné politiky hesiel, session management, audit log.
Autorizácia a RBAC	Riadenie prístupu založené na používateľských rolách s hierarchiou, jemne členené oprávnenia na úrovni objektov a operácií, atribútová kontrola prístupu s

Kategória	Požiadavky
	kontextovými podmienkami, princíp minimálnych privilégií, auditná stopa zmien oprávnení.
Šifrovanie dát	Zabezpečený protokol TLS pre všetky komunikácie, koncové šifrovanie citlivých dát, kryptografické funkcie bcrypt/Argon2 pre heslá, overovanie založené na certifikátoch, kryptografické vymazávanie dát.
Sieťová bezpečnosť	Segmentácia siete (DMZ, aplikačná a databázová vrstva), firewall, systémy na detekciu a prevenciu vniknutia, VPN pre vzdialený prístup, ochrana proti distribuovaným útokom, riadenie prístupu k sieti.
Aplikačná bezpečnosť	Ochrana proti najčastejším zraniteľnostiam (OWASP Top 10), validácia vstupných údajov, statická a dynamická analýza bezpečnosti kódu v procese priebežného nasadzovania.
API bezpečnosť	Autorizačný protokol OAuth 2.0 a bezpečnostné tokeny JWT, prístupové kľúče s obmedzením frekvencie požiadaviek, podpisovanie požiadaviek (HMAC), obojstranné overovanie TLS, politika zdieľania zdrojov medzi doménami, detekcia zneužívania rozhrania.

Tabuľka 38 - Požadované vlastnosti bezpečnostnej vrstvy

Úroveň softvérovej platformy

Úroveň softvérovej platformy predstavuje jadro systému riadenia verejného osvetlenia a obsahuje aplikačné komponenty, business logiku a funkčné moduly pre riadenie osvetlenia, správu porúch, energetický manažment a analytiku. Platforma je navrhnutá ako modulárna mikroslužbová architektúra, kde každý modul môže byť vyvíjaný, nasadzovaný a škálovaný nezávisle, pričom komunikuje cez dobre definované API rozhrania.

Centrálnou časťou je riadiaca a monitorovacia platforma zabezpečujúca komunikáciu s terénnou infraštruktúrou, real-time monitoring zariadení, vzdialené riadenie a správu harmonogramov. Okolo nej sú organizované špecializované funkčné moduly: **pasportizačný** (evidencia infraštruktúry s dokumentáciou a GIS), **poruchový** (workflow spracovania porúch), **energetický** (monitoring spotreby a vyhodnocovanie úspor), **senzorický** (integrácia dát zo senzorov pre adaptívne riadenie) a **AI analytický** (prediktívna údržba, detekcia anomálií, optimalizácia).

Moduly sú prístupné cez integračnú API vrstvu zabezpečujúcu autentifikáciu, autorizáciu a transformáciu dát. Dáta sú ukladané v dátovej vrstve s polyglot persistence prístupom. Celá platforma je chránená bezpečnostnou vrstvou proti kybernetickým hrozbám a môže byť nasadená on-premise, v cloude alebo hybridne s podporou kontajnerizácie a automatického škálovania.

Centrálna riadiaca a monitorovacia platforma

Centrálna riadiaca a monitorovacia platforma zabezpečuje základné funkcie pre vzdialené riadenie, monitoring a správu infraštruktúry verejného osvetlenia. Poskytuje jednotné centrálné rozhranie pre správu tisícov svietidiel a stoviek rozvádzačov s možnosťou individuálneho aj hromadného ovládania zariadení.

Systém v reálnom čase monitoruje stav pripojených zariadení, zbiera telemetrické dáta o spotrebe energie a prevádzkových parametroch, automaticky detekuje poruchy a generuje alarmy. Platforma implementuje inteligentné algoritmy pre automatické riadenie osvetlenia na základe astronomických časov, senzorov, harmonogramov a prevádzkových scenárov, čím dosahuje optimálnu rovnováhu medzi kvalitou osvetlenia, bezpečnosťou a energetickou efektívnosťou.



Platforma je postavená na mikroslužbovej architektúre so šiestimi kľúčovými modulmi: **riadenie VO** (komunikácia s terénou infraštruktúrou a vzdialené ovládanie), **udalosti** (spracovanie alarmov a poruchových stavov v reálnom čase), **harmonogramy** (automatické riadenie osvetlenia podľa časových a senzorických podmienok), **správa komunikácie senzorickej siete** (integrácia rôznych typov senzorov pre adaptívne riadenie a SMART City aplikácie), **automatizácia a reporting** (prehľady, štatistiky, trendové analýzy) a **správa používateľov** (bezpečný prístup s granulárnym systémom oprávnení).

Všetky moduly sú navzájom úzko integrované a zdieľajú spoločný dátový model pre konzistenciu informácií. Platforma je navrhnutá pre vysokú dostupnosť s redundanciou kritických komponentov a automatickými failover mechanizmami.

Modul riadenia VO

Riadiaci systém verejného osvetlenia umožňuje centrálnu aj lokálnu ovládanie svietidiel. Systém monitoruje stav zariadení, zaznamenáva spotrebu energie, detekuje poruchy a umožňuje vzdialenú konfiguráciu. Systém riadi svietidlá podľa časového harmonogramu, astronomických hodín, senzorov a preddefinovaných scenárov. Podporuje stmievanie podľa dennej doby a dopravnej aktivity. Pri výpadku komunikácie zabezpečuje záložný režim prevádzky. Komunikácia je zabezpečená šifrovanými protokolmi s možnosťou vzdialenej aktualizácie. Systém je kompatibilný s ďalšími SMART City riešeniami a poskytuje prehľadné užívateľské rozhranie pre správu.

Kategória	Požiadavky
Centrálnu a lokálne riadenie	Lokálne (na mieste) a vzdialené ovládanie riadiacich prvkov. Obojsmerná zabezpečená komunikácia pre prenos dát, alarmov, telemetrie a príkazov. Real-time monitoring stavu.
Konfigurácia a správa jednotiek	Vytváranie a správa konfigurácií z centrálného miesta. Správa FW verzií a aktualizácií. Verziovanie konfigurácie s možnosťou rollback.
Online monitoring a komunikácia	Monitoring stavu zariadení a poruchových stavov online. Obojsmerná zabezpečená komunikácia s primárnym využitím existujúcej infraštruktúry.
Detekcia porúch a alarmov	Detekcia poruchových stavov a alarmov. Automatické vytváranie poruchových hlásení s prepojením na poruchový modul. Konfigurovateľné pravidlá pre klasifikáciu závažnosti.

Kategória	Požiadavky
Vizualizácia	Vizualizácia prvkov VO na mapovom podklade s ich vlastnosťami. Zobrazenie porúch s farebným rozlíšením. Interaktívna mapa, filtrovanie, dashboard.
Riadenie svietenia	Ovládanie svietenia podľa časov, astronomických hodín, kalendárov a senzorov. Podpora časových harmonogramov a prevádzkových scenárov. Prioritné ovládanie skupín.
Riadenie stmievania	Stmievanie podľa dennej doby, dopravnej aktivity, okolitého osvetlenia. Plynulá regulácia výkonu. Profily stmievania pre rôzne typy komunikácií.
Harmonogramy a scenáre	Tvorba harmonogramov svietenia a stmievania, definícia časov svietenia, stmievania intenzít, zapojenie senzorov a externých udalostí na vyvolanie scenárov osvetlenia. Kalendár s možnosťou definovania víkendov, sviatkov a špeciálnych dní. Podpora pre opakujúce sa aj jednorazové udalosti.
Audit a archivácia	Archivácia nastavení harmonogramov s verziovaním a rollback. Audit log všetkých zmien. História vykonania scenárov. Reporty o využití.

Tabuľka 39 - Požadované vlastnosti pre modul riadenia VO

Modul udalostí

Modul udalostí zabezpečuje zber a spracovanie informácií o prevádzkovom stave sústavy v reálnom čase. Systém zbiera dáta z jednotlivých zariadení, rozlišuje bežné prevádzkové hlásenia od poruchových stavov a generuje prehľadné informácie o stave infraštruktúry.

Modul automaticky detekuje poruchy a generuje alarmy pri odchýlkach od normálnej prevádzky (výpadok svetidla, porucha napájania, zmena parametrov). Systém notifikácií informuje zodpovedné osoby prostredníctvom e-mailu, SMS alebo push notifikácií, čím sa zabezpečuje včasná reakcia na vzniknuté situácie.

Modul udalostí prispieva k efektívnemu a spoľahlivému fungovaniu verejného osvetlenia, umožňuje priebežné sledovanie prevádzky, zlepšuje prehľad o stave infraštruktúry a podporuje plánovanie údržby a modernizácie osvetľovacej sústavy v rámci širšej koncepcie inteligentného riadenia mesta.

Kategória	Požiadavky
Spracovanie v reálnom čase	Udalosti zo systému spracovávané v reálnom čase s latenciou do 5 sekúnd. Event-driven architektúra s podporou pre vysokú priepustnosť. Prioritizácia kritických udalostí.
Zber a evidencia udalostí	Zber prevádzkových udalostí zo všetkých zariadení. Štruktúrované ukladanie s časovou pečiatkou, zdrojom a typom udalosti. Zachovanie histórie pre audit a analýzu.

Kategória	Požiadavky
Klasifikácia a kategorizácia	Automatická klasifikácia udalostí do kategórií (informačné, varovanie, chyba, kritická). Rozpoznávanie vzorcov a korelácií. Filtrovanie redundantných udalostí. Agregácia podobných udalostí.
Detekcia porúch a anomálií	Automatická detekcia porúch na základe pravidiel, prahových hodnôt a historických vzorcov. Identifikácia abnormálnych vzorcov. Prediktívna detekcia potenciálnych problémov.
Generovanie a správa alarmov	Automatické generovanie alarmov pri kritických udalostiach. Prioritizácia podľa závažnosti. Eskalácia nevyriešených alarmov. Možnosť manuálneho vytvorenia alarmov.
Životný cyklus alarmov	Správa životného cyklu alarmu od vytvorenia po uzavretie. Tracking stavu alarmu s časovými pečiatkami. Možnosť komentárov a pripojenia dokumentácie. Automatické zatváranie po vyriešení.
Notifikácie a alerting	Multi-kanálové notifikácie (e-mail, SMS, push, webhook). Konfigurovateľné pravidlá pre routing notifikácií. Eskalácia pri nedostatočnej reakcii.
Historická evidencia a analytika	Evidencia všetkých udalostí s možnosťou vyhľadávania a filtrovania. Časové analýzy a trendy. Štatistiky o najčastejších poruchách a problematických zariadeniach. Export dát.
Vizualizácia	Real-time dashboard s prehľadom aktívnych alarmov a trendov. Interaktívna mapa s lokáciami problémov. Timeline view. Grafy a charty. Farebné indikátory.
Integrácia a API	RESTful API pre prístup k udalostiam z externých systémov. Webhook podpora pre push notifikácie. Integrácia s poruchovým modulom.

Tabuľka 40 - Požadované vlastnosti pre modul udalostí

Modul harmonogramy

Modul harmonogramov zabezpečuje automatické a adaptívne riadenie osvetlenia na základe časových a prevádzkových podmienok. Cieľom je dosiahnuť optimálnu úroveň osvetlenia pri zachovaní energetickej efektívnosti. Základom je riadenie podľa astronomického kalendára, ktorý systém automaticky generuje na základe GPS polohy. Kalendár je možné upravovať pre konkrétne dni, sviatky a udalosti. Modul podporuje tvorbu prevádzkových scenárov definujúcich správanie osvetlenia v rôznych časových intervaloch a pri špecifických situáciách. Systém umožňuje adaptívne riadenie, pri ktorom sa intenzita osvetlenia mení podľa údajov zo senzorov (pohyb, doprava, intenzita okolitého svetla, počasie), čím sa zabezpečuje efektívne využívanie energie pri zachovaní požadovanej úrovne osvetlenia.

