Standardizirani sustav za nadzor i upravljanje javnom rasvjetom

Perko, Zvonimir

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:355005

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni studij

STANDARDIZIRANI SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE JAVNOM RASVJETOM

Diplomski rad

Zvonimir Perko

Osijek, 2017.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Osijek,

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Ime i prezime studenta:	Zvonimir Perko
Studij, smjer:	DEA - Elektroenergetski sustavi
Mat. br. studenta, godina upisa:	D 925, 12.10.2015.
OIB studenta:	15830619652
Mentor:	Doc.dr.sc. Danijel Topić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	Jurica Perko, mag.ing.
Predsjednik Povjerenstva:	Prof.dr.sc. Marinko Stojkov
Član Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić
Naslov diplomskog rada:	Standardizirani sustav za nadzor i upravljanje javnom rasvjetom
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn.polje elektrotehnika)**
Zadatak diplomskog rada:	Različiti proizvođači svjetiljki koriste različita softverska i hardverska rješenja za nadzor i upravljanje javnom rasvjetom što generalno za Gradove nije najbolje rješenje jer nije izgledno da će u gradu biti instalirane svjetiljke samo jednog proizvođača. Gradovima je potreban jedan centralni sustav upravljanja javnom rasvjetom koji će moći komunicirati sa upravljačkim sustavima svakog proizvođača. U uvodu diplomskog rada potrebno se osvrnuti na pametnu javnu rasvjetu u domeni pametnog grada. Opisati trenutno stanje upravljačkih mrežnih protokola javne rasvjete primjenjivanih u pametnim gradovima. Potom istražiti standarde koji su spona između upravljačkog sustava nekog proizvođača i centralnog sustava upravljanja. U radu je potrebno definirati način funkcioniranja takvih standarda i njihove zahtjeve,
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	12.07.2017.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 10.07.2017.

Ime i prezime studenta:	Zvonimir Perko
Studij:	DEA - Elektroenergetski sustavi
Mat. br. studenta, godina upisa:	D 925, 12.10.2015.
Ephorus podudaranje [%]:	6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Standardizirani sustav za nadzor i upravljanje javnom rasvjetom**

izrađen pod vodstvom mentora Doc.dr.sc. Danijel Topić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1 UVOD 1
2 SUSTAV JAVNE RASVJETE U SKLOPU KONCEPTA PAMETNOG GRADA 2
2.1 Koncept pametnog grada 2
2.2 Pametna javna rasvjeta 3
2.3 Sustav upravljanja javnom rasvjetom 5
3 UPRAVLJAČKI MREŽNI PROTOKOLI I STANDARDI JAVNE RASVJETE 9
4 STANDARDIZIRANI SUSTAV ZA UPRAVLJANJE JAVNOM RASVJETOM 12
4.1 Skup protokola za interoperabilnost 14
4.2 Interoperabilni podatkovni model 15
4.3 Interoperabilne usluge 17
5 TEHNIČKE SPECIFIKACIJE POTREBNE ZA PRIPREMU NATJEČAJNE DOKUMENTACIJE PAMETNE JAVNE RASVJETE 19
5.1 Tehničke specifikacije kontrolera 19
5.2 Tehničke specifikacije mreže javne rasvjete 21
5.3 Tehničke specifikacije centralnog upravljačkog sustava (CMS) 22
6 *STUDIJA SLUČAJA*: GRAD VRBOVEC 24
6.1 Postojeće stanje javne rasvjete 24
6.2 Životni ciklus projekta 26
6.3 Provedba rekonstrukcije javne rasvjete 28
6.4 Rezultati rekonstrukcije javne rasvjete 32
7 ZAKLJUČAK 35
LITERATURA 36
SAŽETAK 38
ABSTRACT 39
ŽIVOTOPIS 40
PRILOZI 41
P.1. Vodič kroz natječajnu dokumentaciju za pametnu rasvjetu 41

1 UVOD

Javna rasvjeta čini jednu od najvažnijih stavki svakog naseljenog mjesta na svijetu te ima značajan utjecaj u razvoju i modernizaciji suvremenih gradova. Osim što javna rasvjeta ima osnovnu funkciju osiguravanja potrebne vidljivosti i sigurnosti stanovništva, ona isto tako može uz to dati i estetsku privlačnost te naglasiti ambijentalnost osvjetljenog područja.

Svjetska populacija suočena je sa sve većim problemima zagađenja okoliša i globalnog zatopljenja koji nastaju između ostalog i iskorištavanjem konvencionalnih oblika energije poput ugljena, nafte i prirodnog plina. Ovi problemi se konstantno pokušavaju reducirati korištenjem obnovljivih izvora energije i energetski učinkovitih proizvoda, no svoj doprinos isto tako može dati i pametno upravljanje javnom rasvjetom s obzirom na visoki udio javne rasvjete u svjetskoj potrošnji električne energije.

Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije u 2014. godini u gradovima je živjelo 54 % svjetske populacije, što je značajan porast s obzirom da je 1960. godine živjelo 34 %. Taj se postotak konstantno povećava iz godine u godinu te se očekuje da će između 2015. i 2020. godine rasti za 1,84 % godišnje, a između 2020. i 2025. godine za 1,63 % [1]. Važno je naglasiti da je ukupna svjetska potrošnja električne energije za rasvjetu u 2005. godini iznosila 3 418 TWh, što je 19 % ukupne svjetske potrošnje. Od toga 281 TWh odlazi na potrošnju javne rasvjete, što je oko 1,6 % ukupne svjetske potrošnje električne energije [2]. Prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost u Hrvatskoj na javnu rasvjetu otpada oko 3 % ukupne potrošnje električne energije [3].

Broj gradskog stanovništva konstantno ubrzano raste te je potrebno planirati i razvijati gradove u smjeru koncepta pametnih gradova s implementacijom najnovijih tehnologija, smanjenom potrošnjom energetskih resursa i povećanjem kvalitete i komfornosti života. Jedna od komponenata pametnih gradova je dakako i pametna javna rasvjeta koja uključuje pametno upravljanje i nadzor rasvjete sa krajnjim ciljem povećanja energetske učinkovitosti. Standardizirani sustav za nadzor i upravljanje javnom rasvjetom omogućava dugotrajni koncept energetske održivosti koji se planira koristiti duži niz godina u budućnosti.

2 SUSTAV JAVNE RASVJETE U SKLOPU KONCEPTA PAMETNOG GRADA

2.1 Koncept pametnog grada

Pametan grad (engl. *Smart City*) je urbanistički način razvoja grada u smjeru povećavanja ugodnosti i standarda života kroz napredna rješenja koja omogućavaju informacijske i komunikacijske tehnologije (engl. *ICT – Information and Communication Technology*) i internet stvari (engl. *IoT – Internet of Things*). Gradske ICT i IoT tehnologije donose mnoštvo prednosti i poboljšanja u upravljanju i optimizaciji tradicionalnih javnih usluga, kao što su prijevoz i parking, rasvjeta, nadzor i održavanje javnih površina, očuvanje kulturne baštine, sakupljanje otpada, održavanje bolnica i škola, itd. Nadalje, dostupnost različitih podataka prikupljenih s ICT i IoT tehnologijama se može također koristiti za povećanje transparentnosti i promicanja djelovanja lokalne uprave prema građanima kroz povećanje svijesti o trenutnom položaju i statusu njihovog grada. Na taj način se potiče aktivno sudjelovanje građana u upravljanju javnom administracijom kao i sudjelovanje u razvoju novih usluga pored onih koje koriste ICT i IoT tehnologije [4].

Pametni gradovi potiču istraživanje i razvoj u nekoliko glavnih uslužnih sektora kao što su pametna ekonomija, pametna mobilnost, pametni ljudi, pametno upravljanje, pametno okruženje i pametan način života (Slika 2.1) [5].

Slika 2.1 Glavni uslužni sektori u pametnim gradovima

Pametna ekonomija je vezana za unaprjeđenje inovativnosti, poduzetništva, fleksibilnosti tržišta rada, boljeg imidža grada, veće produktivnosti i integracije na međunarodnom tržištu. Pametna mobilnost se odnosi na lokalnu i međunarodnu dostupnost, dostupnost ICT i IoT tehnologija te održiv i siguran transportni sustav. Sektor pametni ljudi je povezan s razinom kvalifikacije ljudskog i društvenog kapitala, fleksibilnosti, kreativnosti, tolerancije, kozmopolitizma i sudjelovanja u javnom životu. Pametno upravljanje je povezano sa sudjelovanjem različitih dionika na različitim razinama u procesima donošenja odluka, transparentnošću sustava upravljanja, dostupnosti javnih usluga i kvalitetom političkih strategija. Pametno okruženje podrazumijeva atraktivnost prirodnih uvjeta, smanjenje zagađenja i održivo upravljanje resursima. Na posljetku, pametan život uključuje generalnu kvalitetu života u smislu dostupnosti kulturnih i obrazovnih usluga, turističkih atrakcija, socijalne kohezije, čistog okoliša, osobne sigurnosti i stanovanja [6].

2.2 Pametna javna rasvjeta

Pametni gradovi konstantno nastoje poboljšati kvalitetu urbanih usluga i njihovu energetsku učinkovitost korištenjem informacijskih i komunikacijskih tehnologija te interneta stvari. S razvojem ekonomije i povećanjem postotka urbanizacije, sustav javne rasvjete je postao jedan od ključnih stavki svakog modernog grada [7]. U takvom se kontekstu pametna javna rasvjeta može koristiti za poboljšanje cjelokupnog koncepta pametnog grada kroz napredan nadzor, smanjenje potrošnje električne energije, optimizaciju energetske učinkovitosti javne rasvjete, povećanje sigurnosti, te smanjenje troškova održavanja.

Pametna rasvjeta je bazirana na energetski učinkovitoj LED (engl. *Light Emitting Diode*) tehnologiji, dok su se kod starijih sustava koristile iduće tehnologije:

- Visokotlačni natrij (engl. *HPS – High Pressure Sodium*);
- Niskotlačni natrij (engl. *LPS – Low Pressure Sodium*);
- Metal – halogen (engl. *MH – Metal Halide*);
- Visokotlačna živa (engl. *HPL – High Pressure Mercury*).

Navedene zastarjele tehnologije se zbog svojih loših svojstava te kod nekih i štetnih sastavnih dijelova po okoliš i zdravlje, nastoje potpuno izbaciti i zamijeniti s LED tehnologijom. U razvoj LED tehnologije se danas ulaže najviše sredstava od svih tehnologija, kako bi ona postala što više energetski učinkovita uz što manja proizvodna ulaganja i što manju štetnost za okoliš prilikom proizvodnje i odlaganja nakon isteka životnog vijeka.

Najvažnije prednosti LED tehnologije u odnosu na ostale su iduće:

- Manje uložene snage s istim svjetlosnim tokom i nižim operativnim gubicima;
- Produženi životni vijek trajanja koji se odražava i na manje troškove održavanja;
- Izvrstan indeks uzvrata boje (engl. *CRI – Color Rendering Index*)
- Visoki stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode (engl. *IP – International Protection*) te mehaničkih udara (engl. *IK – Impact Protection*);
- Brzo postizanje pune izlazne jakosti svjetlosti;
- Brzi prijelaz iz uključenog i isključenog stanja bez štetnih učinaka;
- Itd.

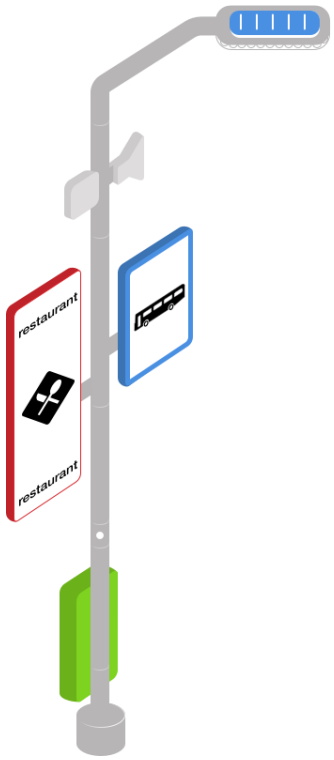
Glavni nedostatak LED tehnologije su znatno veći početni proizvodni troškovi same svjetiljke, ali isto tako i vrlo skupa pripadajuća oprema koja može često imati kratak životni vijek. Zbog znatnog konstantnog poboljšavanja performansi LED tehnologije, uklanjanje ovih nedostataka se predviđa u skorijoj budućnosti [8].

Uz najnovije sustave javne rasvjete kao dijelove pametnog grada, koji se temelje na LED tehnologiji, postoji mnogo dodatnih značajki koje se mogu integrirati u infrastrukturu javne rasvjete.

Neke od dodatnih značajki su:

- Napajanje svjetiljke preko solarnog panela;
- Bežični daljinski upravljački sustav;
- Digitalni ulični znakovi;
- Reklame;
- RGBA (engl. *Red Green Blue Alpha*) obavijesti;
- Stanica za napajanje električnih vozila i bicikala;
- Brojač prometa;
- Zvučnici;
- Senzori kvalitete zraka;
- Dekorativna rasvjeta;
- Prikaz razine vode;
- *Push-to-talk* usluga;
- *Wi-Fi* i mobilna mreža.

Slika 2.2 prikazuje primjer integracije novih značajki koje daju sasvim novu dimenziju javnoj rasvjeti, u vizualnom, ali i funkcionalnom pogledu.

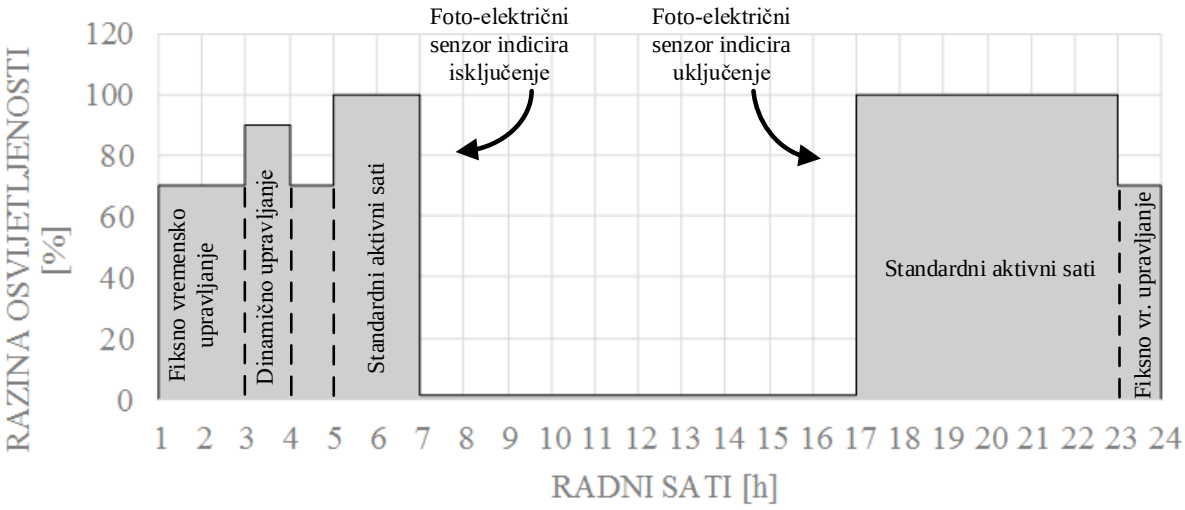


Slika 2.2 Stup javne rasvjete sa dodatnim značajkama [9]

2.3 Sustav upravljanja javnom rasvjetom

Svaki moderni grad nastoji osigurati odgovarajuću razinu uštede energije, veću učinkovitost sustava, sigurnost, pouzdanost i kvalitetu sustava javne rasvjete. Sustavi upravljanja javnom rasvjetom pretvaraju rasvjetna tijela u upravljive izvore svjetla (dimanje), omogućavaju mjerenje raznih parametara i optimizaciju svakog rasvjetnog tijela pojedinačno, te točnu lokaciju svakog kvara ili oštećenja. Današnji upravljački sustavi u pametnim gradovima omogućavaju upravljanje, kontrolu i nadzor većinom za skupine LED rasvjetnih tijela zbog njihove adekvatne mogućnosti dimanja.

