

Provedba energetskeg pregleda javne rasvjete *The energy audit of street lighting*

H. Glavaš^{1,*}, D. Mesarić¹, T. Barić¹, D. Đurđević², M. Ivanović³

¹Elektrotehnički fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

²ZaštitaInspekt d.o.o., Osijek, Hrvatska

³Panon – Institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: hrvoje.glavas@etfos.hr

Sažetak

Rad opisuje praktičnu provedbu energetskeg pregleda javne rasvjete. Na primjeru postojećeg sustava analiziran je tijek energetskega pregleda i izrade izvješća o njegovoj provedbi. Pri tome metodologija obuhvaća: prikupljanje osnovnih informacija o korisniku, analizu dostupne projektne dokumentacije, opis sustava javne rasvjete s mapiranjem postojeće instalacije, mjerenje svjetlosnih i električnih veličina, analizu računa za preuzetu električnu energiju te prijedlog mjera poboljšanja energetske učinkovitosti.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, energetski pregled, javna rasvjeta

Abstract

The paper describes the energy audit street lighting. As example was analyzed energy flow through existing lighting system in order to prepare a report on the conducted energy audit. Energy audit is conducted according to methodology which includes: gathering basic information about the user, the analysis of available project documentation, a description of the public lighting system with mapping the existing installation, measuring of the existing light quantities, the measurement of electrical quantities, the analysis of bills for the used electricity and proposal of measures to improve energy efficiency.

Keywords: Energy Audit, Energy Efficiency, Public Lighting

1. Uvod

Pravilnik o energetskeg pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada propisuje obvezu provođenja energetskeg pregleda javne rasvjete (JR) od srpnja 2014. godine. Energetski pregled JR provodi se u skladu s metodologijom, a uključuje analizu sustava potrošnje električne energije od mjesta preuzimanja do krajnjeg potrošača.

Pregled tehničkih i energetskeg svojstava javne rasvjete obuhvaća analizu:

1. Mjesta preuzimanja električne energije, razvoda, razvodnih ormara i TS-a,
2. Specifičnih zona javne rasvjete,

3. Tipova izvora svjetlosti koji se koriste,
4. Svjetiljki u kojima se nalaze izvori svjetlosti,
5. Sustava regulacije i upravljanja javne rasvjete.

Provedba energetskeg pregleda uključuje mapiranje postojeće instalacije, mjerenja električnih veličina, mjerenja svjetlosnih veličina svih izvoda JR i izradu izvješća o provedenom pregledu. Izvješće o provedenom energetskeg pregledu pored snimke sustava, mapiranja instalacije, prezentacije izmjerenih električnih i svjetlosnih veličina, analize podataka o potrošnji električne energije, sadrži i prijedlog mjera energetske učinkovitosti uz uvažavanje zahtjeva HRN EN 13201 - Cestovna rasvjeta i Zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja NN 114/11. Mjere predloženih investicija u modernizaciju sustava sadrže informacije o jednostavnim povratnim periodima (JPP) izračunatih temeljem egzaktnih troškovnika te mjerenjem utvrđene potrošnje unutar sustava javne rasvjete [1].

2. Sadržaj izvješća o provedenom energetskeg pregledu JR

2.1. Osnovne informacije o energetskeg pregledu i indikatori

Preporuča se da početak izvješća na jednostavan i pregledan način pruži osnovne informacije o naručitelju energetskeg pregleda kao i podatke o odgovornoj osobi. Pored podataka o ugovaratelju pregleda trebaju biti navedeni podatci suizvršitelja, ako su angažirani u njegovoj provedbi. Osnovne informacije o sustavu JR treba pružiti sažetkom koji sadrži podatke o dužini sustava, površini naselja, broju rasvjetnih tijela, broju pojmih mjesta, instaliranoj snazi sustava, prosječnoj rasvijetljenosti, prosječnoj udaljenosti među stupovima te broju korisnika. Osim toga potrebno je navesti i opskrbljivača električnom energijom kao i godišnju potrošnju. Najvažniji su indikatori energetske učinkovitosti. Tablica 1. prikazuje neke od pokazatelja energetske učinkovitosti sustava javne rasvjete: potrošnja električne energije (EE) po kilometru sustava, instalirana snaga po kilometru, potrošnja EE po kvadratnom kilometru, instalirana snaga po kvadratnom kilometru, instalirana snaga po stanovniku, energija za JR po stanovniku godišnje i godišnji trošak EE za JR po stanovniku.

