

mr. sc. Silvana Luketić, dipl. ing. el.

# RJEŠENJA VANJSKE RASVJETE ŽELJEZNIČKIH KOLODVORA

## 1. Elementi vanjske rasvjete željezničkih kolodvora

Osnovni elementi sustava rasvjete jesu:

- izvori svjetlosti
- svjetiljke
- površine željezničkog platoa.

Osnova je svake rasvjete izvor svjetlosti koji električnu, toplinsku ili elektromagnetsku energiju pretvara u energiju svjetlosnog zračenja. Svjetiljka služi za kontrolu i razdiobu svjetlosnog toka jednog ili više izvora svjetlosti svjetiljke, a uključuje i sve dijelove potrebne za pridržavanje i zaštitu izvora te njegov priključak na električni napon. Na kvalitetu rasvjete utječu i refleksijska svojstva željezničkih platoa, no to su uvjeti koji se unaprijed određuju i ne mogu se mijenjati.

Električni izvori svjetlosti dijele se u dvije osnovne skupine:

- izvori svjetlosti s izbijanjem u plemenitim plinovima i metalnim parama
- izvori svjetlosti s užarenom niti
- LED izvori svjetlosti.

U sustavima rasvjete željezničkih kolodvora najčešće se primjenjuju električni izvori svjetlosti na osnovi izbijanja kroz plinove i metalne pare, i to:

- visokotlačna natrijeva žarulja (NAV)
- visokotlačna živina žarulja (HQL)
- visokotlačna metalhalogena žarulja (HQI)
- niskotlačna fluorescentna cijev (L).

Kod žarulja na izboj svjetlost se generira principom luminescentnog zračenja. Električni izboj događa se u cijevi napunjenoj plemenitim plinovima ili metalnim parama ili njihovom smjesom zbog djelovanja električnog polja između dviju elektroda. U plinu, koji prije dovođenja napona na elektrode nije bio vodljiv, dolazi do ionizacije, pri čemu se oslobađa elektromagnetska

energija u obliku optičkog zračenja u vidljivom i ultraljubičastom dijelu spektra.

Svi izvori svjetlosti na osnovi izbijanja ne mogu se izravno priključiti na mrežni napon, već se taj priključak izvodi preko posebnih predspojnih naprava čija je osnovna svrha ograničiti i stabilizirati struju izbijanja na određenu pogonsku vrijednost kako ne bi došlo do njezina neograničenog porasta, a time i pregaranja izvora svjetlosti. Uz to predspojna naprava osigurava i dovoljan napon za početak izboja u plinu. Budući da predspojna naprava osigurava pogonske uvjete žarulje na izboj, njezine karakteristike moraju odgovarati izvoru svjetlosti jer u suprotnome može doći do velikih odstupanja između svjetlosnih karakteristika i vijeka trajanja izvora svjetlosti. Predspojne naprave uvijek troše električnu energiju te smanjuju iskoristivost kompletnog sustava.

Kao predspojne naprave najčešće se koriste:

- prigušnice
- elektroničke naprave (najčešće za fluorescentne cijevi svih izvedbi, visokotlačne natrijeve žarulje i visokotlačne metalhalogene žarulje snage do 150 W).

Svi izvori na osnovi izbijanja, s iznimkom visokotlačne živine žarulje, trebaju viši startni napon od pogonskog kako bi započeo proces izbijanja. Taj se napon dobiva posebnim uređajima koji mogu biti samostalni dijelovi predspojnih naprava, integrirani u njih ili mogu biti ugrađeni u sam izvor svjetlosti:

- električni propaljivači za visokotlačne natrijeve i visokotlačne metalhalogene žarulje
- integrirani propaljivači ugrađeni u visokotlačne natrijeve i metalhalogene žarulje
- elektronički propaljivači posebne izvedbe koji mogu dati visoki napon do 60 kVs i koji omogućuju trenutno ponovno paljenje tek ugašene visokotlačne natrijeve i metalhalogene žarulje
- propaljivači za fluorescentne cijevi (tinjajući, sigurnosni i elektronički).