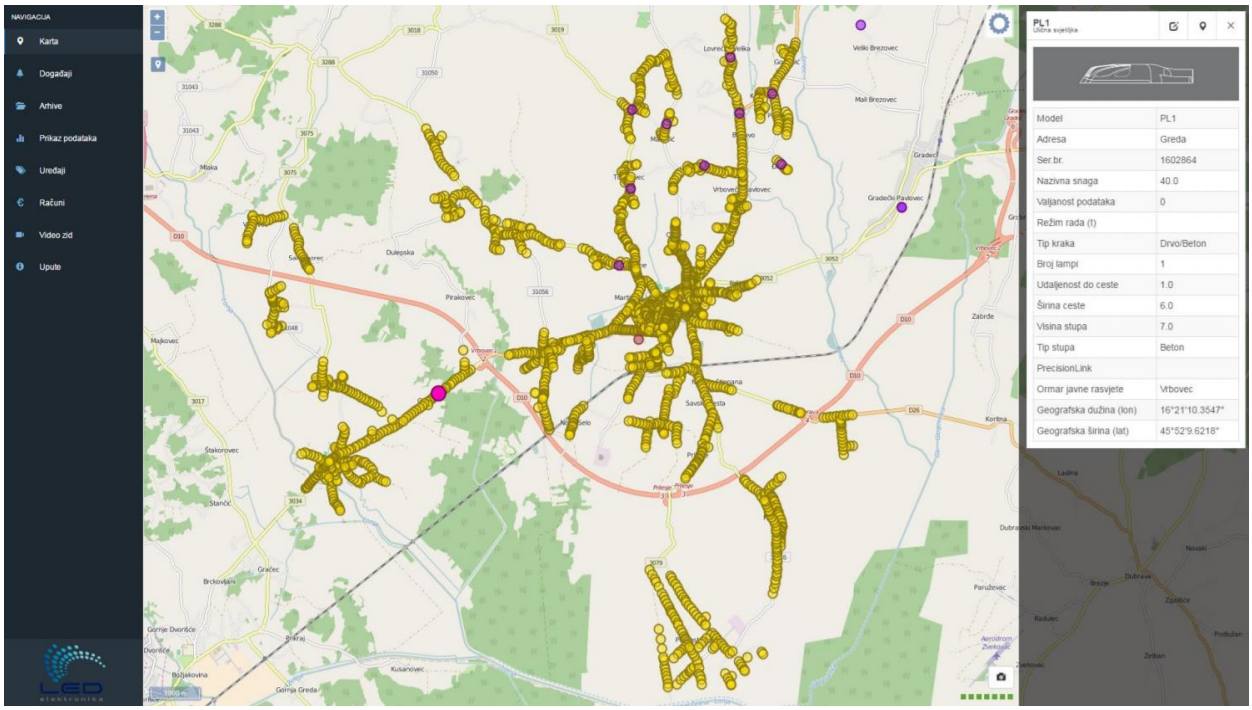
Upravljanje razinom osvijetljenosti za javnu rasvjetu je vrlo fleksibilno i može kombinirati različite okidače, odnosno događaje uključenja. Oni mogu biti bazirani na unaprijed određenom vremenu rada i dinamičkim uvjetima u stvarnom vremenu, kao što su gustoća prometa, vrijeme izlaska sunca, intenzitet svjetlosti, itd. Slika 2.3 prikazuje primjer operativnog profila javne rasvjete u periodu od jednog dana.



Slika 2.3 Primjer dnevnog operativnog profila [10]

Operativni profil iz primjera se sastoji od standardnih aktivnih sati s razinom osvijetljenosti od 100 %, fiksnih vremenskih perioda koji se određuju na temelju unaprijed određenog rasporeda i dinamičkog perioda koji je implementiran u fiksni period i temeljen je na promjenama događaja u prometu. Za primjer, postoje senzori koji detektiraju nadolazeće vozilo ili pješake te šalju informacije u centralni upravljački sustav (engl. *CMS – Central Management System*) koji potom mijenja razinu osvijetljenosti za odgovarajuću vrijednost u određenom vremenu. Nakon prolaska, razina osvijetljenosti se vraća na standardnu vrijednost. Promjene u prometu su samo jedan primjer, dinamički događaji se mogu implementirati pomoću bilo kojeg drugog adekvatnog vanjskog senzora ili unosom odgovarajućih ulaznih podataka.

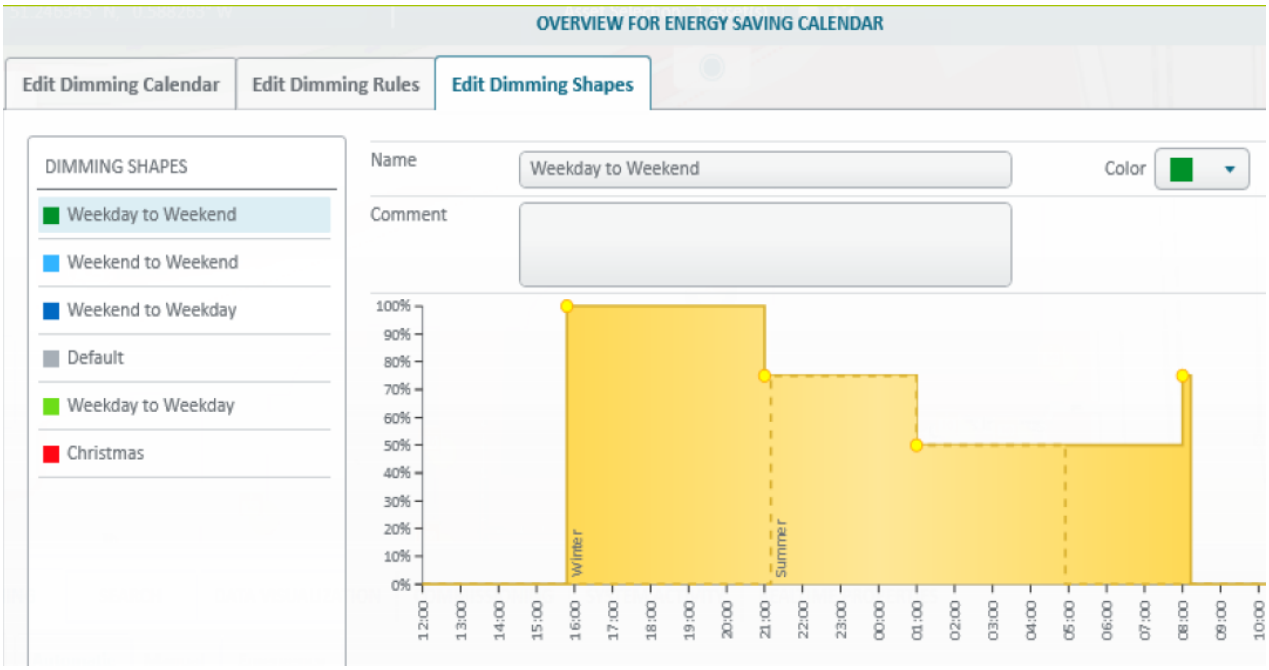
Svaki pametni sustav javne rasvjete zahtijeva specijalizirano programsko sučelje za daljinsku kontrolu, nadzor i upravljanje. Programsko sučelje je preko mrežnih kontrolnih protokola i standarda povezano sa svim rasvjetnim tijelima na određenom geografskom području. Baza programskog sučelja je geografska karta s pozicijom svakog rasvjetnog tijela na prikazanom području (Slika 2.4).



Slika 2.4 Primjer programskog sučelja za upravljanje javnom rasvjetom [11]

Odabirom bilo kojeg rasvjetnog tijela dobivamo njegove osnovne podatke. Podaci uključuju mnogo korisnih informacija kao što su tip modela, adresa na kojoj se nalazi rasvjetno tijelo, serijski broj, nazivna snaga, valjanost podataka, režim rada, tip kraka, broj lampi, udaljenost od ceste, širina ceste, visina stupa, tip stupa, pripadajući ormar javne rasvjete, geografska dužina i širina, te ilustracija rasvjetnog tijela. Nadalje, moguć je i prikaz transformatorske stanica odgovorne za napajanje određenog rasvjetnog tijela te njezine osnovne informacije zajedno s angažiranom snagom.

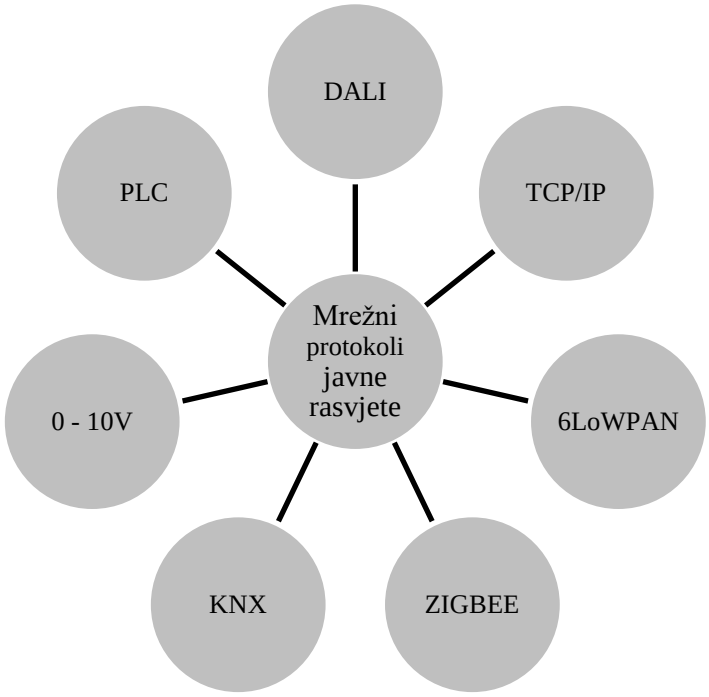
Softver pruža i mogućnost pregleda stanja javne rasvjete, potrošnje električne energije i razine osvijetljena u stvarnom i prošlom vremenu te upozorava na moguće greške i kvarove zajedno s njihovim točnim položajem. Jedna od najvažnijih specifikacija softvera je mogućnost izrade vlastitih operativnih profila sa zahtijevanom razinom osvijetljenosti. Moguće je napraviti raspored razine osvijetljenosti i potrošnje energije za svaki sat u jednom danu, tjednu ili čak cijeloj godini (Slika 2.5).



Slika 2.5 Definiranje operativnog profila u programskom sučelju [12]

3 UPRAVLJAČKI MREŽNI PROTOKOLI I STANDARDI JAVNE RASVJETE

Kako bi se omogućila neprestana komunikacija između pojedinih komponenata u sustavu javne rasvjete te između sustava javne rasvjete i središnjeg računalnog sustava koristi se jedan ili više različitih upravljačkih mrežnih protokola. Mrežni protokol u javnoj rasvjeti predstavlja skup standarda i pravila koji omogućuju prikaz i ovjeru prikupljenih podataka te detekciju i ovjeru mogućih pogrešaka u sustavu javne rasvjete. Šire geografsko područje obuhvaća više mreža javne rasvjete s više različitih upravljačkih mrežnih protokola. Kako većina upravljačkih protokola nisu međusobno kompatibilni, svaki mrežni sustav zahtjeva zasebni centralni upravljački sustav. Slika 3.1 predstavlja najčešće korištene upravljačke mrežne protokole u javnoj rasvjeti.



Slika 3.1 Upravljački mrežni protokoli koji se koriste u javnoj rasvjeti

DALI (engl. *Digital Addressable Lighting Interface)* je najčešće korišteni digitalni komunikacijski protokol u području rasvjete. Dizajniran je kako bi bio vrlo jednostavan za instalaciju i prilagodbu te je kompatibilan sa različitim proizvođačima rasvjete. Svaka jedinica u DALI mreži ima svoju vlastitu adresu Nedostatak ovog protokola je ograničeni broj čvorova koje može kontrolirati (64), što je u području javne rasvjete, gdje je prisutno u nekim slučajevima preko 1000 čvorova, veliki problem.

TCP/IP (engl. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol)* je sveprisutan protokol korišten od strane Interneta, World Wide Weba i većine mrežno povezanih računalnih sustava za razmjenu podataka. Budući da je TCP/IP protokol široko prisutan, preko Interneta omogućuje upravljanje velikim sustavima za rasvjetu što uključuje i javnu rasvjetu. Komunikacija se može odvijati bežično (WiFi) te je stoga upravljanje javnom rasvjetom moguće za neograničen broj korisnika s bilo kojeg mjesta gdje je prisutna internetska veza. TCP/IP sam po sebi nema informacijski sadržaj ili podatke te stoga zahtjeva interakciju sa ostalim sustavima poput DALI ili ZIGBEE sustava.

6LoWPAN (engl. *Low power Wireless Personal Area Networks*) protokol je najnovije rješenje u sustavima pametne rasvjete visoke kompatibilnosti i primjene. 6LoWPAN je baziran na IP protokolu i sastavljen od više protokola koji zajedno čine cjelinu koja omogućuje upravljanje sustava pametne rasvjete (CoAP, UDP, IPv6, ICMP, RPL, IEEE 802.15.4). 6LoWPAN omogućuje bežičnu povezanost između komponenti javne rasvjete te upravljačkog sustava i omogućuje *Smart metering* sustav, odnosno pametno upravljanje i evidenciju nad svim komponentama sustava.

ZIGBEE je bežični mrežni standard za nadzor i kontrolu koji koristi digitalni radio odašiljač male snage baziran na IEEE 802.15.4 protokolu za WPANs (engl. *Wireless Personal Area Networks*). Baziran je na radio – frekvencijskim (RF) aplikacijama koje karakterizira niska brzina prijenosa podataka te sigurna mrežna razmjena podataka. ZIGBEE je vrlo jednostavan za korištenje, siguran, pouzdan te prigodan za sustave javne rasvjete. ZIGBEE omogućuje samo osnovne mogućnosti upravljanja za razliku od 6LoWPAN protokola koji omogućuje pametno upravljanje (Smart metering).

KNX (Konnex) je mrežni standard za nadzor i kontrolu rasvjete koji je u potpunosti usklađen s normom EN 50090. KNX je prvenstveno predviđen za sustave unutarnje rasvjete, no u manjem postotku i u sustavima javne rasvjete. Baziran je na radio – frekvencijskim ili IP aplikacijama te ga karakterizira niska brzina prijenosa informacija te nizak frekvencijski doseg zbog čega je pogodniji prvenstveno za unutarnju rasvjetu i za manje sustave javne rasvjete.

0 – 10V je analogni upravljački protokol koji u osnovi koristi napon između 0 i 10 volti istosmjerne struje kako bi proizveo različitu razinu osvijetljenosti. 0 – 10V je jedan od najstarijih i najjednostavnijih protokola koji se sastoji od dva paralelna voda sa paralelnim priključnicama osjetljivim na polaritet. Dva paralelna voda su povezana sa svim kontrolnim uređajima. Ovaj protokol se sve manje upotrebljava u javnoj rasvjeti zbog sve razvijenijih digitalnih kontrolnih protokola koji omogućuju bežično upravljanje javnom rasvjetom.

PLC (engl. *Power Line Communication*) je vrlo isplativi način komunikacije koji koristi već postojeću mrežu za napajanje i baziran je na prijenosu signala frekvencije 50 Hz pri naponu i do 230 V. Kako sustav javne rasvjete ima svoju mrežu za napajanje, nisu potrebni dodatni vodovi za komunikaciju između rasvjete i centralnog upravljačkog sustava što ovaj sustav čini vrlo jednostavnim i ekonomski isplativim. Zbog prisutnosti mnogo elemenata u prijenosnoj mreži, može doći do gubitaka informacija što uzrokuje nesigurnost ovakvog načina komunikacije.