Kategorie	Požadavky
Astronomický kalendář	Riadenie definované časmi súmraku a úsvitu podľa GPS súradníc. Automatické generovanie kalendára. Možnosť offsetov pred a po súmraku/úsvite.
Časové harmonogramy	Nastavitelné časy zapnutia a vypnutia pre jednotlivé dni, pracovné dni, víkendy a sviatky. Možnosť výnimiek zo štandardného režimu. Podpora pre opakujúce sa aj jednorazové harmonogramy.
Stmievacie profily	Definícia stmievania pre skupiny svietidiel. Rôzne intenzity v priebehu svietenia s plynulými prechodmi. Časovo závislé stmievanie.
Prevádzkové scenáre	Definovanie scenárov pre rôzne situácie (štandardná prevádzka, nočný útlm, akcia, núdzový režim). Obsluha akcií na externé udalosti. Možnosť kombinácie podmienok a akcií. Prioritizácia scenárov.
Adaptívne riadenie	Zapojenie snímačov intenzity osvetlenia, pohybu a meteorologických podmienok. Možnosť lokálneho riadenia rozvádzača senzormi. Riadenie skupiny rozvádzačov prostredníctvom skupiny snímačov.
Skupinové riadenie	Definovanie logických skupín nezávislých na fyzickom zapojení. Hierarchická štruktúra skupín. Hromadné priradovanie harmonogramov. Override pre individuálne svietidlá.
Konfigurácia a správa	Centrálna aj lokálna konfigurácia. Grafický editor s drag&drop. Validácia konfliktov. Testovací režim. Import/export harmonogramov.
Záložný režim	Záložný režim garantujúci základné osvetlenie pri výpadku komunikácie. Lokálne uloženie harmonogramu v riadiacich jednotkách. Automatický prechod do záložného režimu.
Archivácia a audit	Archivácia nastavení s verziovaním a rollback. Audit log všetkých zmien. História vykonania scenárov. Reporty o využití a efektívite.

Tabuľka 41 - Požadované vlastnosti pre modul harmonogramov

Modul správy komunikácie senzorickej siete

Modul senzorickej siete transformuje infraštruktúru verejného osvetlenia na senzorickú platformu, ktorá zbiera a spracováva dáta z rôznych typov senzorov. Modul integruje pohybové senzory, senzory osvetlenia, meteorologické stanice, dopravné detektory, parkovacie senzory a monitory kvality ovzdušia do jednotného systému.

Hlavným prínosom je schopnosť reagovať na aktuálne podmienky v reálnom čase. Pohybové senzory detekujú prítomnosť chodcov alebo vozidiel a spúšťajú lokálny prísvit, čím sa dosahujú energetické úspory pri zachovaní bezpečnosti. Meteorologické senzory poskytujú informácie o počasi, ktoré môžu ovplyvniť požiadavky na osvetlenie.

Modul podporuje rôzne komunikačné protokoly (MQTT, LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee) a poskytuje jednotné API rozhranie. Dáta sú v reálnom čase spracovávané a validované, systém automaticky detekuje anomálie a výpadky senzorov.

Kategória	Požiadavky
Integrácia senzorov	Podpora pre rôzne typy senzorov (pohyb, osvetlenie, počasie, doprava, parkovanie, kvalita ovzdušia). Multi-protocol support (MQTT, CoAP, LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee, Modbus). Plug-and-play integrácia s auto-discovery.
Real-time spracovanie	Zber a spracovanie dát v reálnom čase s nízkou latenciou. Stream processing pre kontinuálnu analýzu. Edge computing pre lokálne spracovanie. Agregácia a decimácia dát.
Adaptívne riadenie	Využitie senzorických dát pre dynamické riadenie osvetlenia. Pohybom riadené prísivty v oblastiach s nízkou aktivitou. Prispôsobenie intenzity podľa okolitého osvetlenia a meteorologických podmienok.
Geografická analytika	Priestorová analýza senzorických dát s GIS integráciou. Heat maps intenzity pohybu, dopravy, znečistenia. Clustering analýzy pre identifikáciu hot-spots.
Historická evidencia	Ukladanie historických senzorických dát do time-series databázy s efektívnou kompresiou. Konfigurovateľné retention policy
Analytika a reportovanie	Štatistické analýzy senzorických dát (priemery, minimá, maximá, štandardné odchýlky). Identifikácia trendov a sezónnych vzorcov v dátach. Korelačné analýzy medzi rôznymi typmi senzorov a osvetlením. Reporty o využití adaptívneho riadenia a dosiahnutých úsporách. Heatmapy a vizualizácie priestorového rozloženia meraní.
SMART City integrácia	Export senzorických dát pre externe SMART City aplikácie. Open Data publikácia vybraných datasetov. API pre third-party aplikácie. Prepojenie s dopravnými systémami, parkovaním, waste management.
Konfigurácia a správa	Centralizovaná správa konfigurácie senzorov s možnosťou hromadných aktualizácií. Definovanie sampling rates, reporting intervals a thresholds pre jednotlivé senzory. Zoskupovanie senzorov do logických celkov pre spoločnú správu. Vzdialená diagnostika a troubleshooting senzorov. OTA (Over-The-Air) firmware aktualizácie pre podporované zariadenia.

Tabuľka 42 - Požadované vlastnosti pre modul senzorickej siete

Modul automatizácie a reportingu

Modul reportovania a analytiky poskytuje nástroje pre analýzu a prezentáciu dát o prevádzke systému verejného osvetlenia. Transformuje surové dáta z monitoringu, telemetrie a energetickej spotreby do zmysluplných informácií, trendov a reportov, ktoré podporujú operatívne rozhodovanie a strategické plánovanie. Systém automaticky generuje pravidelné reporty (denné, týždenné, mesačné, ročné) podľa preddefinovaných šablón a umožňuje vytváranie ad-hoc reportov na základe špecifických

požiadaviek. Reporty obsahujú štatistiky o spotrebe energie, poruchovosti, výkonnosti systému a ďalších kľúčových metrikách. Modul podporuje export reportov do rôznych formátov (PDF, Excel, CSV) a ich automatické distribúcie e-mailom. Analytická časť poskytuje nástroje pre trendové analýzy, porovnávacie štúdie a identifikáciu anomálií. Interaktívne dashboards umožňujú vytvárať vlastné pohľady na dáta s možnosťou drill-down analýz.

Kategória	Požiadavky
Automatizované reportovanie	Automatické generovanie pravidelných reportov podľa preddefinovaných šablón. Konfigurovateľné obsahy reportov s výberom metrik a časových období. Naplánované doručovanie reportov e-mailom. Šablóny reportov pre rôzne cieľové skupiny.
Export a distribúcia	Export reportov vo viacerých formátoch (PDF, Excel, CSV, HTML). Automatická distribúcia e-mailom. Ukladanie do centrálného úložiska s verziovaním. Rozhranie API pre programový prístup.
Energetická analytika	Analýzy spotreby energie s rozdelením podľa mestských častí, ulíc a časových období. Porovnanie skutočnej spotreby s plánovanou. Identifikácia potenciálu úspor. Kalkulácia úspor dosiahnutých modernizáciou a adaptívnym riadením.
Poruchová analytika	Štatistiky poruchovosti s rozdelením podľa typu poruchy, lokality a časového obdobia. Analýza MTBF a MTTR. Identifikácia problematických zariadení a lokalít. Trendy poruchovosti.
KPI dashboards	Prehľadové panely s kľúčovými výkonnostnými ukazovateľmi v reálnom čase. Prispôsobiteľné prehľadové panely s možnosťou výberu widgetov. Možnosť podrobného prehľadovania analýzy. Automatické obnovenie. Farebné indikátory.
Trendové analýzy	Identifikácia dlhodobých trendov v spotrebe energie a poruchovosti. Analýza časových radov s vizualizáciou vývoja. Sezónna dekompozícia. Predikatívne modely pre predpoveď. Detekcia anomálií.
Benchmarking	Porovnávanie výkonnosti rôznych mestských častí alebo typov zariadení. Prístup na základe najlepších praktík.
Finančná analytika	Prehľad nákladov na prevádzku, údržbu, energie a investície s rozdelením podľa položiek a časových období. Analýzy návratnosti investícií pre projekty modernizácie a úspor. Sledovanie rozpočtu.

Tabuľka 43 - Požadované vlastnosti pre modul reportovania a analytiky

Modul správy používateľov

Modul správy používateľov a oprávnení zabezpečuje bezpečný prístup k systému s implementáciou princípu najmenších privilégií. Každý používateľ má prístup len k funkciám a dátam nevyhnutným pre jeho pracovnú rolu. Systém implementuje role-based access control (RBAC) model s

preddefinovanými rolami (administrátor, operátor, technik, pozorovateľ) a možnosťou vytvorenia vlastných rolí. Každá rola má definované oprávnenia na úrovni funkcií, dát a operácií. Modul podporuje hierarchickú štruktúru rolí s dedením oprávnení. Autentifikácia používateľov je zabezpečená viacerými metódami vrátane lokálnych účtov so silnými heslami, integrácie s Active Directory/LDAP a multi-factor authentication (MFA) pre kritické operácie. Audit trail zaznamenáva všetky používateľské aktivity pre účely bezpečnosti.

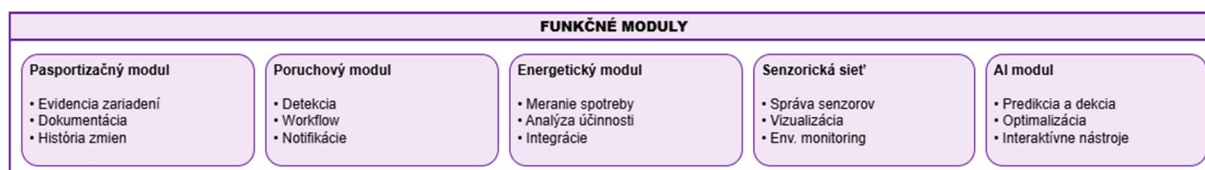
Kategória	Požiadavky
Správa používateľov	Centralizovaná správa používateľských účtov s možnosťou vytvárania, úpravy, deaktivácie. Samoobslužná registrácia so schvaľovacím procesom. Používateľské profily s kontaktnými informáciami. Správa životného cyklu účtov s automatickou deaktiváciou neaktívnych účtov.
Autentifikácia	Viacmetódová autentifikácia - lokálne účty, Active Directory/LDAP, SAML 2.0, OAuth 2.0. Prísne politiky hesiel. Viacfaktorová autentifikácia pre privilegované účty. Správa relácie používateľov. Proces obnovy hesla.
Role-based access control	Preddefinované role (Systémový administrátor, Operátor, Technik, Pozorovateľ) s definovanými oprávneniami. Vlastné role s jemne členenými oprávneniami. Hierarchická štruktúra rolí s dedením oprávnení. Možnosť priradenia viacerých rolí.
Autorizácia a permissions	Jemne členené oprávnenia na úrovni objektov a operácií (čítanie, zápis, vykonávanie, mazanie). Atribútová kontrola prístupu s kontextovými podmienkami. Bezpečnosť na úrovni dát - prístup len k zariadeniam v priradených lokalitách. Bezpečnosť na úrovni funkcií - zobrazenie len povolených položiek menu a funkcií.
Audit a compliance	Kompletný audit všetkých používateľských aktivít (prihlásenie/odhlásenie, príkazy, zmeny). Nemeniteľné auditné záznamy. Podrobné zaznamenávanie s údajmi o používateli, časovej značke, akcii a IP adrese. Uchovávanie auditných záznamov minimálne 2 roky.
Access reviews	Periodické preverovanie prístupov so schvaľovacím procesom. Automatické notifikácie. Identifikácia nepoužívaných účtov. Prioritizácia na základe rizika. Potvrdzujúce správy. Proces odoberania oprávnení.
Single Sign-On	Integrácia jednotného prihlásenia s podnikovými poskytovateľmi identít (Active Directory, Azure AD, Okta). Podpora SAML 2.0 a OAuth 2.0/OpenID Connect. Automatické vytváranie používateľov pri prihlásení.
Bezpečnostné politiky	Konfigurovateľné bezpečnostné politiky - zložitosť hesiel, časové limity relácie, limity pokusov o prihlásenie. Zoznam povolených IP adries.