Tablica 1. Pokazatelji energetske učinkovitosti sustava javne rasvjete

5. Indikatori energetske učinkovitosti		
Pokazatelj	Mjerna jedinica	
Potrošnja EE po kilometru	kWh/km,god.	6170,15
Instalirana snaga po kilometru	W/km	5146,30
Potrošnja EE po kvadratnom kilometru	kWh/km ² ,god.	866,63
Instalirana snaga po kvadratnom kilometru	W/km ²	722,83
Instalirana snaga po korisniku	W/st.	32,39
Energija za JR po stanovniku godišnje	kWh/st.,god.	38,83
Trošak EE za JR po stanovniku godišnje	kn/st.,god.	24,89

2.2. Osnovni podatci o naselju

Sustav JR služi nesmetanom prometovanju i sigurnosti stanovništva [2]. Uvažavajuću funkciju JR potrebno je analizirati korisnike sustava kroz opis naselja, prometnu povezanost i starosnu dob korisnika. Kao što se vidi iz tablice 1., broj stanovnika je jedan od podataka neophodnih za definiranja pokazatelja energetske učinkovitosti. Opis naselja nije potpun bez podataka o predstavnicima lokane samouprave.

2.3. Analiza dostupne dokumentacije

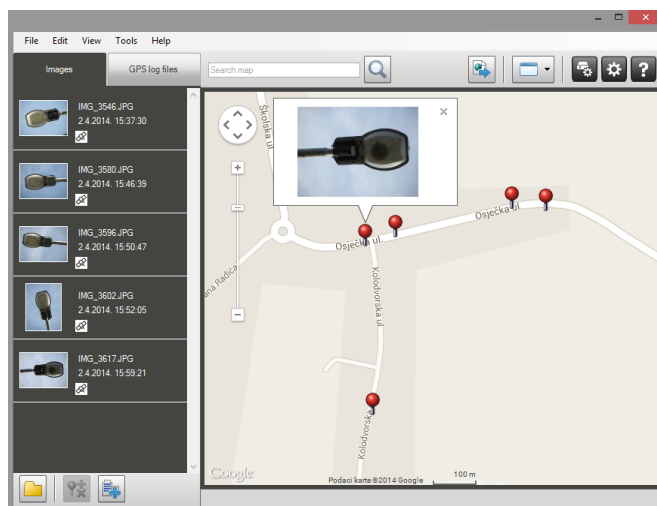
Svaki tehnički sustav posjeduje neki oblik dokumentacije. Prije početka pregleda je zadaća certifikatora preuzimanje dostupne dokumentaciju od kontakt osobe naručitelja, proučavanje dokumentacije te pisanje sažetka koji će biti osnovna smjernica u daljnjem postupku energetskog pregleda.

2.4. Opis sustava JR

Opis sustava JR obuhvaća analizu: ulica (broja, dužina dionica), tipova svjetiljki, instaliranih žarulja (snaga, tip, broj komada), stupova na kojima se nalazi JR (vrsta, visina), načina napajanja (zračni vod, kabel), pojmih točaka i prostornog smještaja elemenata sustava. Svi elementi sustava se fotodokumentiraju i geopozicioniraju. Slika 1. prikazuje fotozapise različitih tipova svjetiljki uočenih tijekom pregleda, koji su u daljnjoj analizi bez potpune prostorne informacije neupotrebljivi.