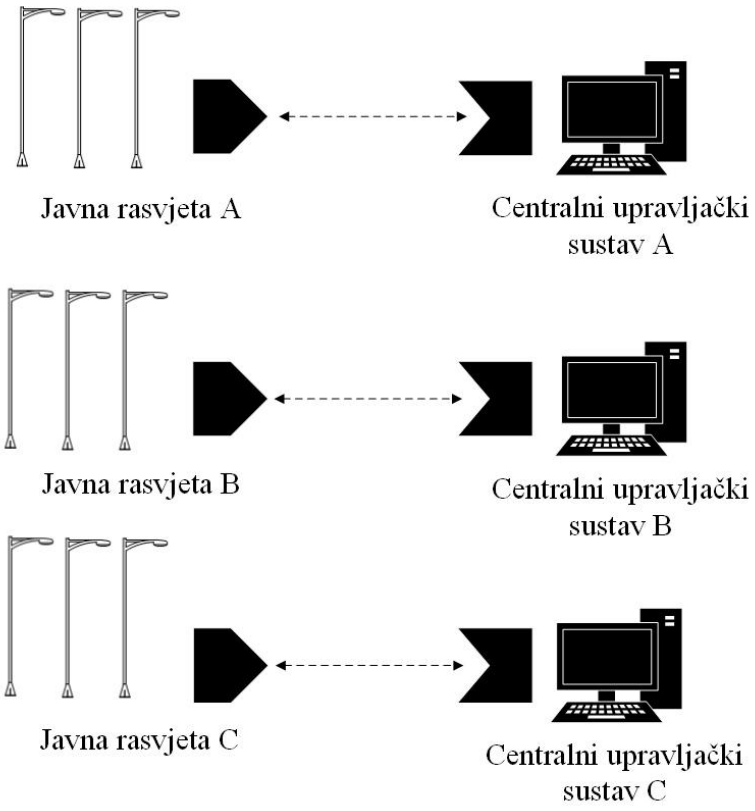
Tablica 3.1 prikazuje prednosti i nedostatke koji karakteriziraju svaki prethodno navedeni upravljački mrežni protokol javne rasvjete.

Tablica 3.1 Prednosti i nedostaci pojedine vrste protokola

Vrsta protokola	Prednosti	Nedostaci
DALI	- kompatibilnost sa raznim proizvođačima rasvjete; - niska cijena sustava; - jednostavna instalacija i prilagodba.	- ograničen broj čvorova koje može kontrolirati na 64.
TCP/IP	- široko prisutan protokol; - neograničen broj korisnika.	- nedostatak informacijskog sadržaja ili podataka; - nema garancije na vrijeme odziva.
6LoWPAN	- velika kompatibilnost i primjena; - mogućnost pametnog upravljanja i mjerenja potrošnje.	- visoka cijena; - upravljanje samo LED tehnologijom.
ZIGBEE	- jednostavno i sigurno korištenje; - visoka pouzdanost; - niska cijena.	- niska brzina prijenosa podataka; - samo osnovne mogućnosti upravljanja.
KNX	- jednostavno korištenje; - niska cijena;	- nizak frekvencijski doseg; - niska brzina prijenosa; - prvenstveno za male sustave rasvjete.
0 – 10V	- jednostavno upravljanje i otklanjanje kvara; - tanki vodovi za komunikaciju;	- korištenje puno kanala, što ga čini nepreglednim i skupim; - malo mogućnosti upravljanja.
PLC	- primjena na već postojeću infrastrukturu; - jednostavan i ekonomski isplativ.	- žični prijenos nesiguran; - gubitak informacija zbog prevelikog broja elemenata u mreži.

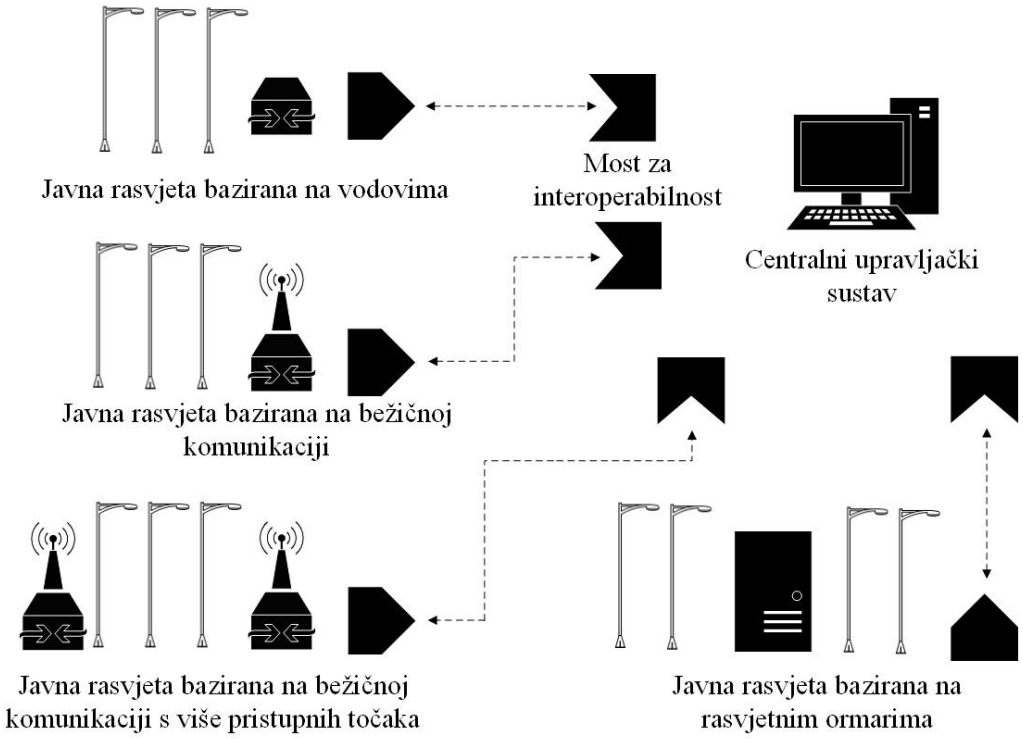
4 STANDARDIZIRANI SUSTAV ZA UPRAVLJANJE JAVNOM RASVJETOM

Različiti proizvođači javne rasvjete koriste mnogo različitih softverskih i hardverskih rješenja za praćenje i upravljanje javnom rasvjetom. Općenito, to nije najbolje rješenje jer nije vjerojatno da će svaka mreža javne rasvjete u jednom gradu biti od istog proizvođača i s istim upravljačkim mrežnim protokolom. S obzirom na pravila i postupak javne nabave te uvjete nabave, nije moguće uvijek odabrati istog proizvođača rasvjetnih tijela i opreme. Ovaj problem je vrlo nezgodan za dispečere i održavatelje javne rasvjete jer u tom slučaju moraju s nekoliko različitih upravljačkih programskih sučelja. Kod takvih sustava potrebno je imati više centralnih upravljačkih sustava za svako područje javne rasvjete, odnosno svakog proizvođača posebno. Slika 4.1 prikazuje ilustraciju strukture javne rasvjete kojom upravlja više centralnih upravljačkih sustava s različitim softverskim i hardverskim rješenjima.



Slika 4.1 Struktura javne rasvjete upravljanje s različitim softverima

Budući da većina različitih sustava javne rasvjete nije međusobno kompatibilna, postoji potreba za mnogo različitih centralnih upravljačkih sustava za svakog proizvođača. Vrlo je teško upravljati s mnogo različitih CMS-ova koji nisu međusobno interoperabilni. Jedno rješenje za ovakav problem je uvođenje posebnog standardiziranog mrežnog upravljačkog protokola s mnogo standardiziranih interoperabilnih mostova kako bi se broj CMS-ova smanjio na samo jedan. To je tehnologija koja povezuje i pretvara mnogo upravljačkih protokola javne rasvjete na jedinstveni standardni protokol koji se može pročitati i obraditi s jednim CMS-om umjesto više njih (Slika 4.2).

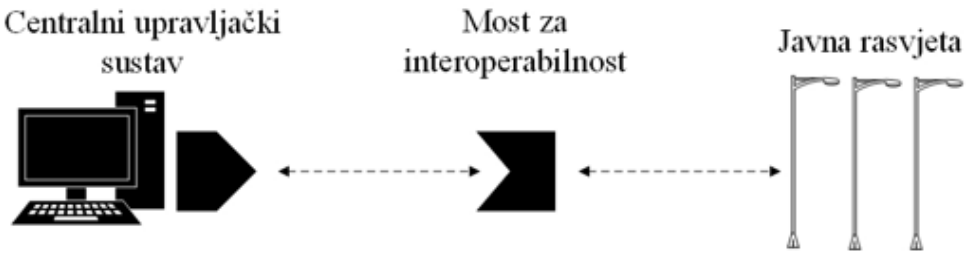


Slika 4.2 Struktura interoperabilnosti između javne rasvjete i centralnog upravljačkog sustava

Ovakav način upravljanja podržava sve vrste mreža javne rasvjete, kao što su mreže bazirane na vodovima, bežične mreže s jednom ili više pristupnih točaka te mreže te mreže bazirane na rasvjetnim ormarima. Ova tehnologija omogućava značajne uštede u održavanju i upravljanju jer je potreban samo jedan CMS umjesto mnogo njih, tako da je upravljanje mrežom javne rasvjete znatno pojednostavljeno.

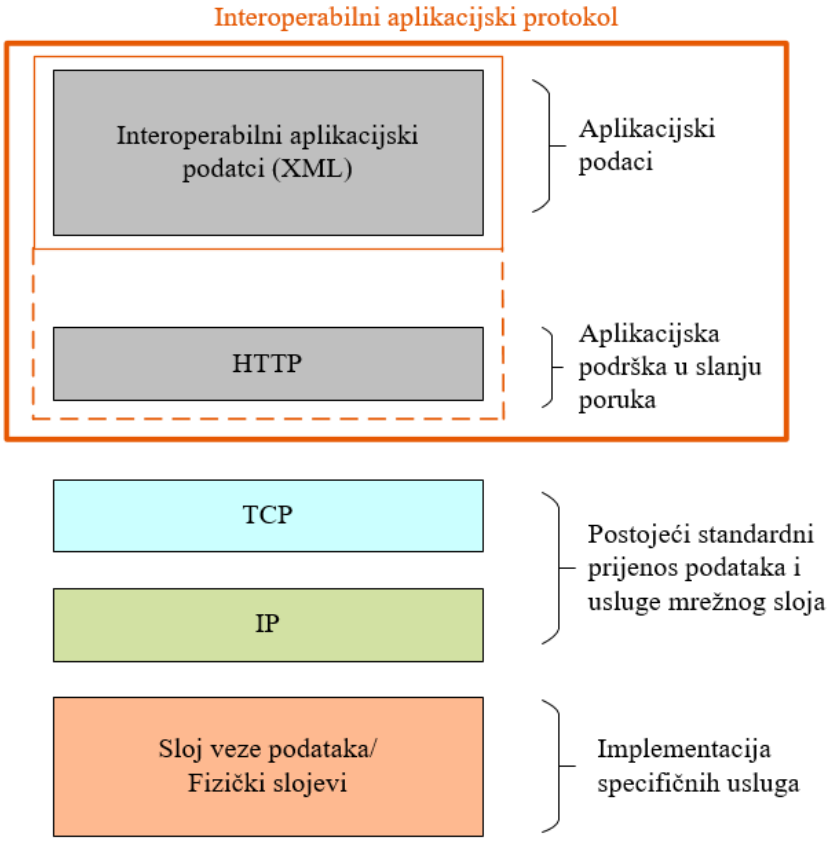
4.1 Skup protokola za interoperabilnost

Interoperabilni sustav definira aplikacijski sloj prema OSI modelu, uključujući vrste poruka, format podataka, parametre i ponašanja između javne rasvjete, interoperabilnog mosta i centralnog upravljačkog sustava. Slika 4.3 prikazuje princip povezanosti centralnog upravljačkog sustava preko mosta za interoperabilnost s mrežom javne rasvjete.



Slika 4.3 Povezanost centralnog upravljačkog sustava preko interoperabilnog mosta s javnom rasvjetom

Na temelju povezanosti ove tri komponente, moguće je prikazati referentni model skupa protokola za interoperabilnost (Slika 4.4).



Slika 4.4 Referentni model protokola za interoperabilnost

Jedno od usvojenih načela dizajna ovakvog modela je iskoristiti postojeće standardne industrijske protokole što je više moguće kako bi se fokus usredotočio uglavnom na aspekte primjene rasvjete. Kao takav, interoperabilni aplikacijski protokol se oslanja na temeljne usluge prijenosa podataka i usluge mrežnog sloja kako bi se uspostavila komunikacija između početnih i krajnjih točaka, odnosno centralnog upravljačkog sustava i javne rasvjete. Gornji sloj definira skup poruka, tipova podataka i elemenata potrebnih za modeliranje resursa, funkcija i usluga koje ispunjavaju uvjete aplikacije javne rasvjete. Svi aplikacijski podaci su kodirani u XML (engl. *Extensible Markup Language*) obliku i prenose se preko aplikacijskog sloja za slanje poruka baziranog na HTTP (engl. *HyperText Transfer Protocol*) protokolu. Aplikacijska podrška u slanju poruka (HTTP), prijenos podataka i mrežni slojevi pripadaju dijelu referentnog protokola i stoga su specificirani za testiranje usklađenosti svih komponenata u sustavu.

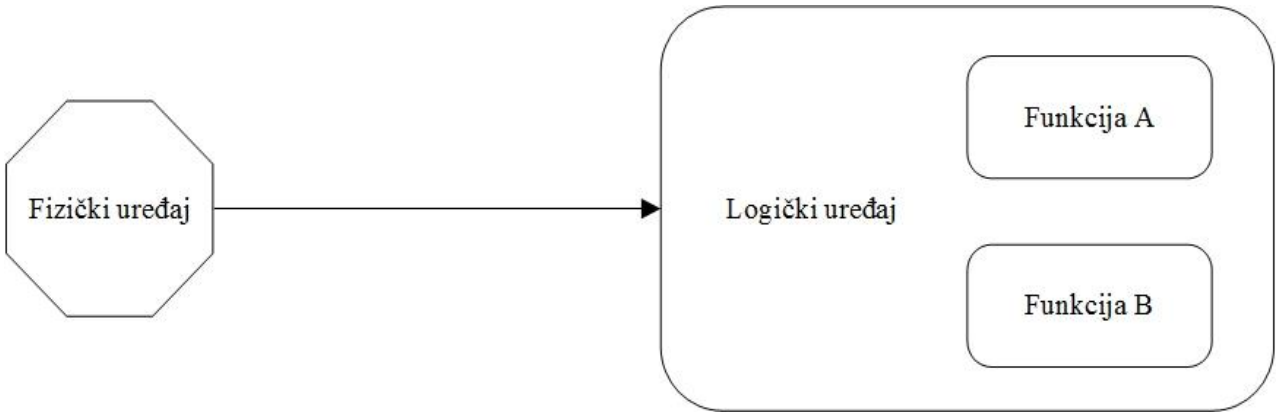
Različiti slojevi veze podataka i fizički slojevi koji se nalaze na dnu modela, mogu se koristiti u osiguravanju potpunih rješenja zahtjeva. Slojevi veze podataka i fizički slojevi su generalno izvan opsega interoperabilog aplikacijskog protokola, ali su ostavljeni za implementaciju specifičnih usluga. Interoperabilna aplikacija je nezavisna o donjim slojevima, a krajnje točke sustava mogu komunicirati preko bilo kojeg fizičkog sloja (npr. bežična ili opcija spoja s vodovima), sve dok je moguće uspostaviti neophodne usluge transporta i mrežnog sloja.

Interoperabilni aplikacijski protokol je baziran na modelu klijent – poslužitelj u kojem centralni upravljački sustav predstavlja poslužitelja koji obuhvaća sve resurse, a interoperabilni most predstavlja klijenta koji ažurira stanje sustava, prima naredbe i zahtjeve iz CMS-a te ih prosljeđuje do javne rasvjete gdje se navedene naredbe provode. U ovom modelu CMS (poslužitelj) može i asinkrono slati ažuriranja resursa i naredbi do interoperabilnog mosta. Važno je naglasiti da interoperabilni most ima kontrolu nad specifičnim upravnim jedinicama, kao i mogućnost izvršavanja određenih akcija unutar mreže javne rasvjete.

4.2 Interoperabilni podatkovni model

Interoperabilna aplikacija implementira model podataka u kojem su resursi cjelokupnog sustava i određene funkcionalnosti sustava, grupirane u funkcijama unutar logičkih uređaja (npr. uključenje rasvjete, mjerenje različitih parametara i senzori). Logički interoperabilni uređaj je ustvari logički prikaz uređaja koji implementiraju jednu ili više funkcija. Funkcije se sastoje od skupa karakteristika i događaja koji opisuju i podržavaju određenu funkcionalnost. Primjerice, logički uređaj koji modelira upravljanje svjetiljke može uključivati kontrolu rasvjetnog tijela, nadzor i

mjerenje zadanih parametara rasvjete. Slika 4.5 prikazuje koncept odnosa između fizičkog uređaja, funkcija i logičkog uređaja.