Kategória	Požiadavky
Self-service vlastnosti	Obnova hesla s viacstupňovým overením. Správa používateľského profilu. Nastavenia notifikácií - email, SMS, push notifikácie. Dvojfaktorová autentifikácia.

Tabuľka 44 - Požadované vlastnosti pre modul správy

Funkčné moduly

Funkčné moduly predstavujú špecializované aplikačné komponenty systému riadenia verejného osvetlenia, ktoré rozširujú základnú funkčnosť centrálnej platformy o pokročilé schopnosti v špecifických oblastiach správy, údržby, analýzy a optimalizácie prevádzky. Moduly sú navrhnuté ako samostatné, loosely coupled aplikácie, ktoré môžu byť nasadené, aktualizované a škálované nezávisle na jadre systému. Komunikujú prostredníctvom štandardizovaných API rozhraní. Každý modul rieši špecifickú funkčnú doménu s vlastným dátovým modelom, business logikou a používateľským rozhraním prispôbeným potrebám cieľovej skupiny používateľov. Architektúra je založená na princípe separation of concerns - každý modul zodpovedá za jasnú oblasť zodpovednosti. Moduly môžu fungovať autonómne, ale zároveň sa integrujú s ostatnými modulmi a centrálnou platformou pre výmenu dát. Tento prístup umožňuje mestám vybrať a implementovať len potrebné moduly a postupne rozširovať funkčnosť systému.



Funkčné moduly pokrývajú šesť kľúčových oblastí:

- **Pasportizačný modul** - evidencia všetkých prvkov infraštruktúry
- **Poruchový modul** - správa životného cyklu porúch a servisných zásahov
- **Energetický modul** - monitoring a analýza spotreby energie
- **Modul senzorickej siete** - komplexná správa smart senzorov a IoT zariadení
- **AI modul** - prediktívna údržba a optimalizácia

Všetky funkčné moduly sú úzko integrované s centrálnou riadiacou platformou a navzájom medzi sebou, pričom využívajú spoločné služby pre autentifikáciu, autorizáciu, logging, monitoring a notifikácie. Dáta z funkčných modulov sú dostupné v reportovacích a analytických nástrojoch pre vytvorenie komplexného prehľadu o prevádzke systému verejného osvetlenia naprieč všetkými funkčnými oblasťami.

Pasportizačný modul

Pasportizačný modul predstavuje centrálny systém evidence a správy majetku verejného osvetlenia, ktorý zabezpečuje kompletnú a aktuálnu evidenciu všetkých prvkov infraštruktúry vrátane svietidiel, stožiarov, výložníkov, rozvádzačov, káblov, technickej dokumentácie, fotografií a histórie zmien. Modul slúži ako "single source of truth" pre všetky informácie o fyzických a logických

komponentoch systému verejného osvetlenia a poskytuje základ pre všetky ostatné moduly systému, ktoré využívajú pasportizačné dáta pre svoje funkcie.

Systém umožňuje evidenciu a udržanie aktuálneho stavu prvkov VO, ich parametrov, vlastností a vzťahov. Obsahuje evidenciu všetkých možných parametrov, dokumentov a fotografií. Každý prvok infraštruktúry má svoj unikátny identifikátor, detailné technické parametre, geografickú lokalizáciu a dokumentáciu životného cyklu od inštalácie až po vyradenie z prevádzky.

Systém sleduje kompletný životný cyklus majetku od inštalácie až po vyradenie, vrátane záručných lehôt, údržby a modernizácie.

Kategória	Požiadavky
Evidencia prvkov infraštruktúry	Evidencia všetkých typov prvkov VO (svietidlá, stožiare, rozvádzače, káble, senzory). Hierarchická štruktúra s previazaním prvkov. Unikátna identifikácia s QR kódmi. Technické parametre (výkon, výrobca, rok výroby).
Geografická lokalizácia	GPS súradnice všetkých prvkov. Zobrazenie na mapovom podklade. Integrácia s GIS systémom mesta. Import/export geografických dát (GeoJSON, KML, Shapefile).
Technická dokumentácia	Ukladanie dokumentácie (datasheet, certifikáty, revízie). Verziovanie dokumentov. Kategorizácia a priradenie k zariadeniam. Správa expirácie dokumentov.
Fotodokumentácia	Priloženie fotografií k prvkom infraštruktúry. Automatické GPS a timestamp pri fotografovaní. Kategorizácia fotografií (inštalácia, porucha, po oprave).
História a audit trail	História zmien pre každý prvok (kto, kedy, čo). Tracking inštalácií, modernizácií, servisných zásahov. Audit trail prístupov a modifikácií.
Lifecycle management	Správa životného cyklu od plánovania po vyradenie. Tracking záručných lehôt s alertingom.
Vyhľadávanie a filtrovanie	Full-text vyhľadávanie v pasportizačných dátach. Filtrovanie podľa typu, lokality, stavu, výrobcu. Spatial search. Export výsledkov.
Mobilný prístup	Mobilná aplikácia pre terénne aktualizácie. QR skenovanie. GPS tracking. Offline mód. Photo capture. Sync s centrálnym systémom.
Import/export a integrácie	Bulk import z Excel, CSV. Export do rôznych formátov. API rozhranie. (Všeobecná funkcia systému, nie špecifická pre pasportizáciu)
Reportovanie a analytika	Reporty o stave majetku. Custom report builder. Štatistické analýzy. Dashboard s KPIs. (Všeobecná funkcia systému, dostupná cez reportovaciu vrstvu)

Tabuľka 45 - Požadované vlastnosti pre pasportizačný modul

Poruchový modul

Poruchový modul zabezpečuje správu celého životného cyklu porúch od nahlásenia po uzavretie pracovného príkazu. Modul koordinuje prácu servisných tímov, riadi spotrebu materiálu a zabezpečuje dodržiavanie SLA. Systém prijíma hlásenia z viacerých zdrojov: automatická detekcia zo zariadení, nahlásenie občanmi (web, mobil, QR kód), dispečing, alebo manuálne vytvorenie. Všetky hlásenia sú automaticky kategorizované a inteligentne priradené technikom podľa lokality, typu poruchy a dostupnosti. Modul implementuje workflow s definovanými stavmi pracovných príkazov a automatickými notifikáciami. Technici používajú mobilnú aplikáciu pre príjem príkazov, navigáciu, záznam prác, spotrebovaného materiálu a fotodokumentáciu. Poruchové stavy sú vizualizované tabuľkovo aj na mape s farebným rozlíšením.

Kategória	Požiadavky
Príjem hlásení porúch	Multi-channel príjem (automatická detekcia, občania, dispečing). Automatické priradenie unikátneho ID. Detekcia duplicit s inteligentným zlučovaním. Kategorizácia priority (kritická, vysoká, stredná, nízka).
Workflow pracovných príkazov	Definované stavy príkazu (nové, priradené, v ceste, na mieste, v riešení, vyriešené). Automatické pridelenie technikovi podľa lokality, typu poruchy a kompetencie. Eskalačné pravidlá pri nedodržaní SLA.
Mobilná servisná aplikácia	Skenovanie QR kódov pre identifikáciu zariadenia. Sledovanie polohy GPS a navigácia. Offline režim so synchronizáciou. Príchod/odchod so sledovaním času. Záznam prác, materiálu a fotodokumentácia.
Správa servisných tímov	Evidencia technikov s kontaktmi, zručnosťami a oblasťami pôsobnosti. Kalendár dostupnosti. Vyrovnávanie pracovnej záťaže. Správa zmien pre nepretržitý servis.
Materiál a náhradné diely	Automatický odpočet materiálu pri zásahu. Tracking spotreby po technikoch a lokalitách. Integrácia s pasportizačným modulom. Warning pri nízkych stavoch zásob.
SLA monitoring	Definovanie SLA pravidiel podľa priority poruchy (kritická, vysoká, stredná, nízka). Sledovanie v reálnom čase s farebnými indikátormi. Automatické upozornenie pri porušení.
Vizualizácia a reporting	Tabuľkový prehľad s pokročilým filtrovaním. Mapová vizualizácia s farebným odlíšením stavov. Real-time dashboard s KPIs. Heatmapa problematických oblastí.
Notifikácie a komunikácia	Automatické notifikácie pri zmenách stavu (email, SMS, push). Notifikácie pre občanov o prograse. Alerting pre manažment pri porušení SLA. Interný chat medzi technikmi a dispečingom.
Analytika a reportovanie	Štatistiky poruchovosti - počty, typy, trendy. Analýzy strednej doby medzi poruchami (MTBF) a strednej doby opravy (MTTR). Analýza hlavných príčin.

Kategória	Požiadavky
	Výkonnostné prehľady technikov. Prediktívna údržba. (Všeobecná analytická funkcia systému)
Integrácie	Automatické vytváranie príkazov z alarmov modulu udalostí. Prepojenie s pasportizačným modulom. Integrácia s GIS systémom pre routing. API rozhranie pre externé ticket systémy.

Tabuľka 46 - Požadované vlastnosti pre Poruchový a servisný modul

Energetický modul

Energetický modul poskytuje nástroje pre monitoring, analýzu a optimalizáciu spotreby elektrickej energie. Modul zbiera dáta o spotrebe zo svietidiel, rozvádzačov až po celé mestské časti. Dáta sú v reálnom čase spracovávané a zobrazované v prehľadných reportoch a dashboardoch.

Modul umožňuje identifikovať oblasti s najvyššou spotrebou, porovnávať skutočnú spotrebu s plánovanou, vyhodnocovať vplyv adaptívneho riadenia na úspory a kalkulovať finančné úspory. Systém automaticky detekuje anomálie v spotrebe indikujúce technické problémy alebo neefektívne nastavenia.

Modul podporuje verifikáciu úspor v súlade s metodikou IPMVP (International Performance Measurement & Verification Protocol) a poskytuje podklady pre energetické audity. Spracuje aj environmentálne ukazovatele ako redukciu emisií CO₂ a príspevok k udržateľnosti.

Kategória	Požiadavky
Zber energetických dát	Viacúrovňové meranie zo svietidiel, rozvádzačov a hlavných meracích bodov. Hodinové hodnoty pre operatívnu, denné/mesačné agregácie pre reportovanie. Prenos dát v reálnom čase s odozvou pod 1 minútu. Validácia kvality dát s detekciou odľahlých hodnôt.
Energetická analytika	Analýza spotreby podľa mestských častí, ulíc, rozvádzačov, typov svietidiel. Analýza časových radov s identifikáciou trendov a sezónnych vzorcov. Analýza profilu zaťaženia. Analýza špičkového odberu. Korelačná analýza s počasím a harmonogramami.
Benchmark a porovnania	Porovnanie skutočnej spotreby s plánovanou/rozpočítanou. Medziročné porovnania. Porovnávanie výkonnosti rôznych mestských častí. Normalizácia podľa počasia pre objektívne porovnanie.
Kalkulácia úspor	Referenčné merania pred modernizáciou. Automatický výpočet úspor z modernizácie LED a inteligentného riadenia. Úspory z adaptívneho riadenia a stmievania. Finančné vyjadrenie úspor.
Tarif a náklady	Správa tarif s viacúrovňovými tarifnými systémami (nízky/vysoký tarif, sezónne). Automatický výpočet nákladov. Alokácia nákladov na mestské časti a projekty. Sledovanie rozpočtu. Prognózovanie nákladov.

Tabuľka 47 - Požadované vlastnosti pre energetický modul

Senzorická sieť

Modul správy senzorickej siete zabezpečuje komplexnú správu SMART senzorov a IoT zariadení pripojených k infraštruktúre verejného osvetlenia (stožiare, napájanie, komunikácia). Riadi celý životný cyklus IoT zariadení od registrácie, cez konfiguráciu a monitoring, až po vyradenie z prevádzky.