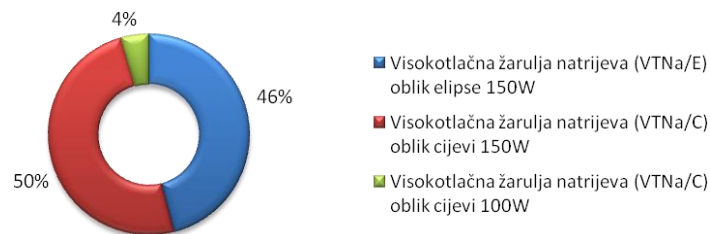


Slika 1. Zastupljenost svjetiljki na stupovima: a) 78%, b) 18% i c) 4%



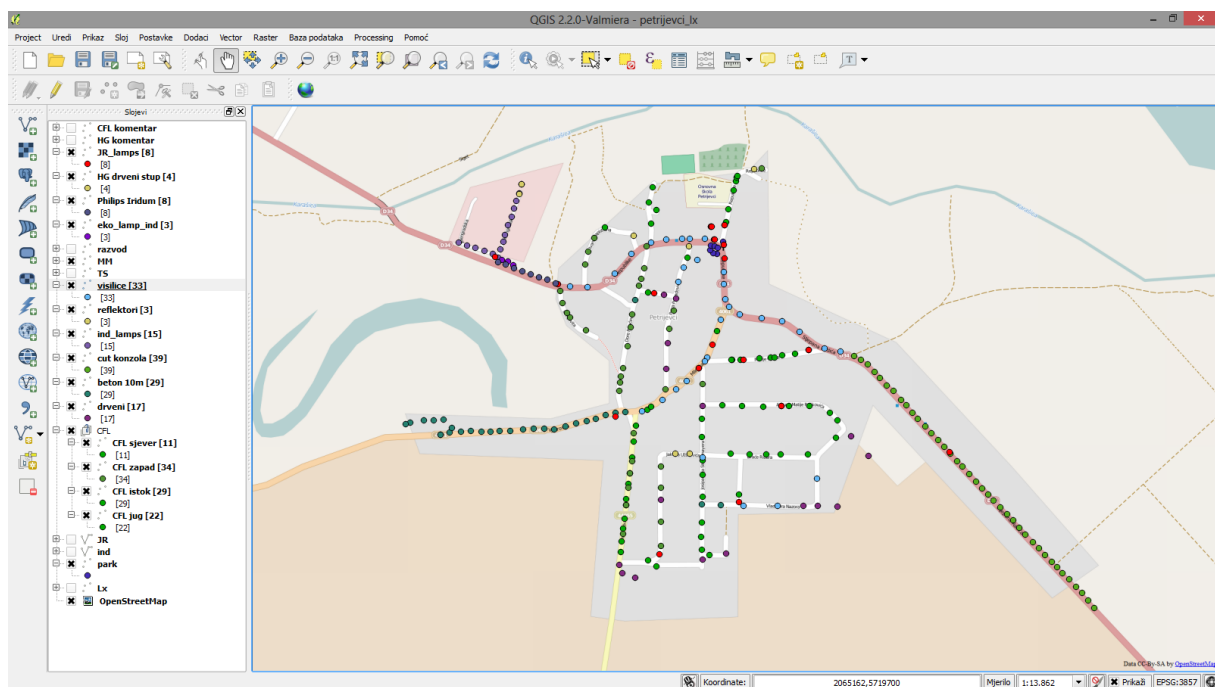
Slika 2. Elementi sustava na kojima su uočena zamjetna onečišćenja

U izvješću treba navesti rasvjetna tijela na kojima su uočeni zamjetni tragovi onečišćenja i njihov točan prostorni smještaj. Zahvaljujući georeferenciranim fotografijama, prostorni položaj onečišćenih rasvjetnih tijela vidljiv je na mapama, kao na slici 2. Numeričke pokazatelje broja stupova, vrste stupova, broja i tipova pojnih mjesta, vrsta svjetiljki i rasvjetnih tijela, zbog preglednosti treba prikazati i u grafičkom obliku, slika 3.



Slika 3. Postotno učešće pojedinih oblika žarulja

Potpuni opis podrazumijeva geopozicioniranje svih elemenata sustava, [4]. Slika 4. prikazuje primjer mapiranih elemenata jednog složenog sustava javne rasvjete u GIS programskoj podršci, otvorenog koda.