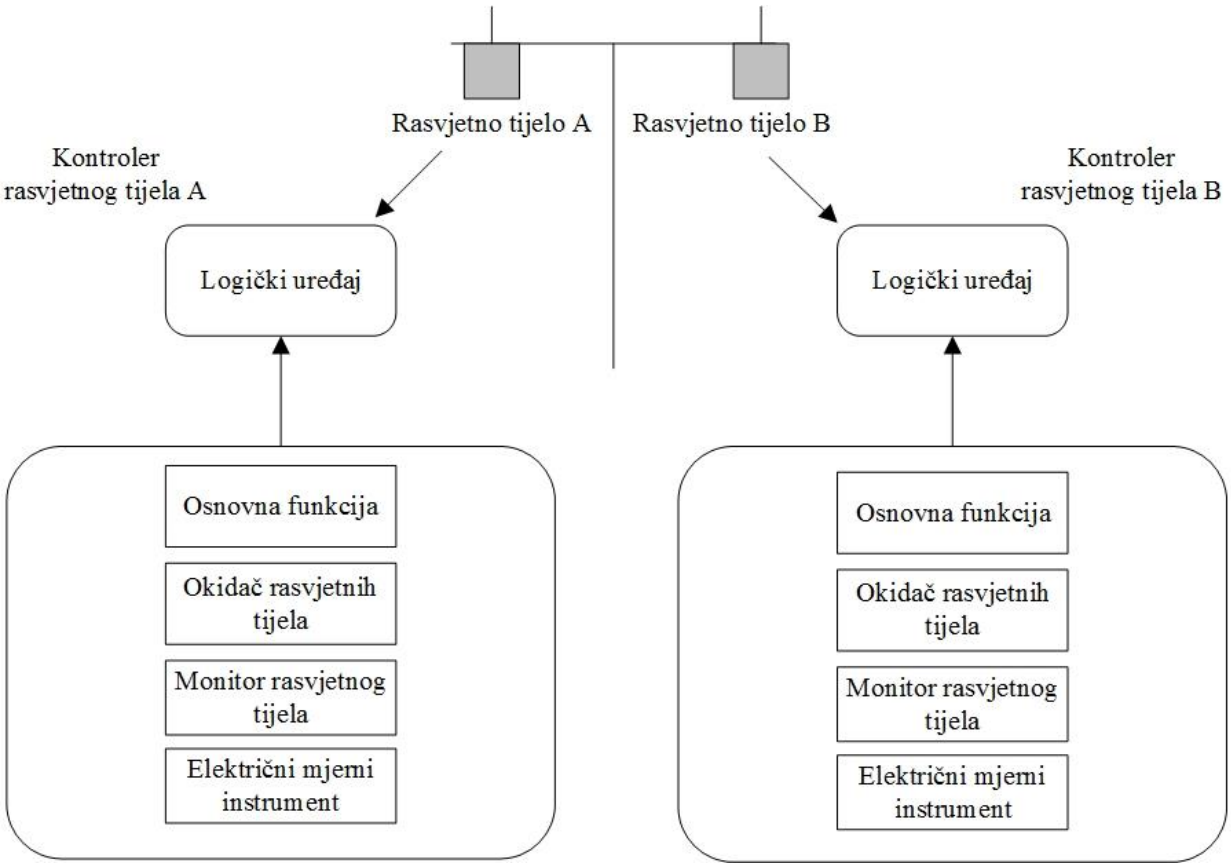


Slika 4.5 Odnos između fizičkog uređaja, funkcija i logičkog uređaja [10]

Potrebno je naglasiti da logički uređaj može implementirati jednu ili više funkcija, ali da je moguće i više logičkih uređaja implementirati u jednom fizičkom uređaju. Isto tako i više fizičkih uređaja može biti modelirano kao jedan logički uređaj.

Funkcije se sastoje od mnogo različitih atributa i događaja koji opisuju funkcionalnost logičkog uređaja. Neke od funkcija su osnovna funkcija, komunikacija, okidač rasvjetnih tijela, monitor rasvjete, električni mjerni instrument, foto – električni senzor, vremenske funkcije, itd.

Općenito, logički uređaji mogu se koristiti za modeliranje fizičkih uređaja kojima se pojedinačno upravlja unutar javne rasvjete. Tipični logički uređaji uključuju kontroler rasvjetnog tijela, kontroler ormara javne rasvjete, električni mjerni instrument, komunikacijski pristupnik, itd. Slika 4.6 prikazuje primjere logičkih uređaja koji mogu odgovarati fizičkim uređajima i neke od podržanih interoperabilnih funkcija.



Slika 4.6 Primjer logičkih uređaja i funkcija u javnoj rasvjeti [10]

Interoperabilni podatkovni model pruža osnovu za omogućavanje jednostavne implementacije raznih funkcija i logičkih uređaja od strane centralnog upravljačkog sustava i javne rasvjete za različite proizvođače istih. Na taj način je model otvoren za eventualna proširenja i dodatke u budućnosti rada.

4.3 Interoperabilne usluge

Interoperabilne usluge definiraju razmjenu poruka i ponašanje aplikacija potrebnih za upravljanje svojstvima funkcija u svrhu implementacije određenih karakteristika. Usluge koje su u ovom modelu omogućene su:

- **Usluga obavijesti** – definira poruke za podršku u komunikaciji između CMS-a i interoperabilnog mosta korištenjem HTTP protokola;
- **Usluga konfiguracije** – definira proces konfiguriranja i upravljanja sposobnostima sustava, uključujući ponovno podizanje sustava kod krajnjih točaka, otkrivanje uređaja i ažuriranje konfiguracije uređaja;

- **Usluga upravljanja rasvjetom** – definira podržane značajke i dodatke za upravljanje rasvjetom, kao što su planirani operativni profili rada te ručno upravljanje;
- **Usluga prikupljanja podataka** – omogućava značajke i dodatke za učinkovito skupljanje i prijenos podataka od sustava javne rasvjete do CMS-a;
- **Usluga potražnje podataka na zahtjev** – omogućava mehanizam zahtjeva i odgovora za uspostavljanje pristupa operativnim, mjernim i statusnim informacijama logičkih uređaja i javne rasvjete;
- **Usluga grupnog upravljanja** – pruža mehanizme za definiranje i upravljanje grupama logičkih uređaja i funkcija unutar logičkih uređaja;
- **Usluga prijenosa paketa podataka** – omogućava mehanizam za prijenos podatkovnih paketa koji sadrže specifične informacije od javne rasvjete, preko interoperabilnog mosta, do CMS-a.

Usluge obavijesti i konfiguracije su osnovne usluge potrebne za inicijalizaciju i konfiguraciju sustava te su stoga obavezne i za CMS i interoperabilni most. Upravljanje rasvjetom, usluga potražnje podataka na zahtjev i usluga grupnog upravljanja omogućavaju implementaciju nekoliko opcija daljinskog upravljanja i kontrole javne rasvjete.

S ovim interoperabilnim uslugama te definicijom logičkih uređaja i funkcija omogućene su osnovne značajke koje uključuju:

- Konfiguraciju sustava i nadogradnje;
- Upravljanje rasvjetom na više razina;
- Nadzor sustava i mjerenje traženih parametara.

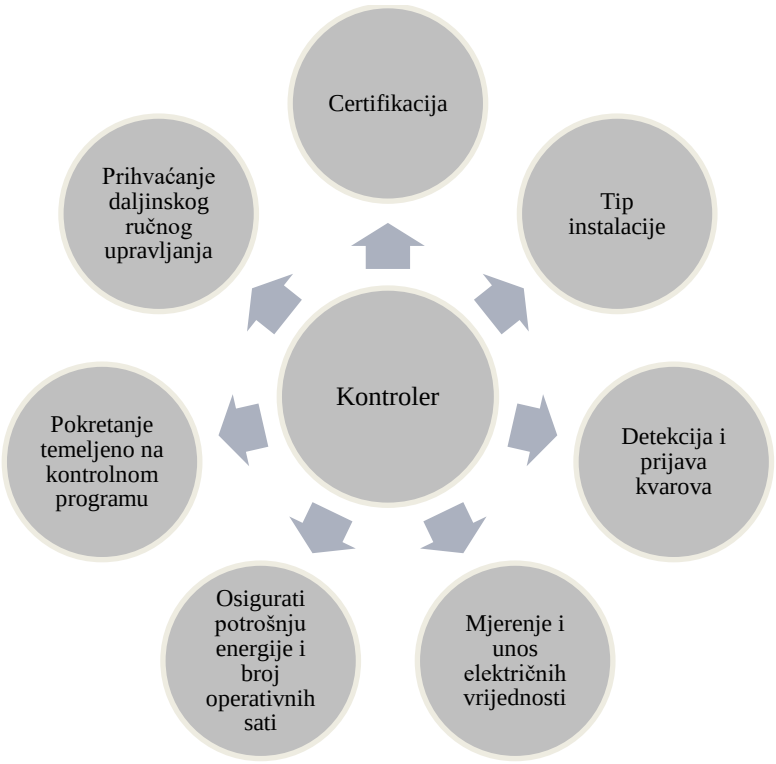
5 TEHNIČKE SPECIFIKACIJE POTREBNE ZA PRIPREMU NATJEČAJNE DOKUMENTACIJE PAMETNE JAVNE RASVJETE

Kako bi se ostvario sustav interoperabilnosti između centralnog upravljačkog sustava i javne rasvjete (Slika 4.2) prema kojem nije potrebno u sustavu koristiti hardverska i softverska rješenja jednog proizvođača, potrebno je ispuniti natječajnu dokumentaciju i uzeti u obzir mnogo tehničkih specifikacija. Specifikacije koje se traže uključuju iduće komponente i principe [13]:

- **Kontroler:** Fizički uređaj koji sadrži kontrolne i nadzorne značajke primijenjene na rasvjetno tijelo ili ormar javne rasvjete. On ima mogućnost identificiranja električnih kvarova, mjerenja različitih električnih parametara te upravljanja razinom osvijetljenosti bazirane na operativnom profilu ili ručnom upravljanju. Kontroler se u praksi često naziva i kontroler svjetlosne točke, vanjski regulator ili regulator ormara.
- **Mreža javne rasvjete:** Ovdje spadaju upravljački sustavi rasvjetnih tijela, programsko sučelje i mrežni hardver koji omogućavaju komunikaciju s centralnim upravljačkim sustavom.
- **Centralni upravljački sustav:** Sustav koji komunicira s kontrolerima kroz mrežne komponente kako bi se omogućila daljinska konfiguracija, funkcioniranje i upravljanje svim kontrolerima.

5.1 Tehničke specifikacije kontrolera

Tehničke specifikacije kontrolera su značajne kod natječajne dokumentacije za javnu rasvjetu jer one opisuju cjelokupni opseg karakteristika samog kontrolera, a time i javne rasvjete. Slika 5.1 prikazuje tehničke specifikacije kontrolera koje on mora zadovoljavati prilikom pripreme natječajne dokumentacije za javnu rasvjetu. Neke od navedenih tehničkih specifikacija moraju biti obavezne, dok su neke prepuštene slobodnom izboru, ovisno o uvjetima natječaja. Kontroler bi između ostaloga trebao biti u mogućnosti spajati se i izmjenjivati podatke s ostalim IoT i ICT rješenjima u pametnim gradovima.



Slika 5.1 Tehničke specifikacije kontrolera [13]

Certifikacija osigurava i jamči za pouzdanost i točnost korištenog uređaja za tražene uvjete rada.

Tip instalacije ovisi o državi, geografskom području i uvriježenim praksama. Kontroleri mogu uvjetovati instalaciju na ANSI 136.41 priključku sa sedam polova, u polno baziranom sustavu ili na nekom drugom mehanizmu.

Detekcija i prijava kvarova obuhvaća mogućnost otkrivanja i dostavljanja informacija o kvarovima i greškama na rasvjetnom tijelu, ne željenoj promjeni osvijetljenosti i kvarova u komunikaciji. Dobavljač bi trebao napraviti listu događaja i kvarova koje omogućuje kontroler te analizirati kako se često i kojom brzinom te informacije šalju u centralni upravljački sustav.

Mjerenje i unos električnih vrijednosti obuhvaća mjerenje i slanje relevantnih informacija iz traženog dijela mreže javne rasvjete preko kontrolera do centralnog upravljačkog sustava . Neke od vrijednosti koje se mjere su mrežni napon, jakost struje, potrošnja električne energije, uložena snaga, faktor snage, itd. Dobavljač ima obavezu napraviti listu električnih vrijednosti te analizirati kako se često i kojom brzinom te informacije šalju u centralni upravljački sustav.

Osiguravanje potrošnje energije i broj operativnih sati predstavljaju mjerenje i analizu ukupne potrošnje električne energije rasvjetnog tijela te njegov broj sati rada koji se šalju preko kontrolera

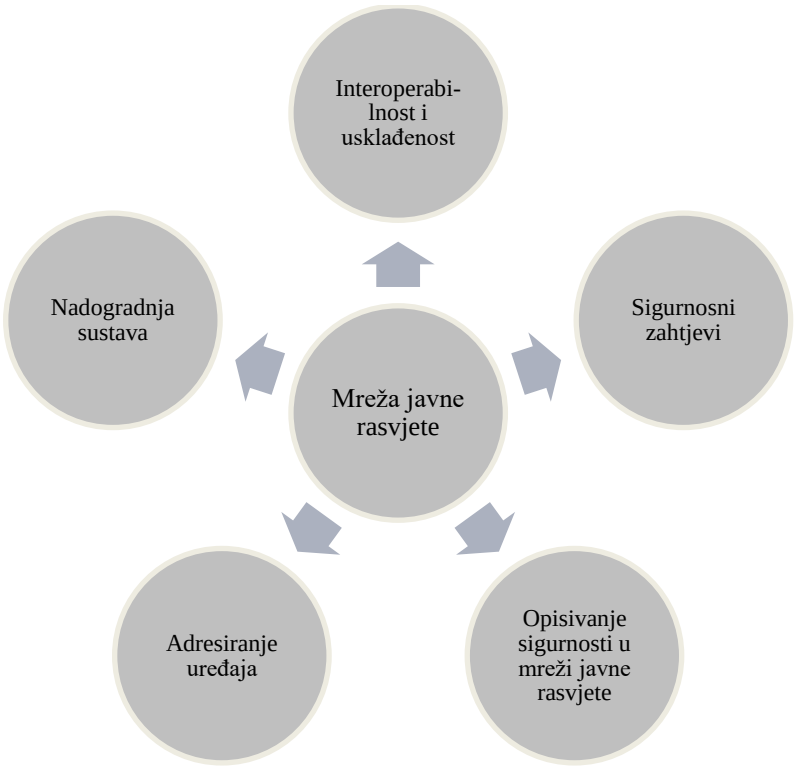
do centralnog upravljačkog sustava. Dobavljači imaju obavezu opisati koliko se često i koliko brzo ove informacije šalju.

Pokretanje temeljeno na kontrolnom programu omogućuje kontroleru uključenje, isključenje i dimanje rasvjetnih tijela bazirano na kontrolnom programu i rasporedu programiranom od strane autoriziranih krajnjih korisnika u CMS-u te slanje tih naredbi preko kontrolera u mrežu javne rasvjete. Dobavljači bi trebali naznačiti ako je razina dimanja kontinuirana ili ograničena na određenu vrijednost.

Prihvaćanje daljinskog ručnog upravljanja predstavlja obavezu kontrolera da izvršava uključenje, isključenje i dimanje kroz ručno, ne automatizirano upravljanje. Zadane naredbe se šalju preko autoriziranih krajnjih korisnika u CMS-u kroz kontroler do mreže javne rasvjete.

5.2 Tehničke specifikacije mreže javne rasvjete

Mreža javne rasvjete kao ključna komponenta ukupnog sustava mora ispuniti određene tehničke specifikacije i zahtjeve prilikom pripreme natječajne dokumentacije (Slika 5.2).



Slika 5.2 Tehničke specifikacije mreže javne rasvjete [13]

Interoperabilnost i usklađenost predstavlja obavezu mreže javne rasvjete za kompatibilnost s interoperabilnim protokolom kako bi se omogućila organizacija u nabavci i korištenju CMS-a od

različitog proizvođača nego je proizvođač javne rasvjete, a s mogućnošću upravljanja javnom rasvjetom bez smetnji.

Sigurnosni zahtjevi definiraju implementaciju različitih sigurnosnih mehanizama u javnoj rasvjeti koji će osigurati komunikaciju između CMS-a i mreže javne rasvjete.