Modul podporuje rôzne typy IoT zariadení: pohybové senzory, senzory osvetlenia, meteorologické stanice, dopravné detektory, parkovacie senzory, monitory kvality ovzdušia a ďalšie SMART prvky. Každý typ má vlastný device profile s definovanými vlastnosťami a komunikačnými protokolmi.

Systém poskytuje centralizované rozhranie pre správu konfigurácie s možnosťou hromadných aktualizácií a zoskupovanie zariadení. Monitoring zdravia zahŕňa tracking konektivity, úrovne batérií, silu signálu a kvality dát. Automatický alerting notifikuje o problémoch ako offline stav alebo nízke batérie.

Modul zabezpečuje správu firmware aktualizácie s OTA (Over-The-Air) aktualizáciami a rollback možnosťami. Security management zahŕňa overovanie zariadení, šifrovanú komunikáciu a credential rotation.

Kategória	Požiadavky
Device management	Centralizovaná evidencia IoT zariadení s technickými špecifikáciami a schopnosťami. Proces registrácie nových zariadení. Profily zariadení pre rôzne typy. Hromadné operácie. Zoskupovanie do logických celkov. Sledovanie životného cyklu od inštalácie po vyradenie z prevádzky.
Konfigurácia a provisioning	Vzdialená konfigurácia parametrov zariadení. Šablóny konfigurácie pre rýchle nastavenie. Verziovanie konfigurácie s možnosťou návratu. Validáčne pravidlá. Záznam zmien. Postupné nasadzovanie zmien.
Monitoring a health checks	Monitoring v reálnom čase, stav batérie, sila signálu. Automatické kontroly stavu. Výkonnostné metriky a sledovanie. Upozorňovanie pri problémoch.
Firmware management	Centrálna správa verzií firmvéru. Vzdušné aktualizácie (OTA - Over-The-Air).
Security management	Autentifikácia zariadení pomocou certifikátov alebo bezpečnostných kľúčov. Šifrovaná komunikácia (TLS, DTLS).
Zber dát a processing	Podpora komunikačných protokolov (MQTT, CoAP, HTTP, LoRaWAN, NB-IoT). Normalizácia a transformácia dát. Edge spracovanie. Stream spracovanie. Cloudové spracovanie.

Tabuľka 48 - Požadované vlastnosti pre modul správy senzorickej siete a IoT zariadení

AI modul

AI modul predstavuje inteligentnú vrstvu systému využívajúcu metódy umelej inteligencie, strojového učenia a pokročilej analýzy dát. Modul kontinuálne analyzuje historické aj real-time dáta zo

všetkých zdrojov systému (telemetria, poruchy, energia, senzory, počasie) a identifikuje vzory, trendy a anomálie.

Kľúčovou funkciou je prediktívna údržba, ktorá predikuje pravdepodobnosť vzniku poruchy na základe historických dát, veku zariadení a prevádzkových podmienok. Umožňuje prechod od reaktívnej k proaktívnej údržbe, čo znižuje náklady a minimalizuje výpadky.

Modul poskytuje optimalizáciu harmonogramov svietenia na základe dopravnej aktivity, pohybu chodcov a počasia. AI algoritmy nachádzajú optimálne nastavenia balansujúce bezpečnosť, komfort, energetické úspory a životnosť zariadení.

Detekcia anomálií využíva „unsupervised learning“ pre identifikáciu nezvyčajných vzorcov indikujúcich problémy alebo neefektívne nastavenia. NLP možnosti umožňujú analýzu textových hlásení od občanov a automatickú kategorizáciu problémov.

Kategória	Požiadavky
Prediktívna údržba	Modely strojového učenia pre predikciu pravdepodobnosti poruchy v horizonte 1-6 mesiacov. Hodnotenie rizika zariadení na základe veku, histórie porúch a prevádzkových podmienok. Prioritizovaný zoznam zariadení pre preventívnu výmenu. Odhad zostávajúcej životnosti kritických komponentov. Analýza hlavných príčin opakujúcich sa porúch.
Detekcia anomálií	Samoučiace algoritmy pre automatickú detekciu nezvyčajných vzorcov. Upozornenia na anomálie v reálnom čase s hodnotením závažnosti. Analýza správania - detekcia odchýlok od normálnej prevádzky. Rozpoznávanie sezónnych vzorcov. Viacrozmerná detekcia anomálií.
Optimalizácia harmonogramov	Posilňovacie učenie pre optimalizáciu časov svietenia a stmievacích profilov. Optimalizácia energie - minimalizácia spotreby pri zachovaní úrovne osvetlenia. Scenárové analýzy vplyvu zmien v nastaveniach. Viacúrovňová optimalizácia. Adaptívne učenie. Testovací rámec pre validáciu optimalizácií.
Forecasting a predikcie	Časové prognózovanie energetickej spotreby s intervalmi spoľahlivosti. Prognózovanie budúcej záťaže na systém. Modelovanie vplyvu počasia. Sezónne úpravy a rozklad trendov. Scenárové prognózovanie.
Natural Language Processing	Klasifikácia textov hlásení občanov - automatická kategorizácia. Analýza sentimentu. Rozpoznávanie pomenovaných entít. Funkcie chatbota pre časté otázky. Sémantické vyhľadávanie v dokumentácii. Automatické zhrnutie textov.
Odporúčací systém	Personalizované odporúčania pre rôzne roly. Kontextové odporúčania na základe aktuálnej situácie. Návrhy ďalších krokov. Identifikácia príležitostí na úsporu energie. Prioritizácia údržby. Návrhy na modernizáciu zariadení.
Integrácie a dáta	Prístup k historickým a real-time dátam systému. Integrácia s externými zdrojmi dát (počasie, doprava, udalosti). Dátové kanály pre extrahovanie,

Kategória	Požiadavky
	transformáciu, čistenie. Úložisko príznakov. Register modelov. Rozhrania pre poskytovanie predikcií.

Tabuľka 49 - Požadované vlastnosti pre AI a analytický modul

Dátová vrstva

Dátová vrstva zabezpečuje spoľahlivé ukladanie, správu a prístup k všetkým dátam systému. Je zodpovedná za trvalé uloženie dát, zachovanie integrity, výkon databázových operácií a efektívny prístup pre všetky komponenty systému. Systém využíva prístup viacerých typov databáz, kde rôzne typy dát sú ukladané v databázach optimalizovaných pre ich špecifické charakteristiky. Tento prístup maximalizuje výkon, škálovateľnosť a efektivitu ukladania dát.



Hlavné databázové subsystémy dátovej vrstvy:

- **Operačná relačná databáza** - primárna transakčná databáza pre aktuálne prevádzkové dáta (svietidlá, rozvážače, používatelia, pracovné príkazy, poruchy). Typicky PostgreSQL alebo MS SQL Server s podporou geografických dát.
- **Time-series databáza** - špecializovaná databáza pre časovo usporiadané dáta generované v pravidelných intervaloch (telemetria, spotreba energie, senzorové hodnoty). Typicky InfluxDB, TimescaleDB alebo Prometheus.
- **Dokumentová databáza** - flexibilná databáza pre semi-štruktúrované dáta (konfiguračné súbory, logy, audit záznamy, dokumentácia). Typicky MongoDB alebo Elasticsearch.
- **Vyrovnávací pamäť** - vysokorychlostná databáza pre cachovanie často používaných dát a dočasné ukladanie výsledkov. Typicky Redis alebo Memcached.
- **Súborové úložisko** - škálovateľné úložisko pre binárne súbory (fotodokumentácia, technické výkresy, reporty, zálohy). Typicky AWS S3, Azure Blob Storage, MinIO alebo Ceph.
- **Analytická databáza** - dátový sklad optimalizovaný pre analytické dotazy, reportovanie a business intelligence. Typicky PostgreSQL, ClickHouse alebo cloudové riešenia.

Kategória	Požiadavky
Operačná relačná databáza (OLTP)	Relačné databázové systémy s podporou geografických dát. Podpora transakcií pre konzistenciu. Komplexné dotazy, spájania, poddotazy. Optimalizácia indexov. Obmedzenia cudzích kľúčov. Fulltextové vyhľadávanie. Podpora JSON dát. Stream replikácia pre vysokú dostupnosť.

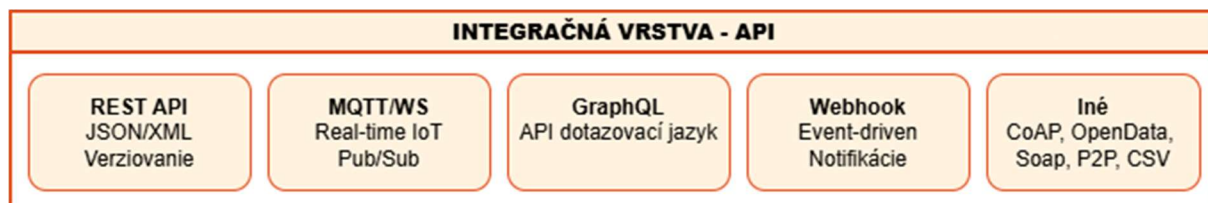
Kategória	Požiadavky
Časové rady databáza (Time Series DB)	Špecializovaná databáza časových radov optimalizovaná pre časovo usporiadané dáta. Vysoká priepustnosť zápisov – podpora pre 100 000+ zápisov/sekundu. Automatické politiky uchovávaní dát. Agregácie a vzorkovanie pre granularné dáta. Efektívne časové dotazy. Integrácia s Grafana pre vizualizácie.
Dokumentová databáza (Document Store)	Dokumentová/vyhľadávacia databáza. Flexibilná štruktúra s možnosťou evolúcie. Fulltextové vyhľadávanie s podporou slovenčiny (oddeľovanie kmeňov, tokenizácia). Horizontálne delenie pre škálovateľnosť. Sady replík pre vysokú dostupnosť. Natívny formát BSON/JSON.
Cache databáza (In-Memory Cache)	Vyrovňavacia pamäť v operačnej pamäti pre sub-milisekundovú odozvu. Podpora rôznych dátových štruktúr (reťazce, hašovacie tabuľky, zoznamy, množiny). Politiky vyradovania z cache. Správy pub/sub pre notifikácie v reálnom čase. Režim klastra pre horizontálne škálovanie.
Súborové úložisko	Objektové úložisko s prakticky neobmedzenou kapacitou. Verziovanie pre audit a obnovu. Politiky životného cyklu pre automatické presuny a mazanie. Šifrovanie na strane servera. Zoznamy prístupov a politiky pre jemne granularné oprávnenia.
Vysoká dostupnosť a replikácia	Stream replikácia master-slave s automatickým prechodom pri výpadku (max. 30 sekúnd). Synchronná alebo asynchronná replikácia. Čítacie repliky (min. 2) pre distribúciu záťaže. Sledovanie oneskorenia replikácie (cieľ pod 1 sekundu). Automatické povýšenie. Nasadenie vo viacerých zónach. Geografická replikácia. Dostupnosť 99,9%.
Škálovateľnosť	Vertikálne škálovanie – možnosť zvýšenia CPU, RAM, úložiska bez prestojov. Horizontálne škálovanie – čítacie repliky pre čítaciu záťaž, delenie pre záťaž zápisov. Automatické škálovanie v cloudovom prostredí. Plánovanie kapacity. Združovanie pripojení a vyvažovanie záťaže. Stratégie rozdeľovania. Vrstvenie úložiska – aktívne dáta na SSD, archívne na HDD. Podpora pre 100 000+ záznamov v hlavných tabuľkách, 10M+ v telemetrických tabuľkách.
Bezpečnosť dát	Šifrovanie v pokoji – AES-256 pre všetky databázové súbory a zálohy. Šifrovanie v prenose – TLS pre všetky pripojenia. Správa používateľov databázy – princíp najmenších oprávnení, rozdelenie povinností. Riadenie prístupu na základe rolí s granularnými oprávneniami. Audit logging – všetky operácie, prístupy k citlivým dátam, neúspešné pokusy o prihlásenie. Maskovanie dát pre neproduktívne prostredia. Prevencia SQL injection. Sieťová bezpečnosť – firewall pravidlá, súkromné podsiete, VPN prístup. Pravidelné bezpečnostné audity.
Kvalita a integrita dát	Referenčná integrita – obmedzenia cudzích kľúčov s akciami pri mazaní/aktualizácii. Kontrolné obmedzenia pre obchodné pravidlá (platné rozsahy, formáty). NOT NULL obmedzenia pre povinné polia. UNIQUE obmedzenia pre prirodzené kľúče. Triggery validácie dát. Detekcia