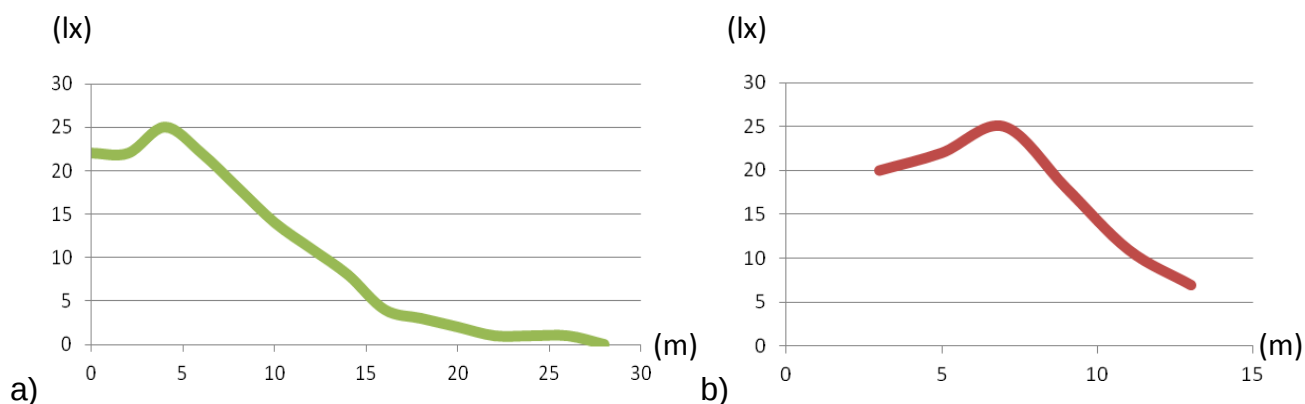


Slika 4. Mapirani elementi složenog sustava JR

2.5. Mjerenje svjetlosnih veličina

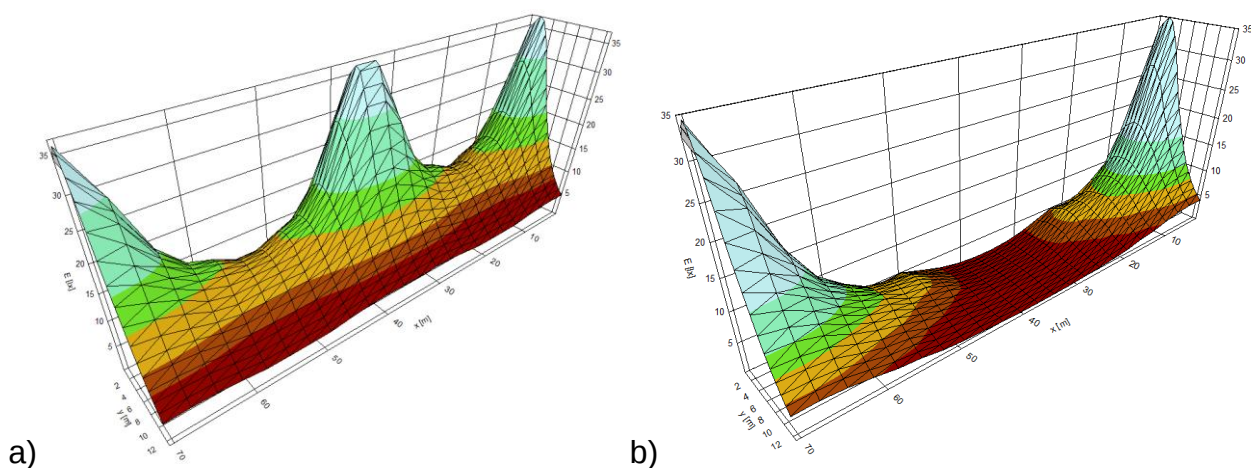
Mjerene točke treba odabrati sukladno normi *HRN EN 13201-3 - Proračun svojstava* koja propisuje koordinate uzorkovanja tj. postupak mjerenja rasvijetljenosti površine. Samo mjerenje potrebno je izvršiti prema *HRN EN 13201-4 Metode mjerenja svojstava rasvjete*. Detaljno mjerenje svjetlosnih veličina rasvjetnih tijela potrebno je provesti za sve karakteristične tipove svjetiljki. Temeljem izmjerenih veličina radi se modeliranje postojećeg sustava. Slika 5. prikazuje izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti svjetiljke sa

slike 1a. duž ceste i okomito na nju. Vrijednosti apscise su u metrima (m), a ordinate u luksima (lx).



Slika 5. Izmjerene vrijednosti rasvjetljenosti a) u pravcu ceste i
b) okomito na rasvjetno tijelo

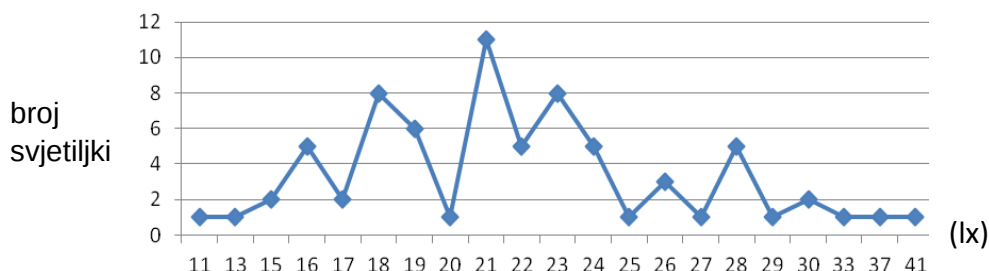
Rezultati mjerenja, po svojim iznosima, pomažu u izboru snage tijekom modeliranja rasvjetnog tijela, a oblik krivulje služi za odabir svjetiljke koja će svojim karakteristikama najbolje odgovarati rezultatima mjerenja. Time se dolazi do modela koji najbolje predstavlja analizirano rasvjetno tijelo. Slika 6. prikazuje simulaciju rasvjetljenosti kada su uključena sva rasvjetna tijela i kada je uključeno tek svako drugo.