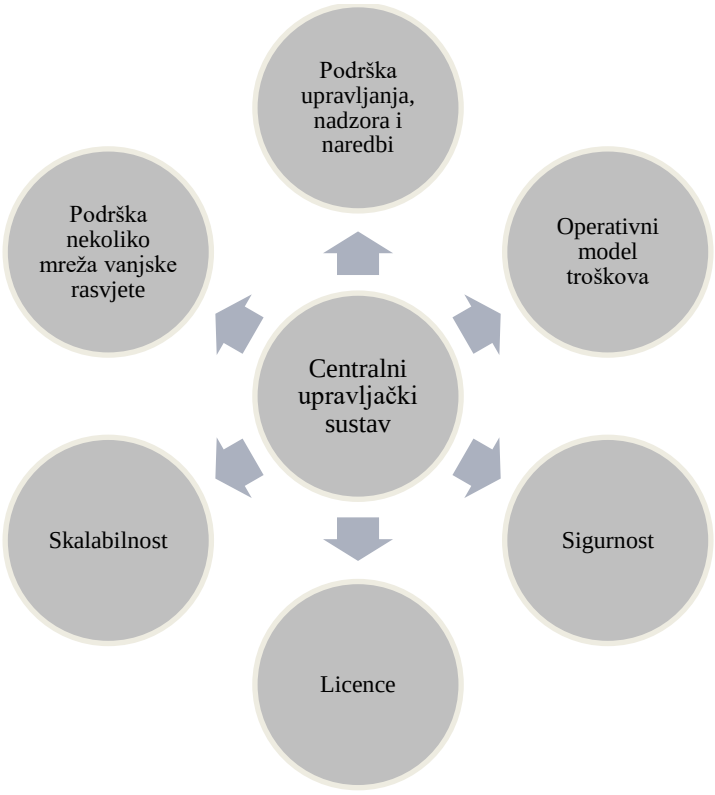
Opisivanje sigurnosti u mreži javne rasvjete predstavlja obavezu dobavljača da detaljno obrazloži i opiše sigurnosne mehanizme , bilo da su oni softveri ili hardverske komponente, uključujući i kontrolere u mreži javne rasvjete.

Adresiranje uređaja predstavlja obavezu definiranja jedinstvene adrese svakog logičkog uređaja u mreži i njezino povezivanje s CMS-om.

Nadogradnja sustava predstavlja mogućnost unaprjeđivanja i ažuriranja sustava nakon instalacije te opis načina na koji se to postiže.

5.3 Tehničke specifikacije centralnog upravljačkog sustava (CMS)

Centralni upravljački sustav poznat i kao mozak cijelog sustava, prilikom ispunjavanja natječajne dokumentacije mora zadovoljiti nekoliko tehničkih specifikacija (Slika 5.3).



Slika 5.3 Tehničke specifikacije centralnog upravljačkog sustava [13]

Podrška upravljanja, nadzora i naredbi predstavlja obavezu CMS-a u okviru osiguravanja različitih značajki i usluga kao što su daljinske naredbe, daljinska kontrola i daljinski nadzor kontrolera i bilo kojeg drugog uređaja, zavisno o odabiru dobavljača.

Operativni model troškova predstavlja ukupne očekivane operativne troškove rada sustava. Troškovi koji se navode mogu biti okvirni i temeljeni na pripadajućem tržištu.

Sigurnost predstavlja obavezu dobavljača da opiše i analizira mjere sigurnosti unutar i u blizini CMS-a kako bi se sigurnosni rizici sveli na minimum.

Licence predstavljaju potrebne potvrde koje jamče pouzdanost i točnost komponenti i uređaja koji će se koristiti u sustavu.

Skalabilnost predstavlja obavezu CMS-a da se dokaže usporedivom mjerom ovog projekta, odnosno da se omogući rast i poboljšanje, a da se pritom zadrže osnovna svojstva i funkcije.

Podrška nekoliko mreža javne rasvjete predstavlja obavezu dobavljača da naznači ograničenja u broju mreža javne rasvjete ili komponenata koje CMS može podržati.

6 *STUDIJA SLUČAJA*: GRAD VRBOVEC

Grad Vrbovec smješten je na istoku Zagrebačke županije u Republici Hrvatskoj sa ukupno 14 797 stanovnika prema popisu iz 2011. godine. Proteže se na ukupno 159,05 km^2 i sastoji od 42 naselja [14]. U gradu je isplanirana rekonstrukcija javne rasvjete, odnosno projekt povećanja energetske učinkovitosti javne rasvjete u kojem su zamijenjene zastarjele i ekološki ne prihvatljive tehnologije s energetski učinkovitom LED tehnologijom.

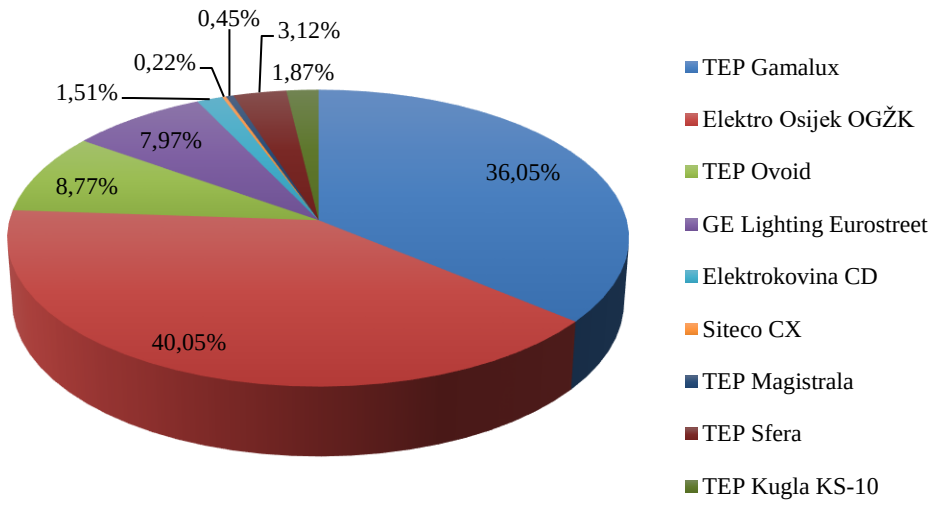
6.1 Postojeće stanje javne rasvjete

Analiza postojećeg stanja javne rasvjete načinjena je temeljem dostupnih karata javne rasvjete, studije rekonstrukcije javne rasvjete te obilaska terena, a obuhvaća prometnice grada Vrbovca i okolnih mjesta. Za razmatranje ovog projekta uzeto je instaliranih 2 247 rasvjetnih tijela različitog tipa i s različitim ugrađenim izvorima svjetlosti kojima je zajednička karakteristika da su tehnički dotrajale i zastarjele.

Tablica 6.1 i Slika 6.1 prikazuju trenutno stanje rasvjetnih tijela u gradu Vrbovcu prema tipu [15].

Tablica 6.1 Postojeće brojčano stanje svjetiljki prema tipu

Tip svjetiljke	Količina [kom]
TEP Gamalux	810
Elektro Osijek OGŽK	900
TEP Ovoid	197
GE Lighting Eurostreet	179
Elektrokovina CD	34
Siteco CX	5
TEP Magistrala	10
TEP Sfera	70
TEP Kugla KS-10	42
Ukupno:	2 247



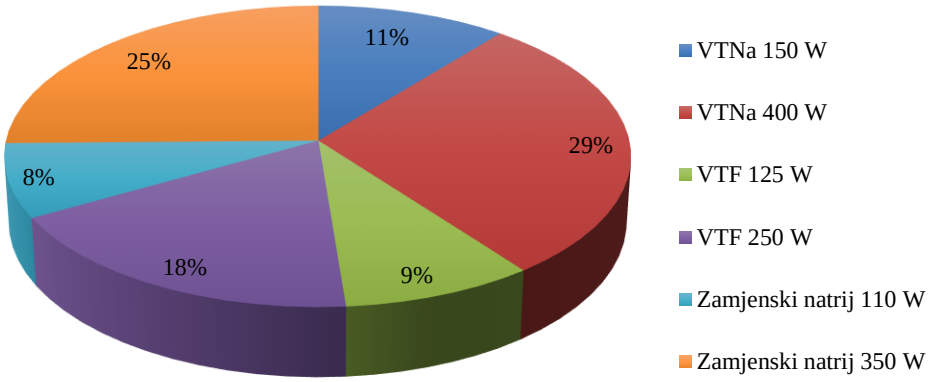
Slika 6.1 Postojeće stanje svjetiljki prema tipu

Prema izvoru svjetlosti ugrađena su rasvjetna tijela na bazi visokotlačnog natrija, visokotlačne žive i zamjenskog natrija, a one se kao izvor svjetlosti napuštaju zbog neefikasnosti te zbog štetnosti ugrađenih živinih elemenata koji se ne mogu adekvatno zbrinuti nakon što pregore. Nadalje, postojeće svjetiljke ne mogu zadovoljiti svjetlotehničke zahtjeve rasvjete prometnica prema sadašnjim potrebama građana kao i prema važećim Europskim normama kojih se potrebno pridržavati zbog nedostatka domaće regulative iz tog područja.

Tablica 6.2 i Slika 6.2 prikazuju postojeće brojčano stanje rasvjetnih tijela prema vrsti izvora svjetlosti i snazi [15].

Tablica 6.2 Postojeće brojčano stanje svjetiljki prema izvoru svjetlosti i snazi [15]

Izvor svjetlosti	Snaga [W]	Količina [kom]	Ukupna snaga [kW]
VTNa (visokotlačni natrij)	150	865	129,75
	400	11	4,4
VTF (visokotlačna živa)	125	1089	136,125
	250	99	24,75
Zamjenski natrij	110	149	16,39
	350	34	11,90
Ukupno:		2 247	323,315

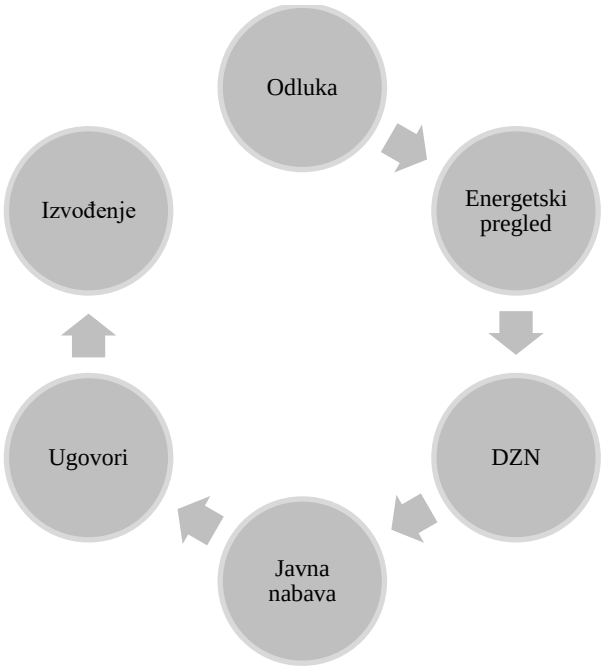


Slika 6.2 Postojeće stanje svjetiljki prema izvoru svjetlosti i snazi

6.2 Životni ciklus projekta

Projekt rekonstrukcije i povećanja energetske učinkovitosti javne rasvjete ostvaren je preko ESCO (engl. *Energy Service Company*) modela. ESCO predstavlja generičko ime koncepta na tržištu usluga na području energetike koje obuhvaća razvoj, izvedbu i financiranje projekata s ciljem poboljšanja energetske učinkovitosti i smanjenja troškova za pogon i održavanje [16]. Postoje dva tipa ESCO modela – Ugovor o energetskom učinku (EPC) i Javno-privatno partnerstvo (JPP).

Cilj svakog projekta je smanjenje troškova za energiju i održavanje ugradnjom nove učinkovitije opreme i optimiziranjem energetskih sustava, čime se osigurava otplata investicije kroz ostvarene uštede u razdoblju od nekoliko godina ovisno o klijentu i projektu. Naime, korištenjem spomenutog modela nije potrebna investicija za provedbu mjera, već se mjera provede od strane vanjskog investitora. Investicija se vraća od ušteda nastalih provedbom definirane mjere za određeni broj godina. Korisnici ESCO usluge mogu biti privatna i javna poduzeća, ustanove i jedinice lokalne samouprave. Slika 6.3 prikazuje osnovne faze, odnosno životni ciklus ESCO modela.



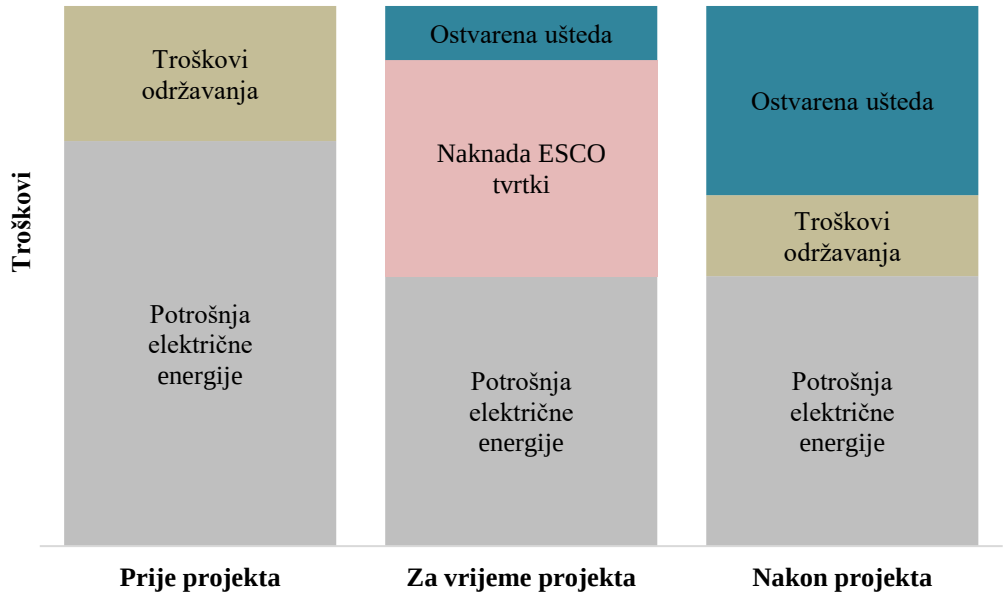
Slika 6.3 Faze ESCO modela [11]

Faze ESCO modela su:

- Odluka gradskog ili općinskog vijeća o pokretanju postupka rekonstrukcije javne rasvjete grada prema ESCO modelu te donošenja odluke o rebalansu proračuna i stavljanja stavke plana nabave u proračun. Zbog zakona o javnoj nabavi sredstva se moraju proračunski planirati bez obzira što investicijski neće teretiti račun;
- Energetski pregledi moraju sadržavati analizu postojećeg stanja javne rasvjete, određivanje referentnog stanja i prijedlog mjera energetske učinkovitosti (zamjena rasvjetnih tijela, regulacija rada, upravljanje i nadzor, daljinska mjerenja, promjena opskrbljivača električnom energijom, itd.);
- Izrada dokumentacije za nadmetanje (DZN);
- Objava natječaja na elektroničkom oglasniku javne nabave (EOJN) te provedba i odluka;
- Potpisivanje ugovora o energetskom učinku;
- Izvođenje koje obuhvaća izradu glavnog projekta energetske učinkovitosti javne rasvjete, provođenje mjera (razdoblje rekonstrukcije), praćenje mjera (razdoblje zajamčenih ušteda).

Naime, korištenjem spomenutog modela nije potrebna investicija za provedbu mjera, već se mjera provede od strane vanjskog investitora. Investicija se vraća od ušteda nastalih provedbom definirane mjere za određeni broj godina. Korisnici EPC usluge mogu biti privatna i javna

poduzeća, ustanove i jedinice lokalne samouprave. Način provedbe EPC-a prikazan je u nastavku, Slika 6.4.



Slika 6.4 Način provedbe EPC-a

Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru definira ugovaranje energetske usluge temeljem Ugovora o energetskom učinku. EPC se smatra ekvivalentu ugovora o robnom zajmu sa pruženim jamstvima na tehničke karakteristike opreme. Ukoliko je naknada za uslugu manja od zajamčenih ušteda, sukladno prethodno spomenutoj uredbi, EPC ugovor se ne smatra javnim dugom u smislu Zakona o proračunu sukladno prethodno spomenutoj Uredbi. Dodatno, članak 88. Zakona o proračunu navodi kako se JLS smije zadužiti i više od dozvoljenih 20 % ukoliko se radi o EU projektima i projektima energetske učinkovitosti. Jedinicama lokalne samouprave predlaže se da za svaki slučaj dostave Ministarstvu financija upit u kojem navode da će pokrenuti postupak odabira ESCO partnera te u kojem također navode da će naknada biti manja od ušteda.