Kategória	Požiadavky
	a odstránenie duplikátov. Sledovanie metrík kvality dát – úplnosť, presnosť, konzistentnosť. Správa hlavných dát. Sledovanie pôvodu dát. Pravidelné audity kvality. Automatizované kontroly konzistencie. Úrovne izolácie transakcií.
Data lifecycle management	Automatizovaná archivácia dát – presun starých dát do archívneho úložiska. Politiky uchovávania – právne požiadavky, obchodné požiadavky, optimalizácia nákladov. Vrstvené úložisko – hot vrstva (SSD) pre aktívne dáta, warm vrstva (HDD) pre nedávnu históriu, cold vrstva (objektové úložisko) pre archívy. Kompresia dát. Automatizované čistenie zastaraných dát. Súlad s GDPR – implementácia práva na vymazanie. Soft mazanie s auditnou stopou. Správa právneho zadržania. Export dát pre požiadavky na súlad.
ETL a data integration	Dátové kanály ETL pre presun dát medzi operačnou a analytickou databázou. Prírastkové načítanie dát. Transformácia dát – čistenie, obohacovanie, agregácia, konverzia formátov. Spracovanie chýb a logika opakovania. Validácia dát. Plánovanie – nočné dávkové načítania, streamovanie v reálnom čase. Monitorovanie a upozorňovanie na zlyhania ETL. Idempotencia. Správa metadát. Sledovanie pôvodu. Optimalizácia výkonu. (Technická funkcia dátovej integrácie)
Súlad a audit	Audit logging všetkých databázových operácií – DDL, DML na citlivých tabuľkách, privilegovaný prístup. Nemeniteľné audit logy s kryptografickým overením. Uchovávanie audit logov podľa právnych požiadaviek (typicky 7 rokov). Prístupové reporty pre audity súladu. Správa šifrovacích kľúčov s politikami rotácie. Súlad s rezidenciou dát – ukladanie v požadovanom geografickom regióne. Ochrana súkromia od návrhu – minimalizácia osobných údajov, pseudonymizácia, anonymizácia. Súlad s GDPR – správa súhlasov, právo na prístup, právo na vymazanie. Pravidelné audity súladu. Postupy pri incidentoch.

Tabuľka 50 – Požadované vlastnosti dátovej vrstvy

Integračná vrstva – API

Integračná vrstva API zabezpečuje bezpečnú, spoľahlivú a výkonnú výmenu dát medzi všetkými komponentmi systému – od používateľských aplikácií, cez centrálnu riadiacu platformu, až po terénne zariadenia a externé systémy. Poskytuje štandardizované rozhrania pre prístup k funkciám systému, správu dát a integráciu s tretími stranami. API vrstva je navrhnutá podľa princípov modernej architektúry, kde všetky funkcie sú dostupné prostredníctvom dobre definovaných, dokumentovaných a verzionovaných rozhraní.



Hlavné komponenty integračnej API vrstvy:

- **REST API** – primárne rozhranie pre synchronnú komunikáciu založené na http protokole, používané pre operácie nad dátami, správu konfigurácie a vykonávanie riadiacich príkazov.
- **GraphQL API** – flexibilné rozhranie umožňujúce klientom presne špecifikovať požadované dáta v jednom requeste, čím sa redukuje počet volaní.
- **WS – WebSocket API** – obojsmerné rozhranie v reálnom čase pre okamžité informovanie klientov o zmenách stavu zariadení, nových alarmoch a aktualizáciách dát.
- **MQTT API** – ľahký protokol optimalizovaný pre IoT zariadenia a komunikáciu s nízkou šírkou pásma. Používa sa pre komunikáciu s terénou infraštruktúrou (svietidlá, senzory, brány).
- **Webhook API** – mechanizmus pre asynchrónne notifikácie externých systémov o udalostiach v systéme, umožňujúci integrácie riadené udalosťami.
- **Iné** – dopĺňajúce komponenty, napríklad hromadné API – rozhrania pre hromadné operácie a dávkové spracovanie veľkých objemov dát, používané pre import/export pasportizačných dát a generovanie reportov, export API – rozhranie pre generovanie a export dát v rôznych formátoch (CSV, Excel, PDF, GeoJSON) pre reporting, analýzy a integráciu s GIS systémami.

Integračná API vrstva je navrhnutá s dôrazom na princíp „separation of concerns“, kde každá služba má jasne definovanú zodpovednosť a komunikuje s ostatnými službami cez dobre definované rozhrania. Tento prístup umožňuje nezávislý vývoj a nasadenie jednotlivých komponentov, testovanie v izolácii a postupnú modernizáciu systému bez potreby kompletného prepisu. API vrstva je plne automaticky testovaná s vysokým pokrytím unit testov, integration testov a end-to-end testov, čo zabezpečuje stabilitu a spoľahlivosť pri kontinuálnom vývoji.

Kategória	Požiadavky
REST API - základné vlastnosti	Implementácia RESTful princípov s použitím štandardných HTTP metód. Štruktúrované URL rozhrania. Podpora pre formáty JSON, XML. Stránkovanie, filtrovanie, vyhľadávanie. Riedke výbery polí. Hromadné operácie. Kompresia.
GraphQL API - funkcionálna	Jedno rozhranie pre všetky dotazy s podporou introspekcie schémy. Silná typizácia. Analýza komplexnosti dotazov. Podpora pre aktualizácie v reálnom čase cez WebSocket. Federácia naprieč mikroslužbami. Interaktívne testovacie prostredie.
WebSocket API - real-time komunikácia	Obojsmerná komunikácia s nízkou latenciou (pod 100ms). Automatické opätovné pripojenie. Správy heartbeat pre detekciu mŕtvych spojení. Fronty správ počas odpojenia. Model odberania kanálov. Autentifikácia pri pripojení. Podpora binárnych a textových správ. Obmedzenia pripojení a rate limiting.

Kategória	Požiadavky
MQTT API - IoT komunikácia	Podpora pre MQTT 3.1.1 a MQTT 5.0 protokoly. Úrovně QoS 0, 1, 2 pre rôzne požiadavky na doručenie správ. Zachované správy. TLS/SSL šifrovanie. Autentifikácia používateľským menom/heslom a certifikátom. Obmedzenia veľkosti správ a filtrovanie tém. Podpora pre prepájanie.
Webhook API - event notifications	Konfigurovateľné webhook rozhrania pre externé systémy. Filtrovanie udalostí. Prispôsobenie dátovej záťaže pomocou šablón. Mechanizmus opakovania s konfigurovateľnou politikou. Podpisovanie webhookov (HMAC) pre overenie autenticity. Časové limity a prerušovanie obvodu pre nedostupné rozhrania. Nástroje na testovanie. Logy doručenia udalostí.
Bulk/Batch API - hromadné operácie	Asynchrónne spracovanie dávkových operácií so sledovaním úlohy a reportovaním priebehu. Podpora pre nahrávanie veľkých súborov (CSV, Excel, JSON) s validáciou. Hromadné operácie pre vytvorenie, aktualizáciu alebo vymazanie tisícov záznamov. Čiastočné spracovanie úspechu. Detailné reportovanie chýb. API stavu úlohy. Sťahovanie výsledkov. Podpora plánovania.
Export API - dátové exporty	Podpora pre rôzne výstupné formáty (CSV, Excel, JSON, XML, PDF, GeoJSON). Flexibilné filtrovanie, triedenie a výber polí. Agregácia a transformácia dát. Naplánované exporty s dorúčením e-mailom. Spracovanie veľkých datasetov pomocou streamovania. Prírastkové exporty s detekciou zmien. Šablóny exportov. Kompresia. Audit logging.
Autentifikácia a autorizácia	Implementácia OAuth 2.0 s podporou authorization code, client credentials, refresh token flows. JWT tokeny s konfigurovateľnou platnosťou a podpisovými algoritmi. API kľúče s rôznymi úrovňami oprávnení. Podpora viacfaktorovej autentifikácie. Integrácia SSO s poskytovateľmi identity (SAML, OpenID Connect). Jemne granulózne RBAC. Zrušenie tokenov a čierne listiny. Správa relácie. Delegovaná autorizácia.
Rate limiting a throttling	Viacúrovňové obmedzovanie rýchlosti (na používateľa, API kľúč, IP, rozhranie, globálne). Posuvný okenný algoritmus. Token bucket algoritmus pre zvládnutie nárazov. Hlavičky odpovedí s informáciami o limitoch. Ľahká degradácia a rady pre opakovanie. Prioritné dráhy pre prémiových používateľov. Distribuované obmedzovanie rýchlosti. Dynamická úprava. Whitelisty/blacklisty.
Dokumentácia a developer portal	Špecifikácia OpenAPI 3.0 pre REST API s kompletnou dokumentáciou rozhraní, parametrov, schém. Špecifikácia AsyncAPI pre API riadené udalosťami. Interaktívny API explorer. Ukážky kódu v populárnych jazykoch. SDK knižnice s automatickým generovaním. Postman kolekcie. Tutoriály, sprievodcovia a osvedčené postupy. Sandbox prostredie. Záznam zmien API. Monitorovacie dashboards pre štatistiky používania.
Caching stratégie	Viacvrstvé cachovanie (aplikačná cache, HTTP cache, CDN, databázová cache). HTTP cachovacie hlavičky. Stratégie invalidácie cache. Podmienené požiadavky s ETag validáciou. Predhrievanie cache. Cache aside vzor.

Kategória	Požiadavky
	Distribovaná cache. Štatistiky cache. Mechanizmy koherencie cache. (Technická funkcia optimalizácie výkonu)
Pokročilá bezpečnosť API	Validácia a sanitizácia vstupu pre ochranu proti injection útokom. Vynucovanie CORS politiky. Hlavičky Content Security Policy pre XSS ochranu. Overenie podpisu požiadavky pre webhooky a citlivé rozhrania. Šifrovanie v pokoji a v prenose (TLS 1.3, AES-256). Detekcia zneužívania API s modelmi strojového učenia. Ochrana pred DDoS útokmi. Penetračné testovanie a bezpečnostné audity. Skenovanie zraniteľností. Súlad s OWASP API Security Top 10. Bezpečnostné hlavičky.

Tabuľka 51 - Požadované vlastnosti integračnej API vrstvy

API integrácie – externé systémy

Úroveň API integrácií s externými systémami predstavuje kľúčovú vrstvu pre prepojenie systému riadenia verejného osvetlenia s ďalšími informačnými systémami mesta, štátu a tretích strán. Táto integračná vrstva zabezpečuje výmenu dát, synchronizáciu informácií a koordináciu procesov medzi rôznymi platformami, čím sa systém verejného osvetlenia stáva súčasťou širšieho ekosystému mestských a národných digitálnych služieb. Cieľom je vytvoriť otvorený, štandardizovaný a škálovateľný integračný rámec, ktorý umožňuje efektívnu spoluprácu s existujúcimi aj budúcimi systémami bez potreby zásadných zmien v architektúre.

Integrácie sú realizované prostredníctvom moderných API rozhraní (REST, GraphQL, SOAP) s dôrazom na bezpečnosť, spoľahlivosť a výkonnosť dátovej výmeny. Všetky integrácie sú navrhnuté s ohľadom na štandardy interoperability, podporu auditných logov a možnosť monitorovania stavu spojení v reálnom čase. Systém poskytuje jednotné API rozhranie pre externé systémy s komplexnou dokumentáciou, príkladmi použitia a testovacie prostredie pre validáciu implementácií.