Slika 6. Rasvjetljenost ceste kada su uključena a) sva rasvjetna tijela i
b) svako drugo rasvjetno tijelo

Isključivanje svakog drugog rasvjetnog tijela naizgled se čini kao dobra mjera uštede, ali u praksi smanjuje sigurnost prometovanja zbog lošije uočljivosti objekata na prometnicama zbog neadekvatne uniformnosti osvjetljenja [1]. Svjetlosne veličina potrebno je izmjeriti za sve tipove svjetiljki radi uvida u stanje sustava. Rezultat mjerenja tijekom jednog energetskog pregleda prikazani su na slici 7. Na apscisi su prikazane izmjerene

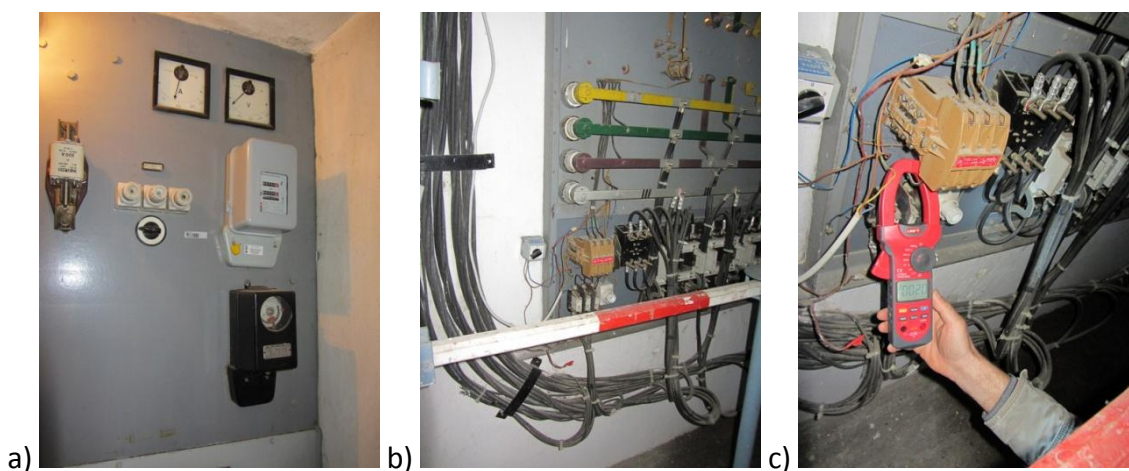
vrijednosti rasvjetljenosti od 11 do 41 lx, a na ordinati broj svjetiljki s pripadajućim vrijednostima rasvjetljenosti.



Slika 7. Vrijednost rasvjetljenost ceste i broj svjetiljki

2.6. Mjerenje električnih veličina

Mjerenje električnih veličina preporučljivo je provesti mrežnim analizatorom. Dosadašnja iskustva nisu dopuštala takav način mjerenja jer su mjerna mjesta bila smještena u prostoru niskonaponske mreže HEP-a te su mjerenjem utvrđene samo vrijednosti napona i struja po pojedinim izvodima JR. Tijekom mjerenja treba voditi računa o očitavanju vrijednosti kada je sustav u stacionarnom stanju. Prilikom uključenja sustava ili redukcije snage potrebno je stanovito vrijeme (5 do 6 minuta) kako bi se električne veličine ustalile.