6.3 Provedba rekonstrukcije javne rasvjete

Analiza isplativosti sustava upravljanja javnom rasvjetom je bazirana na stvarnim podacima korištenim iz primjera rekonstrukcije javne rasvjete grada Vrbovca. U gradu je zamijenjeno 2 247 tehnički zastarjelih rasvjetnih tijela na bazi visokotlačnog natrija i visokotlačne žive, s energetski učinkovitim i ekološki prihvatljivim rasvjetnim tijelima na bazi LED tehnologije. Ukupno je u

gradu instalirano novih 2 211 rasvjetnih tijela podijeljenih u dva različita tipa, ovisno o uvjetima koje zahtjeva položaj svjetiljki u gradu. Tako je potrebno 152 rasvjetna tijela snage 90 W te 2 059 rasvjetnih tijela snage 40 W. Tablica 6.5 prikazuje osnovne karakteristike za dva tipa rasvjetnih tijela.

Tablica 6.3 Osnovne karakteristike rasvjetnih tijela [15]

Osnovne karakteristike	Tip rasvjetnog tijela I	Tip rasvjetnog tijela II
Broj instaliranih rasvjetnih tijela [kom]	152	2 059
Maksimalna snaga [W]	90	40
Faktor snage	> 0,95	> 0,95
Svjetlosni tok [lm]	min. 8 500	min. 3 750
Svjetlotehnička iskoristivost svjetiljke [lm/W]	≥ 80	≥ 80
Temperatura boje [K]	max. 4000	max. 4000
Faktor uzvrata (CRI)	≥ 80	≥ 80
Faktor održavanja	0,8	0,8
Udio svjetlosti emitirane prema nebu [%]	0	0
Minimalna zaštita od prenapona [kV]	4	4
IP zaštita	IP66	IP66
IK zaštita	IK09	IK09
Jamstvo proizvođača [god]	5	5
Širina kolnika [m]	7	7
Broj voznih traka	2	2
Visina izvora svjetlosti [m]	7	7
Udaljenost optičke osi od ruba ceste [m]	2	1
Nagib svjetiljke [º]	10	10

U nastavku su prikazane formule za izračunavanje osnovnih podataka za projektirano stanje javne rasvjete. Prema projektu za rekonstrukciju javne rasvjete instalirana snaga rasvjetnih tijela računa se prema formuli:

$$P_{inst} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot n_i = (152 \cdot 90) + (2059 \cdot 40) = 96,04kW \tag{6-1}$$

gdje je:

P_{inst} – instalirana snaga rasvjetnih tijela [kW];

n_i – ukupan broj rasvjetnih tijela.

Godišnja potrošnja električne energije u javnoj rasvjeti izračunava se prema formuli:

$$W = P_{inst} \cdot t = 96,04 \cdot 3075 = 295\ 300\ kWh \quad (6\text{-}2)$$

gdje je:

W – potrošnja električne energije [kWh];

t – radni sati javne rasvjete u periodu od jedne godine [h].

Godišnji troškovi za električnu energiju računaju se prema formuli:

$$C_k = P_{inst} \cdot t \cdot c_j = 96,04 \cdot 3075 \cdot 0,56 = 165\ 300\ kn \quad (6\text{-}3)$$

gdje su:

C_k – godišnji troškovi električne energije [kn];

c_j – cijena električne energije [kn/kWh].

Sustav javne rasvjete napaja se električnom energijom na niskom naponu preko više obračunskih mjesta. Javna rasvjeta za obračun koristi tarifni model žuti. Tablica 6.4 prikazuje tarifne stavke koje se odnose na cijenu električne energije u javnoj rasvjeti za grad Vrbovec.

Tablica 6.4 Tarifne stavke

TARIFNA STAVKA	Jed. mjere	Jedinična cijena bez PDV-a [kn]
Troškovi električne energije (Tarifni model Žuti – jedinstvena tarifa)		
Električna energija	kWh	0,2875
Naknada za poticanje proizvodnje iz OIE	kWh	0,035
Trošarina za neposlovnu upotrebu el. energije	kWh	0,0075
Troškovi mrežarine (HEP – ODS d.o.o., Tarifni model Žuti)		
Električna energija	kWh	0,23
Naknada za mjernu uslugu	mj	14,70

Zbroj svih tarifnih stavki daje ukupnu cijenu električne energije od 0,56 kn/kWh bez troška mjerne usluge.

Godišnja ušteda na električnoj energiji između starog stanja i novog projektiranog stanja računa se prema formuli:

$$W_u = W_p - W_k = 1\ 316\ 590 - 295\ 300 = 1\ 021\ 290\ kWh \quad (6\text{-}4)$$

gdje je:

W_u – godišnja ušteda električne energije [kWh];

W_p – prijašnja potrošnja električne energije [kWh];

W_k – projektirana potrošnja električne energije [kWh].

Godišnja ušteda u troškovima električne energije između starog i novog stanja računa se prema formuli:

$$C_u = C_p - C_k = 737\ 290 - 165\ 300 = 571\ 990\, kn \tag{6-5}$$

gdje je:

C_u – godišnja ušteda električne energije [kn];

C_p – troškovi električne energije prije rekonstrukcije [kn];

C_k – projektirani troškovi električne energije [kn].

Podaci o godišnjim troškovima električne energije prije rekonstrukcije preuzeti su iz dolje navedene tablice (Tablica 6.5).

Godišnja ušteda na troškovima održavanja sustava javne rasvjete računa se prema formuli:

$$O_u = O_p - O_k = 250\ 000 - 12\ 000 = 238\ 000\, kn \tag{6-6}$$

gdje je:

O_u – godišnja ušteda na održavanju sustava [kn];

O_p – troškovi održavanja prije rekonstrukcije [kn];

O_k – projektirani troškovi održavanja [kn].

Jednostavni period povrata investicije računa se prema formuli:

$$JPP = \frac{I}{Cu + Ou} = \frac{6\ 500\ 000}{571\ 990 + 238\ 000} = 8,02\, god \tag{6-7}$$

gdje je:

I – cijena investicije [kn];

C_u – godišnja ušteda električne energije [kn];

O_u – godišnja ušteda na održavanju sustava [kn].

6.4 Rezultati rekonstrukcije javne rasvjete

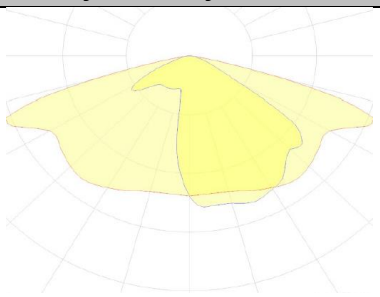
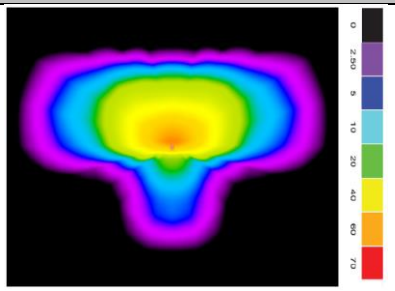
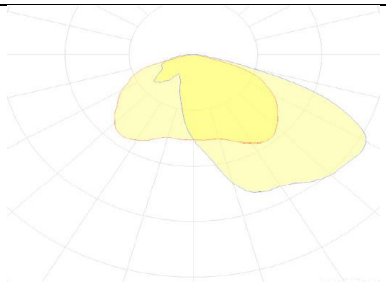
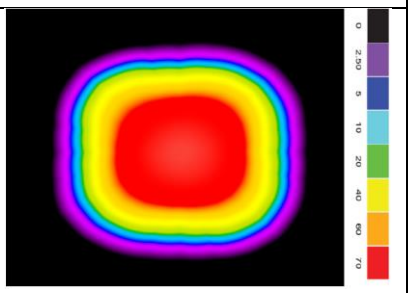
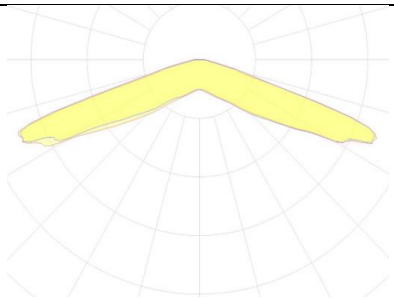
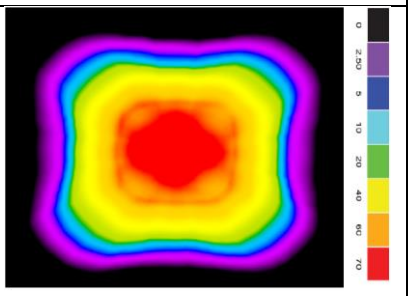
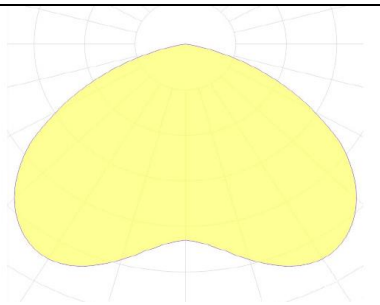
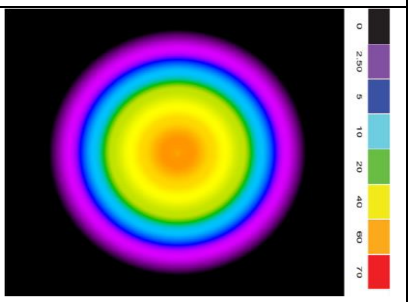
Tablica 6.5 prikazuje ukupne rezultate u rekonstrukciji javne rasvjete na temelju prethodno navedenih izračuna.

Tablica 6.5 Osnovne informacije o zamjeni rasvjetnih tijela [11]

	Zamjena rasvjetnih tijela		
	Prethodno stanje	Projektirano stanje	Izvedeno stanje
Broj instaliranih rasvjetnih tijela	2 247	2 211	2 211
Instalirana snaga [kW]	323,315	96,04	71
Godišnja potrošnja el. energije [kWh]	1 316 590	295 300	218 300
Godišnji troškovi el. energije [kn]	737 290	165 300	122 250
Godišnji troškovi održavanja [kn]	250 000	12 000	12 000
Ukupna godišnja potrošnja [kn]	987 290	190 000	147 250
Godišnja ušteda na el. energiji [kWh]	-	1 021 290	1 098 290
Godišnja ušteda na električnoj energiji [kn]	-	571 990	625 040
Godišnja ušteda na održavanju [kn]	-	238 000	238 000
Cijena investicije [kn]	-	6 500 000	5 970 000
Jedinstveni period povrata (JPP) [god]	-	8,02	6,92

Tablica prikazuje stanja rasvjetnih tijela za stanje prije zamjene, stanje definirano projektom te stanje nakon završenih radova. Razlika u uštedama između projektiranog stanja i završenih radova je postignuta odabirom odgovarajućih leća za distribuciju svjetlosti na površinu. Tablica 6.6 prikazuje nekoliko primjera različite svjetlosne distribucije na površinu koje omogućuju različiti tipovi leća.

Tablica 6.6 Primjeri i značajke različite svjetlosne distribucije [17]

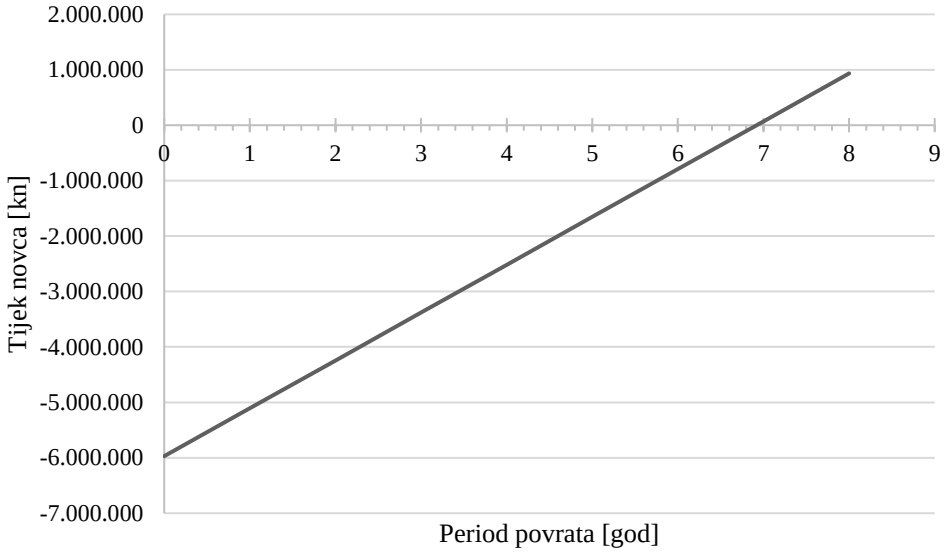
Tip i opis svjetlosne distribucije	Polarni dijagram intenziteta jakosti svjetlosti	Termovizijski prikaz distribucije svjetlosti
D3T Asimetrična distribucija pogodna za šire kolnike s pješačkim stazama s visokim fotometrijskim zahtjevima. Tip III, Medium prema IESNA klasifikaciji.		
D4T Asimetrična distribucija pogodna za veoma široke kolnike ili kolnike s pješačkim stazama s visokim fotometrijskim zahtjevima. Tip IV prema IESNA.		
DVSM Simetrična distribucija velike širine, posebno namijenjena za parkirališta i pješačke zone. Tip VS, Medium prema IESNA klasifikaciji.		
DC2 Široka simetrična distribucija vrlo visokog blještanja. Tip V, Medium prema IESNA klasifikaciji.		

Različite leće se koriste za različite uvjete te su tako posebne leće za pješačke staze, parkirališta, dvorišta, raskrižja, itd. Karakteristične lokacije zahtijevaju zasebne leće za bolju raspodjelu svjetlosti, manje svjetlosno onečišćenje i smanjenje troškova.

Broj ugrađenih rasvjetnih tijela smanjen je za 36 komada, prvenstveno zbog neodgovarajuće udaljenosti između rasvjetnih stupova. Zbog energetski učinkovite LED tehnologije, instalirana snaga je smanjena za oko 252 kW, a godišnja potrošnja električne energije za 1 098 290 kWh. Godišnji troškovi električne energije su smanjeni za 625 040 kn. Nadalje, zbog sustava za

upravljanje javnom rasvjetom, a s tim i razinom osvijetljenosti te mogućnosti dimanja, ukupni godišnji rad rasvjetnih tijela je smanjen sa 4 100 sati na svega oko 3 000 sati.

Zbog sustava automatske optimizacije te mogućnosti detekcije kvarova i nepravilnosti, održavatelji sustava znaju u realnom vremenu gdje trebaju popraviti kvar i koje rezervne dijelove trebaju osigurati te su iz tog razloga godišnji troškovi održavanja smanjeni za čak 238 000 kn. Na posljetku, konačni godišnji troškovi su smanjeni za čak 863 040 kn, iz čega proizlazi da je izvedeni period povrata investicije otprilike 6,92 godina (Slika 6.5).



Slika 6.5 Ovisnost investicije i perioda povrata

Osim ESCO modela, razdoblje povratka investicije može se dodatno smanjiti različitim izvorima sufinanciranja, kao što su nacionalni, regionalni i lokalni investicijski fondovi, europski programi financiranja (engl. *European Funding Programmes*), javno – privatno partnerstvo (JPP), zeleni krediti, itd.

7 ZAKLJUČAK

Najvažnija karakteristika svakog grada, a posebno pametnog grada je osigurati sigurnost, udobnost i pristupačnost za svakog građanina na gradskim javnim mjestima. Sustav javne rasvjete jedan je od glavnih komponenata grada koji osigurava sigurnost i udobnost, ali zasigurno je jedan od najvećih potrošača električne energije u gotovo svakom gradu. Kako bi se smanji ukupni trošak posjedovanja sustava javne rasvjete, nove tehnologije i moderne ideje stalno se razvijaju. Jedna od tehnologija je i standardizirani sustav za nadzor i upravljanje javnom rasvjetom koji omogućuje povezivanje mnoštva različitih mreža javne rasvjete sa vlastitim kontrolnim protokolima, preko standardiziranog interoperabilnog mosta u jedan centralni upravljački sustav.