Integrácie sú rozdelené do dvoch hlavných kategórií:

- **Mestské systémy** – integrácie s internými informačnými systémami mesta, ktoré zabezpečujú prepojenie verejného osvetlenia s ďalšími mestskými službami a procesmi (GIS, ekonomický systém, správa majetku, SMART City platformy, dispečing, kamerový systém)
- **Národné a štátne systémy** – integrácie s centrálnymi štátnymi platformami a registrami, ktoré umožňujú zdieľanie dát na národnej úrovni, plnenie reportovacích povinností a využívanie eGovernment služieb (SmartDataHub, OpenData portály, eGovernment služby, národné registre)

Všetky integrácie sú navrhnuté s princípom "loose coupling" (voľné previazanie), čo znamená, že výpadok alebo zmena v jednom externom systéme nemá kritický dopad na fungovanie systému verejného osvetlenia. Systém obsahuje mechanizmy pre queue management, retry logiku a cachovanie dát pre zabezpečenie kontinuity prevádzky aj pri dočasnej nedostupnosti externých služieb.

Klíčové principy integrační architektury:

- **Štandardizácia a interoperabilita** – využívanie medzinárodných a národných štandardov pre dátové formáty (JSON, XML, GeoJSON), komunikačné protokoly (HTTPS, MQTT, WebSocket) a API dizajn (OpenAPI, AsyncAPI). Podpora pre SMART City štandardy (FIWARE, NGSI-LD) a slovenské štandardy pre OpenData a eGovernment.
- **Bezpečnosť a autentifikácia** – implementácia moderných bezpečnostných mechanizmov (OAuth 2.0, JWT tokeny, API keys, mTLS) s podporou viacfaktorovej autentifikácie a rate limiting. Šifrovanie dát v prenose (TLS 1.3) aj v úložisku. Audit log všetkých API volaní s evidenciou času, používateľa a typu operácie.
- **Monitoring a správa API** – komplexný monitoring stavu všetkých integrácií s alertingom pri výpadkoch alebo degradácii výkonu. Dashboard zobrazujúci počet volaní, časy odozvy, úspešnosť volaní a využívanie kvót. Verziovanie API s podporou viacerých verzií súbežne pre plynulú migráciu. Dokumentácia API v štandardnom formáte (OpenAPI/Swagger) s interaktívnym testovacím prostredím.
- **Škálovateľnosť a výkon** – asynchrónne spracovanie požiadaviek pre operácie vyžadujúce dlhší čas. Queue systém pre spracovanie hromadných operácií a dávkových exportov. Cachovanie často požadovaných dát pre zníženie záťaže na backend systém. Load balancing a horizontálne škálovanie API gateway pri zvýšenom počte požiadaviek.
- **Odolnosť a kontinuita prevádzky** – retry mechanizmy s exponenciálnym backoff pri dočasných chybách. Circuit breaker pattern pre izoláciu problémových služieb. Failover na sekundárne inštancie pri výpadku primárnych služieb. Graceful degradation - systém funguje v obmedzenom režime aj pri výpadku niektorých integrácií.

Integračná vrstva je navrhnutá ako centrálny integration hub (API Gateway), ktorý spravuje všetky pripojenia na externé systémy, zabezpečuje autentifikáciu, autorizáciu, rate limiting, logging a monitoring. Tento prístup umožňuje centralizovanú správu integrácií, zjednodušuje pridávanie nových prepojení a poskytuje jednotný pohľad na všetky externé komunikácie systému.

Kategória	Požiadavky
API Gateway a integračný hub	Centrálny vstupný bod pre externé integrácie. Správa autentifikácie (OAuth 2.0, JWT, API keys). Rate limiting pre ochranu systému. Request/response transformácia. Routing na backend služby. Cachovanie odpovedí. Centralizovaný logging.
Bezpečnosť API	OAuth 2.0 a OpenID Connect autorizácia. JWT tokeny s definovanou platnosťou. API keys s úrovňami oprávnení. Mutual TLS pre B2B integrácie. TLS 1.3 šifrovanie. Input validácia. CORS politiky. IP whitelisting pre kritické endpointy.
Dokumentácia a developer experience	OpenAPI 3.0 dokumentácia všetkých endpointov. Interaktívne API explorer rozhranie. Príklady použitia v rôznych jazykoch. Sandbox prostredie. SDK a klientske knižnice. Tutoriály a best practices. Changelog so zmenami.

Kategória	Požiadavky
Monitoring a observability	Real-time monitoring API endpointov (počet volaní, response time, error rate). Dashboard stavu integrácií. Alerting pri výpadkoch. Distributed tracing. Centralizovaný logging. Health check endpointy. SLA reporting.
Verziovanie a lifecycle management	Podpora viacerých verzií API súbežne. Verziovanie v URL (/api/v1/). Deprecation politika min. 12 mesiacov. Notifikácie o nových verziách. Backward compatibility. Integračné príručky.
Performance a škálovateľnosť	Asynchrónne spracovanie dlhotrvajúcich operácií. Bulk operácie. Stránkovanie pre veľké datasety. Kompresia (gzip, brotli). Horizontálne škálovanie. Response time do 200ms pre 95% GET požiadaviek. Podpora 1000+ súčasných volaní.
Dátové formáty a štandardy	JSON ako primárny formát, XML pre legacy. GeoJSON pre geografické dáta. CSV/Excel pre bulk export. REST API, WebSocket pre real-time. MQTT pre IoT. SMART City štandardy.

Tabuľka 52 - Požadované vlastnosti integračnej vrstvy

TYPOVÉ SCHÉMY ZAPOJENIA SMART ZARIADENÍ

Vzhľadom na rozmanitosť typov inštalácií na sústave verejného osvetlenia boli najpoužívanejšie koncepčné a technické riešenia spracované do podoby typových schém zapojení, ktoré sú uvedené v prílohách č.7 až č.10 tohto dokumentu. Typové schémy pozostávajú z prvkov modulárneho rozvádzača VO so SMART systémom a jeho modulov, LC, SMART zariadení a externých zariadení zabezpečujúcich funkcionality, komunikáciu a vzájomnú interoperabilitu. Schémy sú doplnené o najčastejšie použité situačné umiestnenia s vyznačením priestorového usporiadania.

ODPORÚČANÉ SVIETIDLÁ PRE SÚSTAVU VO

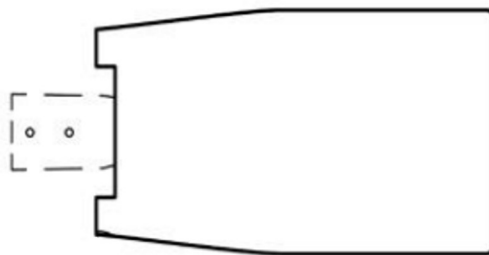
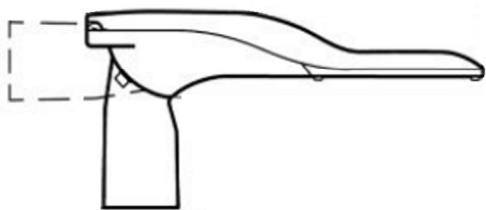
Svietidlá LED priniesli úplne nové možnosti na osvetľovanie verejného priestoru so zameraním na kvalitné osvetlenie pozemných komunikácií s podstatným znížením rušivého svetla. Základnými prvkami týchto svietidiel je rovná optická časť svietidla osvetľujúca priestor zhora.

Pre osvetlenie pozemných komunikácií sú prevažne navrhnuté technické a parkové LED svietidlá. Schválenie tvaru dizajnového a historizujúceho svietidla je v kompetencii pamiatkového úradu.

Odporúčaný tvar a vzhľad technického svietidla

Odporúčaný tvar a vzhľad LED svietidla sú nasledujúce:

- Plochý tvar svietidla obdĺžnikového tvaru vo veľkostiach podľa výkonu svietidla
- Uchytenie na výložník aj priamo na stožiar
- Nastaviteľná smerovosť osvetlenia
- Parametre proti svetelnému znečisteniu, ULOR = 0
- Svetelné zdroje s farebnou teplotou od 2200K do 3000 K

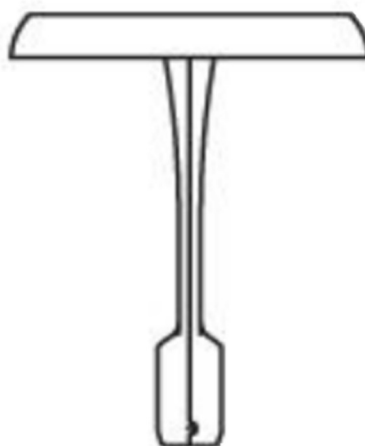
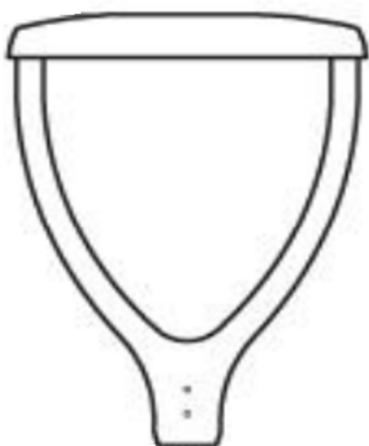


Obrázok 10 - Príklad odporúčaného tvaru a vzhľadu technického svietidla

Odporúčaný tvar a vzhľad parkového svietidla

Odporúčaný tvar a vzhľad LED svietidla sú nasledujúce:

- Lapidárny kruhový tvar s priemerom cca 500 mm
- Rôzne aplikácie uchytenia umožňujúce variabilitu podľa typu verejného priestranstva (bočné na výložník, na stĺp v tvare vidlice, závesné na lano)
- Nastaviteľná smerovosť osvetlenia
- Parametre proti svetelnému znečisteniu, ULOR = 0
- Svetelné zdroje s farebnou teplotou od 2200K do 3000 K



Obrázok 11 - Príklad odporúčaného tvaru a vzhľadu parkového svietidla

NÁVRHY NA VYUŽITIE OBNOVITELNÝCH ZDROJOV ENERGIE

V rámci návrhu modernizácie verejného osvetlenia sa uvažuje s integráciou obnoviteľných zdrojov energie, najmä fotovoltaických systémov s mikromeničmi a lokálnymi akumuláčnymi prvkami. Cieľom je vytvoriť energeticky efektívnu a udržateľnú infraštruktúru, ktorá umožní nielen prevádzku verejného osvetlenia, ale aj aktívne zapojenie do systému zdieľania energie na úrovni mesta.

Fotovoltaické panely s mikromeničmi

Jednotlivé svetelné body verejného osvetlenia môžu byť vybavené fotovoltaickými (FV) panelmi s mikromeničmi, ktoré premieňajú slnečnú energiu priamo na striedavé napätie vhodné pre napájanie svietidiel alebo spätné dodanie do lokálnej siete. Panely môžu byť umiestnené na stĺpoch verejného osvetlenia a v jeho okolí:

- stožiaroch verejného osvetlenia (so zohľadnením statických a orientačných pomerov),
- prístreškoch zastávok,
- prístreškoch pre bicykle,
- strechách parkovacích miest a menších mestských objektov.

Takto vzniká distribuovaná fotovoltaická sieť priamo prepojená s infraštruktúrou verejného osvetlenia.

Batériové úložiská a energetické uzly

V rámci hlavných modulárnych rozvádzačov VO, spodná časť skrine B obsahuje priestorovú rezervu pre riešenie batériového úložiska. Tieto úložiská umožnia:

- akumulovať prebytky elektrickej energie z fotovoltaických panelov počas dňa,
- využívať uskladnenú energiu v čase špičkovej spotreby alebo v noci na napájanie verejného osvetlenia,
- stabilizovať lokálnu sieť a znižovať okamžité odbery z distribučnej sústavy.

Batériové úložisko predstavuje aj základný prvok pre poskytovanie flexibility – umožňuje riadené nabíjanie a vybíjanie podľa ekonomických alebo technických signálov z nadradeného systému

Systém riadenia – EC a EMS

Každý modulárny rozvádzač VO môže disponovať zariadením Energy Controller (EC), ktoré zabezpečuje komunikáciu s invertormi, batériovými úložiskami a meracími zariadeniami. EC disponuje rozhraniami RS485, prostredníctvom ktorých zhromažďuje dáta z pripojených zariadení a prenáša ich do systému energetického manažmentu (EMS).