Bez ograničenja struje razvio bi se lavinski efekt pa se koriste ograničivači struje (prigušnice). Prigušnice su induktiviteti koji se spajaju u seriju s izvorom svjetlosti. Suvremeni rasvjetni sustavi sve više koriste i elektroničke prigušnice.

Osnovne vrste svjetiljki koje se koriste u sustavima vanjske rasvjete željezničkih kolodvora jesu:

- standardne svjetiljke za rasvjetu
- svjetiljke za rasvjetu tunela
- reflektori.

Kao elemente vanjske rasvjete smiju se koristiti samo ona rasvjetna tijela koja su standardizirana, odnosno koja su nadležna tijela odobrila i prihvatila kao vanjska rasvjetna tijela. Potrebno je uskladiti najekonomičnije rješenje s uvjetima rasvijetljenosti i sigurnosti na željezničkim prostorima.

### 1.1. Rasvjetni stupovi

Tipična rješenja rasvjetnih stupova u željezničkim kolodvorima jesu reflektorski stupovi i kandelaberski stupovi. Primjena reflektorske rasvjete zahtijeva primjenu visokih reflektorskih stupova. Što viši reflektorski stup omogućuje usmjeravanje na udaljenije površine pod znatno povoljnijim kutovima. Ograničenje predstavljaju s jedne strane svojstva izabranog reflektora i njemu pripadajućeg izvora svjetlosti, a s druge strane činjenica da jakost rasvijetljenosti opada s kvadratom udaljenosti, čime se ograničava međusobni razmak rasvjetnih mjesta, uzevši u obzir propisani nivo rasvijetljenosti. Nije nevažan ni podatak da cijena stupa znatno raste s povećanjem njegove visine.

U okviru zadanih uvjeta i ovisno o visini ovješnja projektirana su tri tipa reflektorskih stupova od 17,5 m, 20 m i 25 m. Stup visine 17,5 m je cijevne izvedbe, dok su stupovi od 20 m i 25 m rešetkaste konstrukcije. Kandelaberski stup s korisnom visinom ovješnja od 10 m razvijen je iz tipskog stupa za potrebe javne rasvjete.



Slika 1. Rešetkasti reflektorski stup



Slika 2. Cijevni reflektorski stup

Elektrifikacija kolosijeka isključuje mogućnost postavljanja rasvjetnih stupova između kolosijeka pa daljnji usmjerena rasvjeta postaje tehnički i ekonomski najpovoljnije rješenje i za srednje, a u nekim slučajevima i male kolodvore. Reflektorska rasvjeta nema opravdanja u slučaju vrlo malih kolodvora, stajališta ili ukrižja, gdje noću nije predviđen nikakav znatniji rad, već se traži samo lokalna rasvijetljenost ograničenoga kolodvorskog prostora.

Problem rasvjete u neposrednoj blizini reflektorskog stupa rješava se dodatnim svjetiljkama koje su uz pomoć cijevnih nosača pričvršćene na usponske dijagonale reflektorskog stupa na korisnoj visini ovješnja od oko 17 m. Svjetiljka se izvodi od aluminijskoga limenog kućišta koje je zatvoreno ravnim kaljenim zaštitnim staklom. Izabrana svjetiljka koristi se i kod dodatne rasvjete na kandelaberskim stupovima kao i kod rasvjete u nizu, pri čemu se njezino ovješnje postiže uz pomoć odgovarajućeg nosača ili neposrednim pričvršćivanjem na vrh stupa.

### 1.2. LED rasvjeta

Analizom ukupne instalirane snage rasvjetnih tijela na peronima i prilaznim putovima za prihvat i otpremu putnika te u kolodvorskim prostorima namijenjenima za rad izvršnoga željezničkog osoblja u najvećim željezničkim kolodvorima utvrđeno je da je na rasvjetu potrošen velik udio električne energije. Udio vanjske rasvjete željezničkih kolodvora iznosi oko 30 posto ukupne instalirane snage kolodvora i ukupno potrošene električne energije. Znatno je udio visokotlačnih živinih, visokotlačnih natrijevih, metalhalogenih svjetiljki i fluorescentne rasvjete za natkrivene površine.