Centralni upravljački sustav automatski ili ručno regulira i optimizira karakteristike rasvjete, poput potrošnje električne energije, svjetlosnog toka i razine osvijetljenosti. Rezultati takvog upravljanja su povećanje energetske učinkovitosti, manje zagađenje i niži troškovi električne energije i održavanja sustava. Ovakav način uporabe interoperabilnog mosta je relativno nov u javnoj rasvjeti pa je stoga izložen učestalim kvarovima i pogreškama koje se nastoje minimalizirati konstantnim razvojem ovakvih standarda. Programsko sučelje za upravljanje javnom rasvjetom je danas vrlo pouzdano, fleksibilno i omogućava upravljanje u realnom vremenu, ali isto tako i daje analizu traženih parametara. Tako pruža više prostora za unaprjeđenje i smanjenje potrošnje električne energije. Sustav isto tako pruža mogućnost detekcije i analize pogrešaka i oštećenja kako bi održavatelji sustava bili upoznati s problemom te ga riješili na brz i siguran način.

Sustavi za upravljanje javnom rasvjetom s rasvjetnim tijelima na bazi LED tehnologije su danas relativno brzo isplativi, čak i u nekoliko godina uz sufinanciranje te omogućuju građanima iznimnu udobnost i sigurnost uz niske troškove i ekološku prihvatljivost.

LITERATURA

[1] World Health Organization, Global Health Observatory (GHO) data, [online] http://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/, Lipanj 2017.

[2] L.R. Brown: **World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse**, New York, W.W. Norton & Company, 2010, part of supporting dataset, [online] http://www.earth-policy.org/datacenter/pdf/book_wote_energy_efficiency.pdf, Lipanj 2017.

[3] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, Javna rasvjeta, [online] http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/javna_rasvjeta/, Lipanj 2017.

[4] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, M. Zorzi: **Internet of Things for Smart Cities**, IEEE Internet of Things journal, vol. 1, no. 1, Veljača 2014.

[5] TU Wien, **European Smart Cities Project**, [online] http://www.smart-cities.eu/?cid=2&ver=4, Lipanj 2017.

[6] A. Wandl: **Smart Cities and Urban Metabolism**, TU Delft, [online] https://urbanmetabolism.weblog.tudelft.nl/files/2016/07/UM-introduction_AW160909.pdf

[7] C. Badgaiyan, P. Seghal: **Smart Street Lighting System**, International Journal of Science and Research, vol.4, issue 7, Srpanj 2015.

[8] T. Kozai, K. Fujiwara, E. S. Runkle: **LED lighting for Urban Agriculture**, Springer, Singapore, 2016., str. 390.

[9] J. Perko, D. Topić, D. Šljivac: **Exploitation of Public Lighting Infrastructual Possibilities**, International Conference on Smart Systems and Technologies (SST), Osijek, 2016.,

[10] TALQ Consortium tehnička dokumentacija: **TALQ Specification Overview, TALQ Technical Working Group**, [online] http://www.talq-consortium.org/data/downloadables/2/4/20150318-talq-specification-overview-white-paper.pdf , Lipanj 2017.

[11] Tehnička dokumentacija tvrtke „LED Elektronika d.o.o.“, Ivanić Grad.

[12] S. T. Ćavar: **Inteligentna urbana rasvjeta u internet okruženju,** prezentacija u sklopu seminara „Smart City – Održivi razvoj gradova“, Zagreb, 2015.

[13] TALQ Consortium tehnička dokumentacija: **Pocket Guide for Smart Lighting Tenders, edition #2**, [online] http://www.talq-consortium.org/data/downloadables/6/5/20160224-pocket-guide-smart-lighting-tenders-en-edition-2.pdf , Lipanj 2017.

[14] Službene stranice grada Vrbovca, [online] http://www.vrbovec.hr/index.php/informacije/o-gradu-vrbovcu , Srpanj 2017.

[15] ZG-projekt d.o.o.: **Novelacija studije energetske učinkovitosti javne rasvjete grada Vrbovca i okolnih naselja**, broj tehničke dokumentacije: 1541/2015, Zagreb, 2015.

[16] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, [online] http://www.enu.fzoeu.hr/financiranje-ee-projekata/esco-model , Srpanj, 2017.

[17] Tehnička dokumentacija tvrtke „LED elektronika d.o.o.“, Ivanić grad, **Precision Lux 3** prospekt.

SAŽETAK

U radu je opisan koncept pametnog grada i pametne rasvjete s njihovim najznačajnijim karakteristikama. Najčešće korišteni mrežni kontrolni protokoli koji se pojavljuju u sustavima upravljanja javnom rasvjetom detaljno su opisani. Rad se bavi mogućnostima sustava za upravljanje javnom rasvjetom te interoperabilnosti između više mreža javne rasvjete s mogućnošću implementacije standardiziranog sustava za upravljanje javnom rasvjetom. Nadalje, u radu je opisan skup mrežnih protokola koji omogućuju interoperabilnost, interoperabilni podatkovni model te interoperabilne usluge sa svim značajnim karakteristikama. Upute za pripremu natječajne dokumentacije za pametnu rasvjetu sa svim komponentama i tehničkim specifikacijama su detaljno opisane i analizirane. Na posljetku, u ovom radu je opisana analiza profitabilnosti i razdoblje povrata investicije prilikom zamjene starih i energetski neučinkovitih rasvjetnih tijela s LED tehnologijom, uz prisustvo pametnog sustava za praćenje i upravljanje javnom rasvjetom. U usporedbi sa zastarjelim sustavom javne rasvjete, pametni sustav je isplativ kroz nekoliko godina.

Ključne riječi: pametni grad, pametna javna rasvjeta, sustav upravljanja javnom rasvjetom, centralni upravljački sustav, mrežni kontrolni protokol, interoperabilnost, interoperabilne usluge, interoperabilni podatkovni model, analiza isplativosti.

ABSTRACT

Graduate thesis deals with the smart city and smart public lighting concept and their characteristics. Most commonly control network protocols with their characteristics are shown as well. Furthermore, it deals with public lighting management system capabilities and interoperability between more public lighting systems, with possibility of implementation of standardized system for public lighting management in terms of smart city concept. In addition, a set of network control protocols that enable interoperability, interoperability data model and interoperability services with all significant characteristics are described in paper as well. The instructions for preparing Smart Lighting Tender document with all components and technical specifications are shown as well. Finally, this paper describes analysis of profitability and return investment period by replacing old inefficient luminaires with energy efficient LED technology using smart system for monitoring and control of public lighting. Compared to outdated public lighting system, smart public lighting system is highly profitable in a few years.

Keywords: smart city, smart public lighting, public lighting management system, Central Management System, network control protocol, interoperability, interoperability services, interoperability data model, analysis of profitability.

ŽIVOTOPIS

Zvonimir Perko rođen je u Đakovu, 18. srpnja 1993. godine. Završio je opći smjer Gimnazije A.G. Matoša u Đakovu. Upisuje preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike u Osijeku 2012. godine te stječe zvanje Sveučilišni prvostupnik inženjer elektrotehnike, 2015. godine. Nakon završenog preddiplomskog studija, 2015. godine upisuje diplomski studij elektrotehnike u Osijeku, smjer elektroenergetski sustavi. Stručnu praksu odradio je 2016. godine kao stručni suradnik iz područja energetike u Regionalnoj energetskoj agenciji „Sjever“ iz Koprivnice.

Položio je svih sedam propisanih ispita za izdavanje ECDL diplome te je tako stekao osnovne računalne vještine. Sudjelovao je na seminarima „Razrada projektne ideje“ i „Projektna prijava“ za EU projekte. Njegov rad, za koji će biti pruženi stručni i materijalni resursi za njegov razvoj je prepoznat od Saveza za energetiku Hrvatske 2013. godine. Dobitnik je godišnje stipendije Saveza za energetiku Hrvatske za 2015. godinu. Član je IEEE organizacije studentskog ogranka Osijek te trenutni predsjednik studentskog ogranka IEEE Power and Energy Society Osijek. Sudjelovao je kao demonstrator laboratorijskih vježbi na kolegiju Osnove električnih strojeva, 2016. godine. U slobodno vrijeme rekreativno se bavi biciklizmom i nogometom.

Nakon završetka diplomskog studija planira tražiti zaposlenje iz područja elektroenergetike u Republici Hrvatskoj.

U Osijeku, Srpanj 2017.

Zvonimir Perko

PRILOZI

P.1. Vodič kroz natječajnu dokumentaciju za pametnu rasvjetu

<Početak predloška nabave>

1 UVOD I CILJEVI 2

1.1 Uvod 2

1.2 Ciljevi 2

1.3 Opis traženih rješenja 3

1.4 Izjava o odgovornosti 3

2 RASPORED I OBLIK ODGOVORA 5

2.1 Slanje odgovora 5

2.2 Pitanja ponuđača 5

2.3 Format prijedloga 5

2.4 Kontakti i procedure 5

2.5 Vremenski raspored 6

3 KRITERIJI PROCJENE 7

4 ODGOVOR DOBAVLJAČA 8

4.1 Sažetak načina upravljanja 8

4.2 Predloženi proizvodi i usluge 8

4.3 Detaljni odgovor 8

4.4 Pregled dobavljača i financijsko izvješće 9

4.5 Pregled proizvoda 9

4.6 Troškovi 9

4.7 Lista klijenata 10

4.8 Konzultacije s prethodnim klijentima 10

5 TEHNIČKE SPECIFIKACIJE 11

5.1 Grafički prikaz rješenja 11

5.2 Tehničke specifikacije kontrolera 12

5.3 Tehničke specifikacije mreže javne rasvjete 14

5.4 Tehničke specifikacije centralnog upravljačkog sustava (CMS) 15

1 UVOD I CILJEVI

1.1 Uvod

Naša mreža javne rasvjete je strateška imovina grada, ali veliki broj rasvjetnih tijela i njihova geografska distribucija čine ju skupom za rad. Veliki problemi su vrijeme identifikacije i popravka kvara, radna snaga za terenske poslove održavanja, potrošnja električne energije te njezine sve veće cijene. S radom javne rasvjete su svakako povezane emisije ugljikovog dioksida iz proizvodnje električne energije koja se koristi u sustavu. Osnovni podaci o našem sustavu javne rasvjete su prikazani u tablici.

Broj i tehnologija rasvjetnih tijela: • Ukupno • LED • Visokotlačni natrij • Metal halogen • Živa • Druge	 • XX XXX ukupno • XX XXX LED • XX XXX visokotlačnog natrija • XX XXX metal halogenih • XX XXX živinih • XX XXX drugih
Prosječan broj radnih sati godišnje	4100 sati
Godišnja potrošnja električne energije	X XXX XXX kWh
Prosječna cijena električne energije	0,XX kn/kWh
Godišnji troškovi električne energije	X XXX XXX kn
Prosječan odnos kgCO_2 po kWh	0,XXX kgCO_2/kWh
Godišnja emisija CO_2	XX XXX tona

1.2 Ciljevi

Cilj ovog zahtjeva je razvijanje rješenja za poboljšanje energetske učinkovitosti rasvjete te smanjenje troškova potrošnje električne energije i održavanja uz povećanje kvalitete javne rasvjete u gradu. Cilj je isto tako da se omogući implementacija rješenja za identifikaciju kvarova u mreži javne rasvjete, daljinsko upravljanje javnom rasvjetom, skupljanje podataka o funkcioniranju javne rasvjete, mjerenje trenutnih parametara, analiziranje i reduciranje potrošnje električne energije, smanjenje troškova održavanja, kontroliranje cijele mreže javne rasvjete u svakom trenutku te doprinos u smanjenju emisija CO_2.

<Ukoliko su neki drugi zahtjevi bitni za grad, potrebno ih je detaljno opisati>

Cilj ovog zahtjeva je prikupiti informacije u pogledu mogućih rješenja za specifične zahtjeve opisane u ovom dokumentu (Pogledaj naslov 5 – Tehničke specifikacije). Nabavljači moraju podnijeti prijedlog za suglasnost sa specificiranim uputama, uključujući detaljnu analizu troškova.

1.3 Opis traženih rješenja

Ovaj zahtjev je usmjeren na odabir otvorenih rješenja koja ne prisiljavaju kupovinu hardvera od jednog i jedinog proizvođača. Rješenja koja tražimo su bazirana na idućim komponentama i principima:

- **Kontroler:** Fizički uređaj koji sadrži kontrolne i nadzorne značajke primijenjene na rasvjetno tijelo ili ormar javne rasvjete. On ima mogućnost identificiranja električnih kvarova, mjerenja različitih električnih parametara te upravljanja razinom osvijetljenosti bazirane na operativnom profilu ili ručnom upravljanju. Kontroler se u praksi često naziva i kontroler svjetlosne točke, vanjski regulator ili regulator ormara.
- **Mreža javne rasvjete:** Ovdje spadaju upravljački sustavi rasvjetnih tijela, programsko sučelje i mrežni hardver koji omogućavaju komunikaciju s centralnim upravljačkim sustavom.
- **Centralni upravljački sustav:** Sustav koji komunicira s kontrolerima kroz mrežne komponente kako bi se omogućila daljinska konfiguracija, funkcioniranje i upravljanje svim kontrolerima.

<Ako je kontroler, mreža ili centralni upravljački sustav namijenjen podršci dodatnih značajki, potrebno ih je opisati>

1.4 Izjava o odgovornosti

Ovaj zahtjev ne izvršuje naša organizacija, njeni zaposlenici, posrednici ili kooperanti na bilo koji određeni način. Izdavanje ovog zahtjeva ne obavezuje našu organizaciju, njene zaposlenike, agente ili kooperante da prihvate prijedlog, djelomično ili cjelokupno, te da prijedlog uključuje ili ne uključuje najnižu ponudu. Isto tako ovaj zahtjev ne obavezuje našu organizaciju, njene zaposlenike, agente ili kooperante da objave objašnjenje za prihvaćanje ili odbijanje prijedloga.

Troškovi pripreme i podnošenja prijedloga te ostali troškovi nastali prije dodjele ugovora, moraju u potpunosti biti podmireni od strane dobavljača. Dobavljač nema pravo na regres od strane naše organizacije.

Naša organizacija ne daje izjavu o jamstvu u vezi s točnošću informacija koje su sadržane i opisane u ovom dokumentu. Dobavljači se moraju u potpunosti osloniti na vlastitu profesionalnu kompetenciju u razvoju i ovjeravanju informacija sadržanih i opisanih u ovom dokumentu.

Dobavljači moraju iskoristiti svaku priliku za razmotriti i neovisno verificirati informacije sadržane u dokumentu. Naša organizacija zadržava pravo nadodati ili ispraviti informacije sadržane i opisane u ovom dokumentu te se obavezuje komunicirati s dobavljačem u slučaju izmjena dokumenta.

Ovaj dokument, kao i popratne informacije, nisu namijenjeni formiranju ugovora između primalaca i naše organizacije. Početak dogovora koji se odnosi na izvršavanje ovog zahtjeva ne naznačuje obavezu od strane naše organizacije da sudjeluje u ugovoru s dobavljačem.

2 RASPORED I OBLIK ODGOVORA

2.1 Slanje odgovora

Dobavljači koji namjeravaju podnijeti prijedlog moraju potvrditi svoju prijavu do <*Navesti datum*>.

Potvrda se mora poslati elektroničkom poštom za kontakt osobu <*Navesti kontakt osobu i e-mail adresu*>. U komunikaciji dobavljač mora odrediti osobu koja će biti koordinator prijedloga i kontakt osoba za sve aktivnosti u razmjeni podataka. Ako dobavljač odbije dostaviti odgovor, ti će se dokumenti odmah vratiti na dolje navedeni kontakt.

2.2 Pitanja ponuđača

Pitanja vezana za nabavu mogu se podnijeti do <*Navesti datum*> za <*Navesti kontakt osobu i e-mail*>.Sva pitanja od strane dobavljača i svi pripadajući odgovori biti će podijeljeni sa svim ostalim ponuđačima uključenim u ovaj projekt.

2.3 Format prijedloga

Prijedlog mora biti podnesen u elektroničkom obliku te poslan na adresu <*Kontakt osoba i e-mail*>. Niti jedna papirnata verzija neće biti prihvaćena.

2.4 Kontakti i procedure

Sve potrebne informacije i zahtjevi za pojašnjenje se šalju preko elektroničke pošte na adresu <*Kontakt osoba i e-mail*>.