EMS (Energy Management System) predstavuje centrálny prvok, ktorý:

- zhromažďuje údaje o stave jednotlivých zdrojov, spotrebičov a batériových úložisk,
- vyhodnocuje aktuálnu výrobu, spotrebu a stav nabitia batérií,
- umožňuje vykonávať akčné zásahy – napríklad meniť režim nabíjania, riadiť spotrebu osvetlenia alebo regulovať výkon inverterov,
- zabezpečuje automatizované riadenie podľa preddefinovaných scenárov (napr. zníženie odberu pri vysokej cene elektriny, využitie uložených prebytkov v noci),
- vytvára komunikačné rozhranie pre integráciu do nadradeného mestského informačného systému.

Prostredníctvom EMS je možné v reálnom čase optimalizovať energetické toky, reagovať na zmeny dopytu a maximalizovať lokálne využitie vyrobenej energie.

Zdieľaná energetická sieť mesta

Moderný koncept verejného osvetlenia umožňuje zapojenie do širšieho mestského systému tzv. komunitnej alebo zdieľanej energetiky. Jednotlivé modulárne rozvážače VO, vybavené fotovoltaikou, úložiskami a riadiacimi jednotkami EC, môžu medzi sebou vytvárať energeticky prepojenú sieť.

Vďaka prehľadu o aktuálnej výrobe a spotrebe z EMS je možné:

- zdieľať prebytky elektrickej energie medzi rôznymi mestskými objektmi (školy, úrady, športoviská, osvetlenie),
- zvyšovať energetickú sebestačnosť mesta a znižovať náklady na elektrinu,
- podporovať princíp „Smart Grid“ – inteligentnej distribučnej siete, v ktorej sa elektrina vyrába a spotrebúva čo najbližšie k miestu odberu.

Kompenzácia jalovej energie

Inventory integrované v modulárnych rozvážačoch VO (časť B) môžu okrem konverzie energie z batérií a fotovoltaiky plniť aj funkciu kompenzácie jalovej energie. Týmto spôsobom je možné:

- znížiť platby za jalovú energiu, ktoré mesto platí distribučnej spoločnosti,
- zlepšiť účinník siete (power factor) a stabilitu miestnej distribučnej sústavy,
- prispieť k optimalizácii elektrických tokov v rámci energetickej infraštruktúry mesta.

Zhrnutie prínosov navrhovaného riešenia

Navrhovaný systém obnoviteľných zdrojov energie v rámci verejného osvetlenia prináša synergický efekt viacerých technologických prístupov:

- decentralizovaná výroba elektriny priamo v mieste spotreby,
- akumulácia energie a jej flexibilné využívanie,
- zníženie nákladov na elektrickú energiu,
- možnosť zdieľania energie v rámci mestskej komunity,
- kompenzácia jalovej energie a stabilizácia siete,
- plná integrácia s EMS a platformou Smart City.

Takto koncipovaný systém predstavuje budúci štandard verejného osvetlenia – nie len ako zdroj svetla, ale ako aktívny prvok mestskej energetickej infraštruktúry, schopný reagovať na aktuálne potreby mesta aj energetického trhu.

EKONOMICKÉ A ENVIRONMENTÁLNE POSÚDENIE NAVRHOVANÝCH OPATRENÍ

Ekonomické posúdenie

Navrhovaný systém verejného osvetlenia využíva moderné LED technológie v kombinácii s adaptívnym riadením prostredníctvom riadiacich jednotiek LC (Light Controller) na úrovni jednotlivých

svietidiel. Tento systém predstavuje významný posun v efektívnosti hospodárenia s energiou, znížovaní nákladov na údržbu a optimalizácii prevádzky.

Zníženie spotreby elektrickej energie

Prechodom na LED technológiu je možné dosiahnuť výrazné zníženie spotreby elektrickej energie v porovnaní s pôvodnými sodíkovými alebo ortuťovými výbojkami. Úspora energie dosahuje bežne 50%, pričom ďalších 10 až 20 % je možné získať prostredníctvom adaptívneho riadenia osvetlenia a iných funkcionalít rámci SMART riešení. S doplnením EMS možno znížiť náklady na odber elektrickej energie od dodávateľa o ďalších 10 - 20%. Systém umožňuje stmievanie svietidiel v čase nízkej mobility obyvateľov, napríklad v nočných hodinách, pričom úroveň osvetlenia zostáva dostatočná pre bezpečný pohyb osôb a vozidiel. Výrazná energetická úspora sa tak prejaví v znížených prevádzkových nákladoch mesta.

Zníženie nákladov na údržbu a servis

Každý svetelný bod v navrhovanom systéme bude vybavený inteligentným LC, ktorý monitoruje stav svietidla, napájacieho zdroja (DALI driver) a prevádzkové parametre. Tieto údaje sa v reálnom čase prenášajú do centrálného systému, ktorý umožňuje rýchlu diagnostiku porúch a plánovanie servisných zásahov. Vďaka tomu sa výrazne znižuje potreba fyzických kontrol, čím dochádza k úsporám v oblasti ľudskej práce a prevádzkových výjazdov. Prediktívna údržba založená na reálnych dátach znižuje riziko výpadkov a prispieva k vyššej spoľahlivosti verejného osvetlenia.

Dlhšia životnosť zariadení

Stmievacie režimy v rámci SMART systému a optimalizované riadenie výkonu LED svietidiel vedú k zníženiu ich tepelného namáhania. LED diódy aj napájacie zdroje tak pracujú v priaznivejších podmienkach, čo predlžuje ich životnosť o 10 až 20 %. Znížením frekvencie výmen komponentov sa dosahuje dlhodobé zníženie nákladov na údržbu a výmenu svietidiel, pričom zároveň klesá aj množstvo elektroodpadu.

Optimalizácia prevádzky prostredníctvom dátovej analýzy

Systém verejného osvetlenia bude generovať rozsiahle množstvo dát o prevádzkových parametroch, spotrebe energie, dobe svietenia, poruchách a úrovniach osvetlenia. Tieto údaje umožnia správcovi vykonávať analýzy a optimalizovať prevádzku celého systému. Dáta sú využiteľné aj pre plánovanie údržby, vyhodnocovanie účinnosti jednotlivých režimov či prepojenie s inými mestskými systémami. Inteligentné spracovanie dát tak prispieva k efektívnemu a transparentnému riadeniu verejného osvetlenia.

Možnosti financovania a návratnosť investície

Modernizácia verejného osvetlenia s použitím LED technológie, SMART systému, riešení a inteligentných zariadení zvyšuje šance na získanie podpory z európskych a národných fondov a grantov. Vzhľadom na výraznú úsporu energie a znížené náklady na údržbu sa návratnosť investície pohybuje spravidla v rozmedzí 5 až 8 rokov. Po uplynutí tejto doby prináša systém mestu čistú finančnú úsporu.

Sekundárne ekonomické prínosy

Modernizácia verejného osvetlenia má aj nepriamy ekonomický efekt. Zvýšená spoľahlivosť osvetlenia prispieva k vyššej bezpečnosti dopravy a pohybu osôb, čím sa znižuje počet nehôd a

poistných udalostí. Zlepšenie vizuálneho prostredia zároveň podporuje atraktivitu mesta pre obyvateľov aj návštevníkov, čo môže mať pozitívny vplyv na lokálny rozvoj a podnikanie.

Environmentálne posúdenie

Modernizácia verejného osvetlenia má okrem ekonomických prínosov aj významný environmentálny dopad. Zavedením energeticky efektívnych LED svietidiel, inteligentného riadenia a optimalizácie prevádzky sa znižuje ekologická záťaž, zlepšuje sa kvalita nočného prostredia a prispieva sa k trvalo udržateľnému rozvoju mesta.

Zníženie svetelného smogu

Použitie svietidiel s presnou optikou a možnosťou riadenia intenzity svetelného toku znižuje únik svetla mimo osvetľovanej plochy. Adaptívne riadenie zároveň umožňuje stmievanie v čase, keď nie je potrebné plné osvetlenie komunikácií. Tým sa redukuje svetelný smog, ktorý negatívne ovplyvňuje nielen obyvateľov, ale aj nočné ekosystémy. Kvalitné osvetlenie tak prispieva k lepšiemu vizuálnemu komfortu a estetickému vzhľadu mesta počas noci.

Ochrana biodiverzity

Nadmerne alebo nesprávne smerované osvetlenie negatívne ovplyvňuje mnohé druhy nočných živočíchov. Zavedenie adaptívneho systému s reguláciou jasu znižuje tento vplyv na minimum. Osvetlenie sa v čase nízkej aktivity ľudí stlmí na úroveň, ktorá postačuje pre bezpečnosť, no nezasahuje nadmerne do prirodzeného nočného prostredia.

Zníženie elektroodpadu

Vďaka dlhšej životnosti LED svietidiel a efektívnemu monitoringu sa znižuje počet vyradených zariadení a tým aj množstvo elektroodpadu. LED technológia neobsahuje ortuť ani iné škodlivé látky, čo zjednodušuje proces recyklácie. Riadený systém údržby zároveň umožňuje plánované výmeny, čím sa znižuje potreba predčasného vyradzovania funkčných komponentov.

Zlepšenie kvality života obyvateľov

Kvalitné a rovnomerné osvetlenie verejných priestranstiev má pozitívny vplyv na bezpečnosť, orientáciu a celkový pocit komfortu obyvateľov. Správne navrhnuté osvetlenie eliminuje oslnenie a znižuje vizuálny stres. Adaptívne riadenie, ktoré rešpektuje prirodzený nočný cyklus, pomáha obyvateľom zachovať zdravý spánkový rytmus a prispieva k lepšiemu vnímaniu nočného prostredia.

Podpora konceptu „Smart City“

Zavedenie SMART systému verejného osvetlenia predstavuje dôležitý krok smerom k rozvoju konceptu „Smart City“. SMART systém môže byť integrovaný s ďalšími mestskými systémami a technológiami – nadradené mestské platformy. Vďaka zberu a analýze dát je možné optimalizovať nielen spotrebu energie, ale aj celkovú správu mestských zdrojov. Takto navrhnutý systém podporuje udržateľný rozvoj, efektívne využívanie energie a zodpovedné hospodárenie s verejnými prostriedkami.

DOSLOV NA SPRACOVANIE GENERELU VO ...

DELENIE ÚSEKOV POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

Priradenie svetelno-technických parametrov pre osvetlenie verejného priestoru vychádza z líniového pasportu pozemných komunikácií, ktorý bol vstupným materiálom na spracovanie Generelu VO. Na základe poskytnutého pasportu komunikácií spracovaného v polygónovej forme, boli novo zanesené úseky pozemných komunikácií prekreslené do Generelu VO s identifikačným číslom úseku 9xxx, kde xxx je poradové číslo novo zakresleného úseku.

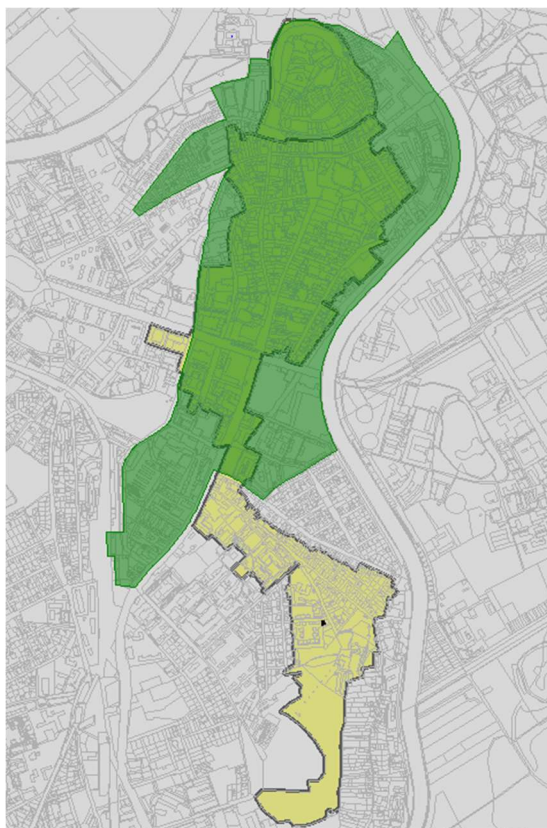
Spracovanie jednotlivých úsekov pozemných komunikácií vo vzťahu k požiadavkám normy STN EN 13 201 bolo v niektorých prípadoch rozdelené na menšie úseky tak, aby boli dodržané požiadavky spracovania Generelu VO z hľadiska optimálneho návrhu svetelno-technických parametrov.