Nove tehnologije sa znatnijom uštedom električne energije trenutačno nisu u uporabi u željezničkim kolodvorima. To se ponajprije odnosi na LED (*Light Emitting Diode*).rasvjetu čije su prednosti da troši od 80 do 95 posto manje električne energije u odnosu na, na primjer, visokotlačne živine žarulje, rok trajanja im je od 10 do 20 godina i ostvaruju tisuće sati osvjetljenja (otprilike između 40 000 i 50 000 sati, ali moguće je nabaviti i modele koji traju do 100 000 sati).

Trenutačno postoji samo projektna dokumentacija za rekonstrukciju vanjske rasvjete Zagreb Glavnog kolodvora koja nije prešla u fazu provedbe.



**Slika 3. Novoprojektirana vanjska rasvjeta Zagreb Glavnog kolodvora**

Prilikom donošenja odluke o odabiru LED rasvjete treba obratiti pozornost i na sljedeća dva aspekta: kvalitetu svjetla i boju svjetla. Mjeri ih se CRI (*Color Rendering Index*) metodom ili indeksom uzvrat boje, mjerom podudaranja boje objekta osvjetljenog izvorom koji se mjeri i boje tog objekta pod referentnim izvorom svjetla (s CRI =100). Inače, ljestvica je od 0 do 100. Što je CRI faktor izvora viši, to je uzvrat boje tog izvora bolji. Prosjek kod LED-a je 80 CRI, međutim jako je teško primijetiti razliku između 80 i 100 CRI. Do sada samo robna marka CREE posvećuje najviše pozornosti izradi LED čipa koji emitira uzvrat boje svjetlosti čak oko 95 po CRI ljestvici. Za LED vanjsku rasvjetu koristi se aluminij visoke čistoće, proizveden u visokotlačnim prešama. Njegove su karakteristike visoka otpornost na udarce i koroziju, izvrstan dizajn baziran na patentiranim heksagonalnim modulima, LED moduli koji daju izuzetnu kvalitetu rasvjete te postižu vrlo učinkovito odvođenje topline, napredni optički dizajn za distribuciju asimetrične rasvjete kako bi se zadovoljili svi uvjeti ulične rasvjete te visoka otpornost na temperature sa stupnjem zaštite IP66. Na željeznici bi bila zanimljiva

uporaba LED reflektora jer je reflektorska rasvjeta standardizirana za vanjsku rasvjetu većih i srednjih službenih kolodvorskih prostora pa treba navesti neke od prednosti LED reflektora: samostalno razvijen i patentiran dizajn LED modula, modernih karakteristika, što ga čini vrhunskim proizvodom; aluminijsko kućište izrađeno visokotlačnom tehnologijom, čime se postižu izuzetna izdržljivost i trajnost proizvoda, elektrostatska otpornost te otpornost na koroziju; napredni optički dizajn objektiva koji omogućuje veliku otpornosti na eventualne udarce te boje svijetla koje mogu biti u različitim nijansama: bijela, RGB te različite nijanse između bijele i RGB.

LED vanjska rasvjeta učinkovita je, dugotrajna i digitalno regulirana te ekološki i ekonomski usmjerena. Činjenica je da LED (bar kvalitetna LED tehnologija) i dalje drži visoku cijenu na tržištu. Međutim, bitno je uzeti u obzir ukupni trošak koji imamo posjedujući postojeću rasvjetu. Nije u pitanju samo cijena žarulje, već i potrošnja električne energije (koja su visoke kada su u pitanju klasične žarulje te prosječno visoke kada su u pitanju fluorescentne žarulje) te održavanje (koje stvara visok trošak, posebno u velikim prostorima gdje se prilikom održavanja mijenja ukupna postojeća rasvjetna struktura).