Ako pitanje od dobavljača ističe jedan aspekt projekta koji se prethodno nije razmatrao, zadržavamo prava proslijediti tu informaciju do svih ostalih dobavljača koji sudjeluju u projektu.

Ni u jednom slučaju dobavljač ne smije kontaktirati ili komunicirati direktno s bilo kojim drugim osobama u organizaciji koji su uključeni u prijedlog.

U dva tjedna nakon podnošenja prijave, organizacija namjerava ocijeniti prijedloge i kontaktirati dobavljače radi razjašnjavanja elemenata prijedloga. Predviđa se da će dobavljači imati priliku prezentirati i raspravljati o prijedlogu. Dok se te prezentacije ne dogovore, dobavljači ne smiju kontaktirati s organizacijom, jer će takvi prekidi samo produljiti proces evaluacije.

2.5 Vremenski raspored

Ukupni raspored povezan s ovim prijedlogom za odabir proizvoda odnosno dobavljača detaljno je prikazan u tablici niže. Dobavljači bi trebali napomenuti da postoje čimbenici koji mogu promijeniti ovaj raspored i da bi dobavljači trebali biti informirani o mogućim promjenama.

Datum	Događaj
<*Unos datuma*>	Povratne informacije od dobavljača za prijedlog (neobavezno).
<*Unos datuma*>	Prijedlog izdan za dobavljače.
<*Unos datuma*>	Objava o primitku prijedloga
<*Unos datuma*>	Objava o prijedlozima koje treba procijeniti. Odabrani dobavljači moraju biti obavješteni o datumu demonstracije.
<*Unos datuma*>	Prezentacija i demonstracija odabranih dobavljača.
<*Unos datuma*>	Odluka o odabranim dobavljačima.

3 KRITERIJI PROCJENE

Prijedlog mora minimalno uključivati odgovor na svaki element u poglavlju 5. – Tehničke specifikacije. Odgovori moraju pripadati određenom odjeljku i brojevima pitanja kao što je prikazano u ovom dokumentu.

Odgovori moraju biti izjave o prihvaćanju, sukladnosti, ili drugo. Neutralni komentari neće biti prihvaćeni kao adekvatan odgovor i negativno će utjecati na procjenu prijedloga. Ako izjava ili pitanje u prijedlogu nije primjenjivo, to treba naznačiti u prijedlogu uz odgovarajuće objašnjenje.

Prijedlog će biti procijenjen prema idućim kriterijima:

- Otvorenost i fleksibilnost rješenja;
- Skalabilnost;
- Funkcionalno uklapanje;
- Praćenje zapisa o rješenjima i dobavljačima;
- Robusnost i performanse proizvoda bazirane na temelju regulativnih zahtjeva;
- Kvaliteta prijedloga;
- Zrelost rješenja;
- Podrška organizacije, resursi i razine vještina;
- Cijena (konkurentnost);
- Opskrbni lanac rješenja;
- Izborni financijski prijedlog (ESCO/EPC, energetski ugovori);
- *<Fleksibilnost za podršku više značajki, npr. IoT (ako je relevantno)>*

<Obično gradovi donose težinu svakom od ovih čimbenika na temelju lokalnih zahtjeva>

4 ODGOVOR DOBAVLJAČA

4.1 Sažetak načina upravljanja

Dobavljač je dužan sažeti ključne aspekte svog prijedloga u sažeto opisanom načinu upravljanja.

4.2 Predloženi proizvodi i usluge

Dobavljač mora dostaviti detaljne podatke o svim predloženim proizvodima i uslugama.

4.3 Detaljni odgovor

Dobavljač mora pružiti detaljan odgovor na sve elemente opisane u potrebnim tehničkim specifikacijama (poglavlje 5) koristeći isti format tablice. Dobavljač mora također:

1. Navesti koliko je dugo u poslovanju.
2. Osigurati cjelokupni popis sredstava koje bi koristio tijekom trajanja projekta, uključujući i razinu iskustva i kvalifikacije osoblja te pojedinosti o sličnim projektima koje su članovi osoblja izvršili.
3. Potvrditi strukturu izvještaja za projektni tim.
4. Utvrditi trajnu upravljačku strukturu, kako za upravljanje računom tako i za pružanje usluga održavanja nakon prihvaćanja rješenja i isteka jamstvenog roka.
5. Pokazati kako se upravlja dizajnom, razvojem i procesom testiranja svojih proizvoda te koji se procesi kvalitete poštuju.
6. Potvrditi je li bilo koji kooperant uključen u bilo koji aspekt odgovora. Na primjer, čak i ako je hardverska ili softverska komponenta imovina dobavljača, ali je razvijena od treće strane, mora se posebno spomenuti i opisati kako se u takvom slučaju upravlja rizikom gubitka razvojnih vještina.
7. Navesti broj verzije svake komponente rješenja, učestalost ažuriranja verzije ili fizičke zamjene dijelova u posljednje tri godine.
8. Potvrditi da li je s bilo kojom trećom stranom uključena bilo koja verzija proizvoda ili usluga.
9. Savjetovati koje mjere se upotrebljavaju kako bi se izbjegle zaraze virusom internih sustava ili fizičke sabotaže te navesti licence proizvoda.
10. Objasniti sve poduzete mjere i značajke koje je dobavljač razvio kako bi se prikazali sigurnosni problemi na rješenju, odnosno proizvodu ili usluzi koja će se implementirati.

4.4 Pregled dobavljača i financijsko izvješće

Dobavljač mora pružiti pregled svoje organizacije zajedno s kopijom financijskog izvješća u posljednje tri godine.

4.5 Pregled proizvoda

Dobavljač mora pružiti pregled svakog elementa rješenja, minimalno za kontrolere, komponente mreže te centralni upravljački sustav u slijedećem obliku:

Komercijalni naziv proizvoda	
Referenca	
Slika hardvera ili slika zaslona softvera	
Osnovne značajke	• Značajka 1 • Značajka 2 • Značajka 3 • …
Dimenzije (veličina i pakiranje za hardver te razina korištenja memorije i procesora za softver)	
Dizajn i proizvodnja	*Tko posjeduje intelektualno vlasništvo nad dizajnom i proizvodom i gdje je proizvodnja obavljena*
Certifikati	
Broj prethodno instaliranih ovakvih proizvoda	
Kada je prvi put instaliran proizvod od strane krajnjeg korisnika	

4.6 Troškovi

Raspored troškova projekta mora biti prikazan u dolje navedenom formatu:

Elementi cijene	**Cijena u** <*Potrebno navesti valutu*>
Cijena rasvjetnog tijela s ugrađenim kontrolerom.	
Cijena kontrolera.	
Cijena komponenata javne rasvjete.	
Godišnja cijena centralnog upravljačkog sustava kao usluge, nadogradnje, potrebna dnevna održavanja te daljinska tehnička podrška. Ili u drugom slučaju cijena izravne licence centralnog upravljačkog sustava, uključujući godišnje troškove održavanja i specifikacije potrebnog	

hardvera. Ako se nude sporazumi o razini usluge kako bi se zajamčila njihova učinkovitost, treba ih navesti.	
Usluga pomoći u instaliranju prvih *XXXX* kontrolera.	
Administratorska obuka. Cjelokupna obuka za korištenje ovog rješenja.	
Obuka krajnjeg korisnika Cjelokupna obuka za korištenje ovog rješenja.	
Trošak razvoja bilo koje specifične značajke.	
Troškovi puštanja u rad.	
Drugi troškovi	

Dobavljač mora detaljno navesti sve pretpostavke i proračune koji su napravljeni u svrhu pružanja gore navedenih troškova. To posebno treba spomenuti kada je ostvaren prijedlog da postane prva implementacija novog dizajna te je potrebno prikazati procjenu rizika.

4.7 Lista klijenata

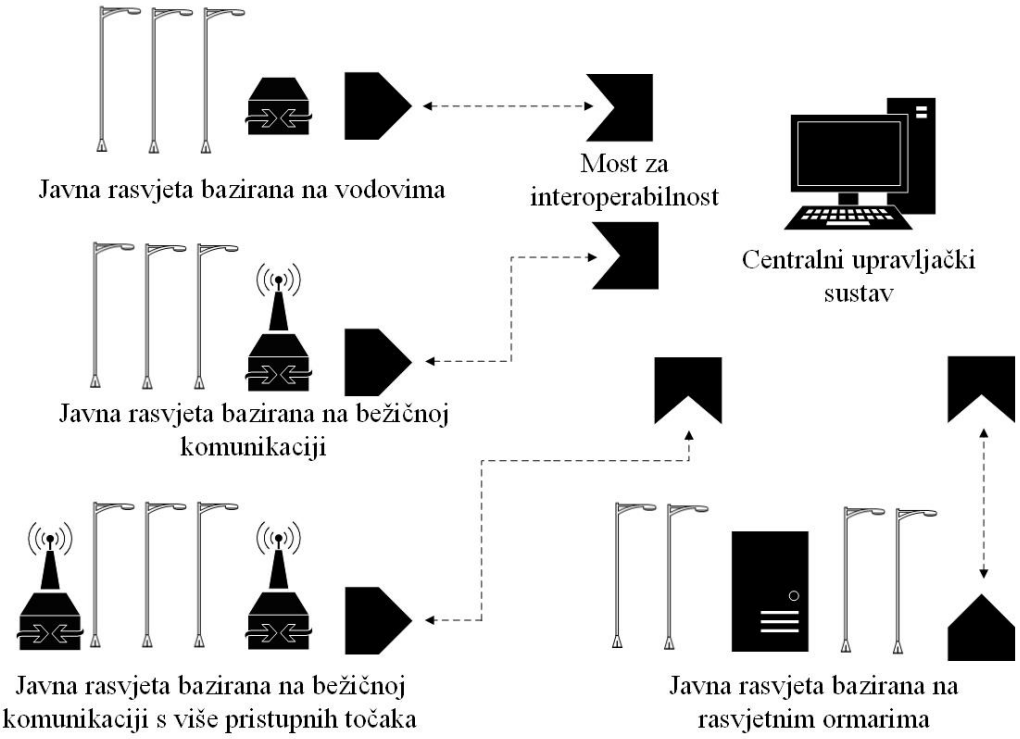
Ukoliko je dostupno, dobavljač treba dostaviti popis klijenata gdje je implementirano isto rješenje, kao i naznaku veličine tih projekata (broj individualnih kontrolera).

4.8 Konzultacije s prethodnim klijentima

Ako je dostupno, dobavljač treba navesti ime i podatke o prethodnim klijentima za isto rješenje.

5 TEHNIČKE SPECIFIKACIJE

5.1 Grafički prikaz rješenja



<Primjer sheme rješenja>

5.2 Tehničke specifikacije kontrolera

Stavka	Specifikacija	Obavezno/ Neobavezno	Suglasnost dobavljača *(suglasan, djelomično suglasan, nesuglasan)*	Objašnjenje i komentari dobavljača
Certifikacija	*<Ovdje unesite elektronske ili druge potrebne certifikate>*			
Tip instalacije	<Ovisno o državi i praksi, moguće je uvjetovanje instaliranja na ANSI 136.41 priključku sa 7 polova, u polno baziranom sustavu ili nekom drugom mehanizmu>			
Detekcija i prijava kvarova	Kontroleri moraju imati različite mogućnosti otkrivanja kvara i dostavljanja informacija o kvaru kada je to potrebno. Potrebno je odabrati mogućnosti za detekciju kvarova kao što su greške na rasvjetnom tijelu, ne željena promjena osvijetljenosti te kvarovi u komunikaciji. Dobavljač bi trebao napraviti listu događaja i kvarova koje omogućuje kontroler te analizirati kako se često i kojom brzinom te informacije šalju u centralni upravljački sustav.			
Mjerenje i unos vrijednosti	Mora biti omogućeno mjerenje i slanje relevantnih informacija iz traženog dijela mreže javne rasvjete preko kontrolera do centralnog upravljačkog sustava . Neke od vrijednosti koje se mjere su mrežni napon, jakost struje, potrošnja električne energije, uložena snaga, faktor snage, itd. Dobavljač ima obavezu napraviti listu električnih vrijednosti te analizirati kako se često i kojom brzinom te informacije šalju u centralni upravljački sustav.			
Osiguravanje iznosa potrošnje energije i broja radnih sati	Mora biti omogućeno mjerenje i analiza ukupne potrošnje električne energije rasvjetnog tijela te njegov broj sati rada koji se šalju preko kontrolera do centralnog upravljačkog sustava. Dobavljači imaju obavezu opisati koliko se često i koliko brzo ove informacije šalju.			

Pokretanje temeljeno na kontrolnom programu	Mora biti omogućeno kontroleru uključenje, isključenje i dimanje rasvjetnih tijela bazirano na kontrolnom programu i rasporedu programiranom od strane autoriziranih krajnjih korisnika u CMS-u te slanje tih naredbi preko kontrolera u mrežu javne rasvjete. Dobavljači bi trebali naznačiti ako je razina dimanja kontinuirana ili ograničena na određenu vrijednost.			
Prihvaćanje daljinskog ručnog upravljanja	Kontroler je obavezan izvršavati uključenje, isključenje i dimanje kroz ručno, ne automatizirano upravljanje. Zadane naredbe se šalju preko autoriziranih krajnjih korisnika u CMS-u kroz kontroler do mreže javne rasvjete.			
<Neobavezno – ako je potrebna veća povezanost uređaja> Služi kao komunikacijsko sučelje za rješenja u pametnim gradovima i IoT	Kontroler, mreža i upravljački sustav bi trebali omogućiti povezivanje s dodatnim uređajima i sustavima.			

5.3 Tehničke specifikacije mreže javne rasvjete

Stavka	Specifikacija	Obavezno/ Neobavezno	Suglasnost dobavljača *(suglasan, djelomično suglasan, nesuglasan)*	Objašnjenje i komentari dobavljača
Interoperabilnost i usklađenost	Predstavlja obavezu mreže javne rasvjete za kompatibilnost s interoperabilnim protokolom kako bi se omogućila organizacija u nabavci i korištenju CMS-a od različitog proizvođača nego je proizvođač javne rasvjete, a s mogućnošću upravljanja javnom rasvjetom bez smetnji.			
Sigurnosni zahtjevi	Definiraju implementaciju različitih sigurnosnih mehanizama u javnoj rasvjeti koji će osigurati komunikaciju između CMS-a i mreže javne rasvjete.			
Opisivanje sigurnosti u mreži javne rasvjete	Predstavlja obavezu dobavljača da detaljno obrazloži i opiše sigurnosne mehanizme , bilo da su oni softveri ili hardverske komponente, uključujuči i kontrolere u mreži javne rasvjete.			
Adresiranje uređaja	Predstavlja obavezu definiranja jedinstvene adrese svakog logičkog uređaja u mreži i njezino povezivanje s centralnim upravljačkim sustavom.			
Nadogradnja sustava	Predstavlja mogućnost unaprjeđivanja i ažuriranja sustava nakon instalacije te opis načina na koji se to postiže			

5.4 Tehničke specifikacije centralnog upravljačkog sustava (CMS)

Stavka	Specifikacija	Obavezno/ Neobavezno	Suglasnost dobavljača *(suglasan, djelomično suglasan, nesuglasan)*	Objašnjenje i komentari dobavljača
Podrška upravljanja, nadzora i naredbi	Predstavlja obavezu CMS-a u okviru osiguravanja različitih značajki i usluga kao što su daljinske naredbe, daljinska kontrola i daljinski nadzor kontrolera i bilo kojeg drugog uređaja, zavisno o odabiru dobavljača.			
Operativni model troškova	*<Spomenuti ovdje operativni model troškova koji se planira koristiti>*			
Sigurnost	Predstavlja obavezu dobavljača da opiše i analizira mjere sigurnosti unutar i u blizini CMS-a kako bi se sigurnosni rizici sveli na minimum.			
Licence	Predstavljaju potrebne potvrde koje jamče pouzdanost i točnost komponenti i uređaja koji će se koristiti u sustavu.			
Skalabilnost	Predstavlja obavezu CMS-a da se dokaže usporedivom mjerom ovog projekta, odnosno da se omogući rast i poboljšanje, a da se pritom zadrže osnovna svojstva i funkcije.			
Podrška nekoliko mreža vanjske rasvjete	Predstavlja obavezu dobavljača da naznači ograničenja u broju mreža javne rasvjete ili komponenata koje CMS može podržati			

<Kraj predloška nabave>