KRÁTENIE ÚSEKOV POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

V prípadoch, keď pozemná komunikácia pokračovala mimo zastavaného alebo zastaviteľného územia, bol tento úsek pozemnej komunikácie určujúcej svetelno-technické parametre pre osvetlenie pozemnej komunikácie (súčasná alebo budúca) príslušne skrátený.

CHARAKTERISTICKÉ OBLASTI

Na rozdelenie územia mesta na charakteristické oblasti bol využitý Územný plán mesta Nitra, konkrétne definovaná funkcia daného územia a ďalej mestská pamiatková zóna a mestská pamiatková rezervácia.



Pri porovnaní Územného plánu (ID 4001, priestor OMS – vid' zelená plocha), mestské pamiatkové zóny a mestské pamiatkové rezervácie (žlté plochy) bol zistený značný územný rozdiel v umiestnení hraníc týchto území.

Pre rozdelenie územia mesta do charakteristických oblastí bolo uprednostnené územie mestskej pamiatkovej zóny a mestskej pamiatkovej rezervácie. Ostatné plochy boli rozradené do ostatných charakteristických oblastí.

PARKOVISKO

Na území mesta sa nachádza celý rad lokálnych parkovísk, ich umiestnenie je súčasťou príslušnej pozemnej komunikácie. Osvetlenie tohto parkoviska bude zaistené svietidlami pre osvetlenie celkového dopravného priestoru.

V prípadoch, kedy bola plocha celého parkoviska vedená v pasporte PK ako samostatná plocha, boli tomuto parkovisku priradené svetelno-technické parametre podľa STN EN 12464-2 Svetlo a osvetlenie – Osvetlenie pracovných priestorov – Časť 2: Vonkajšie pracovné priestory Tabuľka 5.9 – Parkovisko, referenčné číslo 5.9.1

SVETELNĚ-TECHNICKÉ PARAMETRY CHODNÍKOV

V mnohých prípadoch sú chodníky vedené pozdĺž pozemnej komunikácie. V takýchto prípadoch je zaistené osvetlenie chodníkov spoločne so svietidlami pre osvetlenie hlavného dopravného priestoru. V takom prípade platí, že medzi susednými dopravnými priestormi, ktoré k sebe priliehajú, nesmie byť väčší rozdiel ako dve porovnateľné triedy osvetlenia. V prípade, že medzi dvoma dopravnými priestormi je zelený pás, ktorý nemá vyhodnocovacie pole, môže byť rozdiel medzi týmito dopravnými priestormi až štyri porovnateľné triedy osvetlenia.

Poznámka: Poznámka: Obdobne platí vyššie uvedené pravidlo aj pre cyklotrasy a parkovacie pruhy.

V tých prípadoch, keď pre osvetlenie chodníka bude nutné inštalovať samostatný stožiar VO, platí pre osvetlenie chodníka svetelno-technické parametre uvedené pri konkrétnom úseku. Ide predovšetkým o parametre:

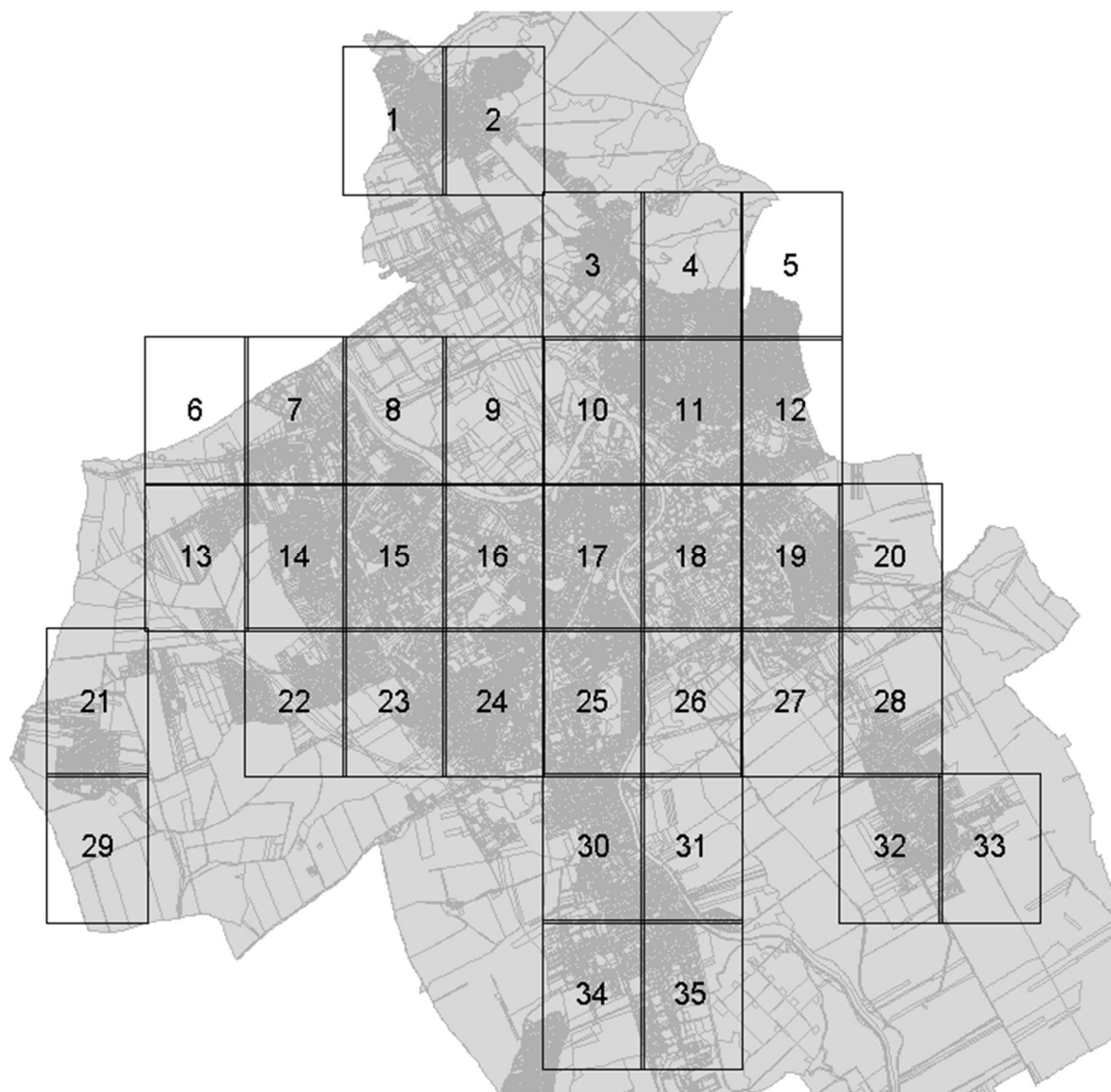
- Charakter osvetlenia
- Náhradná teplota chromatickosti T_c (farba svetla)
- Index podania farieb R_a
- Výška svetelného miesta
- Typ svietidla
- Mechanické parametre stožiara

PRÍLOHA Č.1 - DATABÁZOVÁ ČASŤ ...

SVETELNE TECHNICKÉ PARAMETRE OSVETLENIA POZEMNÝCH
KOMUNIKÁCIÍ

PRÍLOHA Č.2 - MAPOVÁ ČASŤ ...

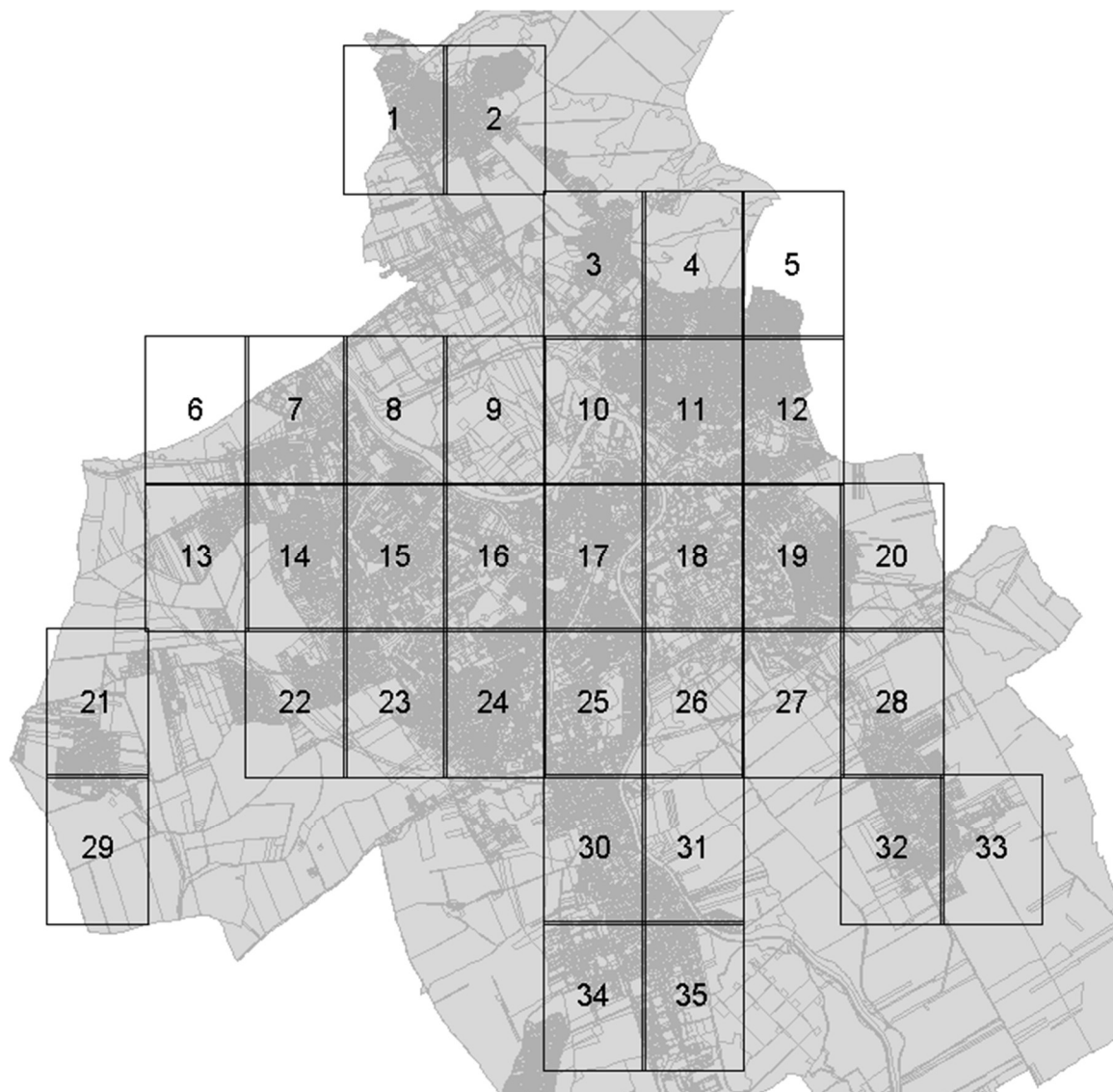
TRIEDY OSVETLENIA PODĽA STN EN 13 201



Obrázok 12 – Triedy osvetlenia - klad listov

PRÍLOHA Č.3 - MAPOVÁ ČASŤ...

CHARAKTERISTICKÉ OBLASTI



Obrázok 13 – Charakteristické oblasti - klad listov