Postoji i mogućnost da se dogovori sistem instalacije LED lampi koji će se otplaćivati naknadno. Naime, u dogovoru s vlasnicima LED lampi (ili prodavačima) te bankama i operatorom distribucijskog sustava mogu se ugovoriti instalacije LED rasvjete bez početnih troškova, koje se isplaćuju tek idućih godina kroz ostvarene uštede na temelju nove LED rasvjete. I tako nekoliko idućih godina dok se ne isplate svi troškovi LED lampi i usluga vezanih uz njihovu instalaciju. Često je to od četiri do pet godina.

Kao krajnji rezultat korisnik (željeznica) ostvaruje uštedu od oko 50 posto i više sljedećih 10 – 20 godina nakon što je isplatio početne troškove. Mnogi dizajneri svjetla prigovaraju da pojedine LED žarulje nisu dovoljno jake u pogledu svjetla koje pružaju kao što je kod drugih vrsta rasvjete. Problem je u tome što su LED čipovi najučinkovitiji u izbacivanju svjetla u samo jednome smjeru. Međutim, danas postoje različiti dizajni i mogućnosti oblikovanja i formiranja pojedinog LED rasvjetnog tijela tako da kut izbacivanja svjetla bude ekvivalentan svim ostalim rasvjetnim tijelima, kombinirajući veći broj LED čipova.

## 2. OPTIMIRANJE POTROŠNJE

„Energetska učinkovitost“ i „održivi razvoj“ danas su često korišteni pojmovi kada se govori o budućnosti industrije i civilizacije uopće. Jasna svijest o ograničenosti fosilnih goriva, danas primarnog izvora energije, te nepostojanje

prave alternative u kratkoročnoj i dugoročnoj perspektivi postavljaju nove izazove pred sve industrijske potrošače i proizvođače: kako proizvoditi (ili trošiti) optimalno? Pod pojmom energetske učinkovitosti u užem smislu podrazumijeva se smanjivanje količine upotrijebljene energije po jedinici proizvoda, a bez utjecaja na kvalitetu ili kvantitetu proizvoda ili usluge. Drugim riječima, energetska učinkovitost nije i ni u jednome trenutku ne smije biti zakidanje uvjeta rada ili života. Poboljšanje energetske učinkovitosti uvijek mora završiti istim (ili boljim) proizvodom uz smanjenu konzumaciju energenata. U interesu je svakog poduzeća trajno se pobrinuti za racionalno iskorištenje energije. Racionalno korištenje energije kontinuirana je i organizirana aktivnost koja uključuje jasno predočene poticajne i edukativne mjere kako bi programi i aktivnosti bili sveobuhvatni i trajni te postigli što veće učinke i bolje rezultate.

## 2.1. Optimiranje potrošnje električne energije za vanjsku rasvjetu željezničkih kolodvora

Preduvjet za racionalnu uporabu energije u željezničkim kolodvorima stvarno je planiranje potrošnje bazirano na mjerenjima, ažurnoj i točnoj pohrani mjernih rezultata te na analizi potrošnje električne energije na razini cijeloga kolodvora i potrošnje za vanjsku rasvjetu. Na temelju danog pregleda i analize potrošnje za vanjsku rasvjetu željezničkih kolodvora potrebno je predložiti najekonomičnija rješenja za propisane uvjete rasvijetljenosti kolodvora odnosno izvesti optimizaciju postojećih i planiranih rješenja vanjske rasvjete, vodeći računa o kriteriju ekonomičnosti i udovoljavanju propisanim normama o nivoima rasvijetljenosti duž kolodvorskog područja. Za željezničke kolodvorske prostore postavljaju se visoki zahtjevi u pogledu nivoa rasvijetljenosti, kontrole bliještanja i uzvata boje rasvjetnih tijela. Peroni, skretnička područja i kolosijeci moraju se rasvijetljivati tako da se u cijelosti izbjegne pojava bliještanja koje može ometati manevarsko željezničko osoblje i strojovođe vlakova. Rješenje vanjske rasvjete temelji se na zahtjevima navedenima u hrvatskoj normi Svjetlo i rasvjeta – Rasvjeta radnih mjesta – 2. dio: Vanjski radni prostori HRN EN 12464-2. Nivoi rasvijetljenosti spadaju među bitne čimbenike o kojima ovisi „kvaliteta“ rasvjete.