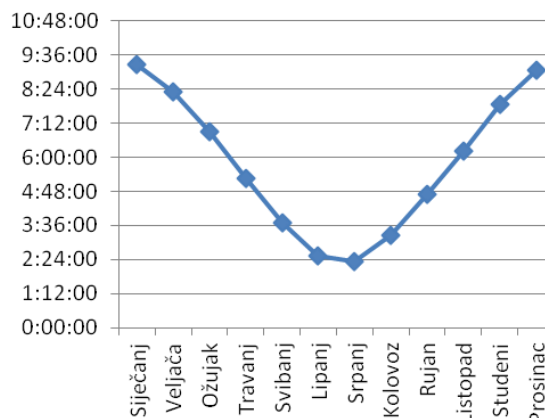


Slika 8. Mjerenje električnih veličina sustava JR: a) brojilo preuzete EE i sustav upravljanja, b) niskonaponski razvod, c) mjerenje vrijednosti struje izvoda JR

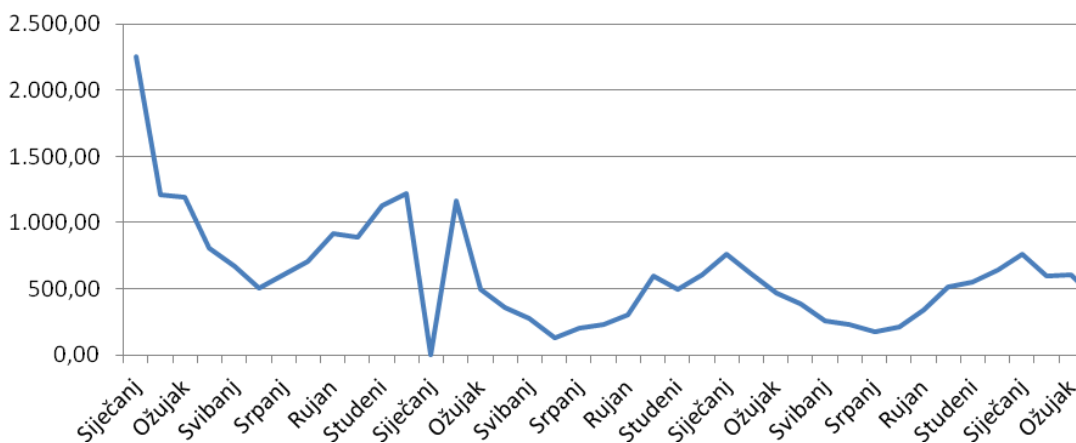
Izmjerene vrijednosti električnih veličina trebaju odgovarati popisanom konzumu. Pri tome je važno, osim snage izvora svjetlosti, utvrditi i potrošnju predspojnih naprava (npr. TEP lampa sa izvorom svjetlosti 250W VTN ima snagu s predspojnom napravom 278W, Osram lampa sa izvorom svjetlosti 70W VTN ima snagu s predspojnom napravom 83W). Ukoliko potrošnja i prividna snaga sustava značajno odstupaju od mapirane instalacije, potrebno je izvršiti mjerenje potrošnje pojedinačnih rasvjetnih tijela, a ako to nije moguće (npr. zračni SKS razvod), potrebno je modelirati potrošnju uvažavajući gubitke predspojne naprave i odstupanje od nazivne vrijednosti napona.

2.7. Analiza računa za preuzetu električnu energiju od strane sustava JR

Prilikom analize računa za električnu energiju treba voditi računa o vremenu rada sustava. Slika 9. prikazuje model rada sustava JR tijekom godine s isključenjem u periodu od 0h do 5h. Na slici 10. koja prikazuje trošak za preuzetu električnu energiju tijekom posljednje tri godine, može se uočiti kako model radnog vremena odgovara po obliku podacima o potrošnji EE za proteklu godinu.



Slika 9. Model godišnjeg radnog vremena JR



Slika 10. Trošak JR u (kn) na jednom od analiziranih pojnih mjesta

2.8. Prijedlog mjera poboljšanja energetske učinkovitosti

Prijedlog mjera poboljšanja sustava JR treba osmisлити tako da implementacija bude ekonomski opravdana. S tim ciljem treba pažljivo analizirati trošak električne energije i održavanja sustava. Temeljem dosadašnjih istraživanja [3] najčešće predložena mjera je izmještanje mjernih mjesta izvan infrastrukture niskonaponske distribucije. Druga mjera je provođenje "Snimke postojećeg stanja" jer je česta pojava dokumentacije koja opisuje sustav [4] [5]. Treća mjera je rekonstrukcija sustava JR tj. prijedlog mjere zamjene neučinkovitih ili predimenzioniranih svjetiljki. Prijedlog mora biti sukladan s HRN EN 13201

i Zakonu o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja NN 114/11. Ukoliko se financiranje planira uz potporu Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, prijedlog treba uzeti u obzir i zahtjeve za izračun indikatora kvalitete ulaganja i verifikacije ušteda. Smisao prijedloga nije pružiti projekt koji treba pripremiti ovlašteni projektant već načelno iskazati potencijalne uštede koje proizlaze iz implementacije. Pri tome se od energetskog certifikatora očekuje poznavanje osnova projektiranja JR, normi vezanih uz JR, vežeće zakonske legislative, rada sa alatima za modeliranje svjetlosnih scena i poznavanje troškovnika, kako bi izračun jednostavnog povratnog perioda (JPP) investicije bio realan. Primjer sažetka opisa jedne od predloženih mjera zamjene postojećih rasvjetnih tijela prikazan je tablicom 2.