Prema navedenoj normi, uvodi se veličina za najmanju dopuštenu vrijednost prosječne rasvijetljenosti ( $E_m$ ) na promatranoj površini koja iznosi:

- $E_m = 50$  lx za otvorene perone
- $E_m = 100$  lx za zatvorene perone (nadstrešnice)
- $E_m = 100$  lx za stubišta
- 30 lx za njegu i čišćenje vagona

Angažirana se snaga željezničkog kolodvora velikim dijelom, oko 30 posto, koristi za potrebe napajanja vanjske rasvjete. Pri projektiranju elektroenergetskog priključka primjenjuju se tipizirana tehnička rješenja na željeznici. Suvremena rasvjetna tijela i izvori svjetlosti, rasvjetni stupovi pojedinačne rasvjete, reflektorski stupovi, nosive konstrukcije kontaktne mreže osnove su za projektiranje vanjske rasvjete. Za velike kolodvore, za koje je reflektor usvojen kao izvor svjetlosti, potrebno je provesti analizu i izabrati najpovoljnije rasvjetno tijelo i reflektor najpovoljnijih karakteristika, proračun i analizu najpovoljnije visine i tipa reflektora te usporedbom odabrati i predložiti najpovoljnije tipove rasvjete za određene jakosti duž kolodvorskog područja.

Za srednja i mala službena mjesta kao rješenje za rasvjetu ne može se unaprijed usvojiti reflektorski stup, već je putem varijantnih rješenja potrebno provesti analizu sa svim pogodnim rješenjima. Rješenja vanjske kolodvorske rasvjete prilagođena su sadašnjem stanju rasvjetne tehnike, čiji je razvoj u posljednje vrijeme vrlo dinamičan te se javlja potreba za neprestanim usavršavanjem i prilagođavanjem danih rješenja općem razvoju rasvjetne tehnike. Brz razvoj rasvjetne tehnike, povećanje zahtjeva za osvjetljivanje i potreba za proširenjem kapaciteta pojedinih kolodvora mogu rezultirati velikim investicijskim i tehničkim zahvatima pa je to potrebno uzeti u obzir već kod izrade projektnih zadataka za rasvjetu pojedinog kolodvora i predvidjeti njihov perspektivni razvoj i potom prilikom izrade izvedbenih projekata računati s određenom rezervom kapaciteta kako energetske tako i u smislu mogućnosti montaže novih rasvjetnih tijela.

Prikupljeni podaci o vanjskoj rasvijeti u željezničkim kolodvorima upućuju na smjer u kojemu bi trebala ići optimizacija potrošnje električne energije, a to su zamjena klasičnih rasvjetnih tijela koja su većinom u uporabi u željezničkim kolodvorima novim tehnologijama koje omogućuju znatniju uštedu električne energije i tehničko rješenje za uključivanje rasvjete perona i nadstrešnice.

## 2.2. Upravljanje rasvjetom

Upravljanje rasvjetom određenoga kolodvorskog područja treba locirati u mjestu iz kojeg se upravlja određenim dijelom tehnološkoga radnog procesa. Najpovoljnije mjesto za upravljanje rasvjetom jest mjesto upravljanja prometom u kolodvoru, iz prometnog ureda odnosno postavnice. U većim kolodvorima taj problem može biti riješen parcijalno, a u izdvojenim dijelovima kolodvora u okviru njih samih, npr. ložiona, skladište, radionica. Kod rukovanja vanjskom rasvjetom potrebno je utvrditi položaj rasvjetnih mjesta i njihovu pripadnost određenome službenom mjestu iz kojeg se upravlja te najpovoljniji priključak vanjske rasvjete na niskona-

ponsku distributivnu mrežu. Najčešće se opća vanjska rasvjeta uključuj odnosno isključuje uređajima za daljinsko uključivanje odnosno isključivanje rasvjete. Vremenom uključivanja i isključivanja rasvjete kod automatskog upravljanja upravlja se kombinacijom luksomata i uklopnog sata. Problem rada uslijed pomaka dana i noći rješava luksomat, a uštedom električne energije tijekom dijela noći kada nema potrebe za vanjskom rasvjetom (kada se vlakovi ne zaustavljaju u kolodvoru pa ne postoji potreba da se ljudi zadržavaju u kolodvoru) upravlja uklopni sat. Kada luksomat preko svjetlosne sonde dobije informaciju da je noć, tada uklopni sat obavlja izmjenu prema upisanim vremenima u skladu s voznim redom vlakova.

Posebne sklopke dodane su i unutar razvodnih ormara da bi se, po potrebi, omogućilo uključivanje vanjske rasvjete neovisno o režimu rada uređaja luksomata i uklopnog sata (izvanredni događaji, posebne potrebe, servisni radovi i slično). Kod novijih rješenja vanjske rasvjete vanjskom rasvjetom upravlja se automatski iz razvodnih ormara, odnosno ručno (isključenje) iz kolnog ureda i posredovanjem računalnog sustava za upravljanje i nadzor svjetiljaka. Kod rješenja vanjske rasvjete LED tehnologijom u uporabi su razni sustavi upravljanja vanjskom rasvjetom kao što su DALI (*Digital Address Lighting Interface*) i *Broadband over powerlines*. *Broadband over powerlines* engleski je opći naziv za skup tehnologija širokopojsnog pristupa. Radi se o korištenju naponskih kabela za prijenos podataka. To je nova tehnologija u odnosu na ostale tehnologije širokopojsnog pristupa i koristi je slovenska tvrtka Elektrokovina prilikom novoprojektiranih rješenja vanjske rasvjete s LED svjetiljkama. Općenito, razvoj te tehnologije intenzivira se i uvode se neka inovativna tehnološka rješenja kao što se *skin*-efekt koristi kao valovod, iako eksperimentalno. U slučaju zakazivanja odnosno pogreške automatskog upravljanja predviđeno je ručno upravljanje uz pomoć grebenastih sklopki za uključivanje za noćni rad te vremenskog sata. DALI je međunarodno standardizirani komunikacijski protokol (IEC 62386) za kontrolu i upravljanje elektronskim napravama (svjetiljkama) i pripadajućim upravljačkim uređajima. Neke od osobina i prednosti DALI instalacija u odnosu na stanje sustava jesu:

- Jednostavno se ožičuje. Pored napojnog kabela potrebno je dovesti dva vodiča DALI linije. S obzirom na to da DALI nije definiran kao *SELV* (*Safety Extra Low Voltage*) sustav, mogu se koristiti dvije slobodne žile petožilnoga napojnog kabela ili se može voditi poseban kabel.
- Prilikom ožičenja nije potrebno voditi računa o strujnim krugovima. Svaki uređaj (svjetiljka, komandni pult, senzor prisutnosti/nivoa rasvijetljenosti...) ima svoju jedinstvenu fizičku adresu. Pripadnost nekoj logičkoj grupi definira se naknadno, softverski i

može se kasnije mijenjati. Uređaj može pripadati u više različitih grupa.

- Postoji mogućnost daljinske kontrole i očitovanja statusa kao što su oni je li svjetiljka ili grupa svjetiljki uključena ili isključena, koji je trenutni nivo rasvijetljenosti ili status ispravnosti svjetiljke.
- Opće i protupanično osvjetljenje integrira se u jedan sustav.