Tablica 2. Analiza zamjene postojećih rasvjetnih tijela 150W s lampama 70(50) W

Snaga svjetiljke	70 W	50 W	150 W
Snaga sustava	11,38 kW	8,80 kW	22,36 kW
kWh/god.	11.745,26	14.504,63	23.919,00
kn/god.	7.528,80	9.297,58	17.766,00
JPP (god.)	8,39	6,79	

Tablica 2. prikazuje primjer JPP gdje je predložena mjera bila zamjene postojećih svjetiljki snage 150 W, novim modelima snage 70 W koje se mogu reducirati na 50 W uvažavajući pri tome zahtjeve HRN EN 13201.

2.9. Zaključna razmatranja - sažetak

Bitne zaključke koji proizlaze iz energetskog pregleda treba sažeti na jednostavan i lako razumljiv način. Sažetak jednog od provedenih pregleda JR glasi:

Sustav javne rasvjete naselja je funkcionalan i uredan. Izgrađen je u sklopu rekonstrukcije niskonaponske mreže i rekonstrukcije križanja u kružni tok. Postojeća dokumentacija se sastoji od dvije knjige, projekta rekonstrukcije niskonaponske mreže... i projekta JR kružnog toka... Izvedeno stanje dijela sustava JR ne odgovara opisu iz projekta rekonstrukcije niskonaponske mreže. Dio sustava opisan u projektu kružnog toka izveden je u skladu s projektom.

Energetskim pregledom utvrđeno je:

- Sustav JR naselja samo je djelomično u upotrebi. S ciljem uštede isključeno je svako drugo rasvjetno tijelo... Ostvarena ušteda na taj način umanjuje sigurnost prometovanja zbog slabije uočljivosti objekata na prometnicama uslijed neadekvatne uniformnosti osvjetljenja.
- Na pojnim mjestima problem predstavlja nemogućnost sigurnog mjerenja svih električnih veličina uslijed blizine sabirnica niskonaponske distribucijske mreže. Izuzetak čini mjerno mjesto... , ali na njemu kao i na ostalim mjernim mjestima ne postoji dokumentacija koja bi omogućila jednostavnije snalaženje u izvodima JR.

Prijedlog mjera:

- Mjerna mjesta JR neophodno je izmjestiti iz niskonaponske distribucije sukladno Zakonu o komunalnom gospodarstvu (NN 70/97) i napraviti "Snimku postojećeg stanja" kako bi se opisali svi elementi sustava javne rasvjete, definirale jednopolne sheme, utvrdio raspot po izvodima i opterećenja pojedinih izvoda.
- Prilikom izrade projekta zatečenog stanja treba voditi računa o potrebi upisa sustava u katastar vodova tj. da se svi elementi sustava georeferenciraju, [6][7].
- Dugoročno, s ciljem ostvarenja energetske uštede potrebno je napraviti rekonstrukciju sustava JR zamjenom postojećih svjetiljki 150 W s modelima manje snage. Izradu projekta rekonstrukcije javne rasvjete treba povjeriti ovlaštenom projektantu kako bi bio u skladu sa zahtjevima Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (FZOEU) kojem bi se trebalo obratiti za sufinanciranje...

2.10. Prilozi

Prilozi bi trebali sadržavati sve podatke o trošku rada za protekle tri godine (mrežarina i preuzeta električna energija po mjesecima) koji zbog velikog broja podataka nisu prikladni za osnovni sadržaj izvješća. Osim podataka o potrošnji, prilozi bi trebali sadržavati fotodokumentaciju sustava, podatke mapiranja u GIS-u i podatke mjerenja svjetlosnih veličina s uključenim prostornim informacijama (geokodirani).

3. Zaključak

Javna rasvjeta je sastavni dio komunalne infrastrukture. Zakonskom odredbom energetski pregled javne rasvjete potrebno je provodi svakih pet godina. Provedba energetskog pregleda javne rasvjete predstavlja zahtjevan postupak analize sustava.

Rezultate energetskog pregleda treba prikazati kroz "Izvješće o provedenom energetskom pregledu javne rasvjete". Izvješće mora biti napisano u skladu s metodologijom energetskog pregleda JR koja ostavlja puno slobode u obliku pisanja i sadržaju izvješća. Predloženi sadržaj izvješća o pregledu je pokušaj doprinosa razvoju metodologije kroz obavezno iskazivanje pokazatelja energetske učinkovitosti i mapiranje elemenata sustava uz pomoć GIS podrške otvorenog koda. Mapiranje tj. načelno georeferenciranje elemenata sustava predstavljala postupak koji je po mišljenju autora potreban obzirom da je fukcija JR direktno vezano s prostornim smještajem pojedinih elemenata sustava. Zbog uočljivosti elemenata sustava, točnost dostupnih GPS uređaja opće upotrebe je dostatna za prostorno snalaženje.

Mjerenja električnih i svjetlosnih veličina predstavljaju najvažniji dio energetskog pregleda. Sustav JR nije podložan naglim promjenama, ali svejedno rezultate mjerenja treba ispravno interpretirati jer se najčešće mjerenja ne mogu provesti istovremeno. Posebnu pažnju treba posvetiti predspojnim napravama i odstupanju napona od nazivne vrijednosti. Odstupanje napona može dovesti do značajne razlike u potrošnji instaliranih svjetiljki.

Sustav JR, ukoliko već nije, potrebno je upisati sustava katastarsa vodova. Katastar (evidencija, popis) vodova temeljen na geodetskom snimanju vodova, zakonska je obveza od 1969. godine. Podaci o položaju prikupljeni tijekom mapiranja u sklopu pregleda ne mogu se iskoristiti za potrebe katastra vodova, zbog smanjene točnosti podataka, već je potrebno angažirati geodetski ured.

Ovlaštene osobe za provedbu energetskog pregleda moraju biti upoznate s osnovama projektiranja javne rasvjete kako bi prijedlog mjera energetske učinkovitosti bio sukladan važećim normama i legislativom. Neovisno o stupnju razrade prijedloga on ne može biti osnova projekta rekonstrukcije. Izradu projekta treba povjeriti ovlaštenom projektantu koji će temeljem rezultata pregleda i zahtjeva FZOEU naći optimalno tehničko rješenje rekonstrukcije ili izrade novog sustava JR.

4. Literatura

- [1] Glavaš, Hrvoje; Ivanović, Milan; Barić, Tomislav; Energetski pregled javne rasvjete prometnica, 23. znanstveno stručni skup organizacija i tehnologija održavanja, zbornik radova, Društvo održavatelja Osijek, Elektrotehnički fakultet Osijek, HGK Županijska komora Požega, Požega 2014. 33-45
- [2] Glavaš, Hrvoje; Ivanović, Milan; Mandić, Niko; Energy Audit of Public Lighting in the Area of Osijek-Baranja County (Croatia) // EnergyCon 2014 / Igor Kuzle, Tomislav Capuder, Hrvoje Pandžić (ur.). Copyright © 2014 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2014.
- [3] Glavaš, Hrvoje; Blažević, Damir; Ivanović, Milan; Quality and energy efficiency of public lighting in the area of Osijek-Baranja County. // Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette. Vol.19 No.3 Rujan 2012.; 549-556
- [4] Šmit, Tomislav; Glavaš, Hrvoje; Nikolovski, Srete; Geoinformacijski sustavi u prijenosu i distribuciji električne energije // 10. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, 3. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi / P. Raos, D. Kozak, M. Somolani, J. Stojšić, Z. Tonković (ur.). Osijek, 2012.
- [5] Blažević, Damir; Ivanović, Milan; Glavaš, Hrvoje; Održavanje javne rasvjete na području OBŽ // 21. Znanstveno-stručni skup organizacija i tehnologija održavanja - OTO '2012 / Z. Lacković, M. Ivanović (ur.). Osijek : Društvo održavatelja Osijek, Elektrotehnički fakultet Osijek, Sladorana Županja, 2012. 41-49
- [6] Dalibor Mesarić, Mario Štimac, Franjo Ambroš: "Informacijske pretpostavke za izgradnju infrastrukture za širokopojasni pristup", 37th international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics, MIPRO 2014., May 26 - 30, 2014, Opatija, Croatia
- [7] Boris Blagonić: "Katastar vodova u lokalnoj infrastrukturi prostornih podataka", Doktorski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.