Neke od tih mogućnosti bile su na raspolaganju i prije, pomoću drugih sustava, ali je DALI standard omogućio da svi uređaji (predspojne naprave, senzori, kontrolni pultovi, transformatori, relejni moduli i drugi) raznih proizvođača budu kompatibilni i mogu biti povezani u jedinstven upravljački sustav. To projektantima, izvođačima i krajnjim korisnicima pruža fleksibilan sustav osvjetljenja s puno mogućnosti, a pritom su komponente sustava raspoložive iz različitih izvora koje korisnik bira prema svojim potrebama. Najvažnije je to što je taj protokol postao općeprihvaćen standard u području suvremenih instalacija rasvjete. Osobine svjetiljki koje podržavaju DALI protokol kao što su njihova adresabilnost i mogućnost prigušivanja omogućuju kontrolnome uređaju da na jednostavan način svakoj pojedinoj svjetiljki zada određenu naredbu (uključiti, isključiti, prigušiti, pojačati...). Postavlja se pitanje može li se na taj način upravljati klasičnim svjetiljkama koje nemaju ugrađen DALI protokol? Može, ali uz određena ograničenja.

Razni proizvođači koji podržavaju taj standard osim namjenskih DALI komponenti koje se ugrađuju u svjetiljke proizveli su tipske module, za ugradnju u razvodne ormare ili za samostalnu montažu. Oni omogućuju da se pri projektiranju i korištenju svjetiljki koje ne podržavaju DALI protokol formira sustav osvjetljenja upravljan DALI protokolom i koristi dobar dio mogućnosti koje on pruža. Također omogućuje formiranje mješovitog sustava u kojem su uređaji koji podržavaju DALI protokol i uređaji koji ga ne podržavaju. Tipski moduli predstavljaju vezu između DALI sustava i komponenti koji ne podržavaju taj standard. Korisnik pritom ne vidi temelji li se sustav osvjetljenja na DALI komponentama ili na klasičnim, upravljanim univerzalnim DALI modulima. Glavno je ograničenje koje se javlja kod konfiguracija tzv. univerzalnim DALI komponentama nemogućnost adresiranja svake pojedinačne svjetiljke. Time se u određenoj mjeri smanjuje fleksibilnost u postavljanju rasvjete. S obzirom na to da se u ovome slučaju upravlja linijama, tj. grupama svjetiljki, fleksibilnost sustava, a i cijena, izravno ovisio veličini grupe, tj. broju svjetiljki na liniji. Što je manji broj potrošača na liniji, sustav je fleksibilniji, ali pritom cijena raste. Zadaća je projektanta da vodi računa o optimalnome formiranju linija (grupa) svjetiljki, težeći da postigne najbolji odnos između fleksibilnosti i cijene sustava. Ostala ograničenja, koja vrijede za komponente bilo kojeg DALI sustava jesu:

- broj adresa (DALI uređaja) po jednoj DALI liniji koji iznosi maksimalno 64
- struja napajanja DALI linije je 250 mA, a potrošnja jedne komponente 2 mA (paneli 10 mA, senzori 15 mA)
- maksimalna duljina jedne DALI linije iznosi najviše 300 m, ovisno o presjeku vodiča.

Razmak je uvjetovan padom napona. U tablici 7.1. prikazane su najveće udaljenosti komponenti u sustavu, po jednoj DALI liniji, ovisno o upotrijebljenome presjeku vodiča. Na kraju, treba spomenuti i neke od proizvođača koji su također prisutni na hrvatskome tržištu, a u svom proizvodnom asortimanu imaju slične sustave ili komponente. To su Philips Lighting, Tridonic, Osram i ABB.

### 3. Zaključak

Pri razmatranju rasvjetnog sustava/aplikacije pametno je educirati se o vrstama rasvjetne tehnologije danas dostupne na tržištu. S obzirom na trenutačnu promociju popularnosti LED rasvjete, mnogi potrošači pretpostavljaju da je LED tehnologija rješenje za svaku rasvjetnu aplikaciju. Iako LED tehnologija zadovoljava i premašuje standarde za mnoge primjene, treba biti oprezan pri razmatranju LED rasvjete za primjene kada je rasvjeta vrlo bitna ili kada je izvor svjetla montiran na velikoj udaljenosti od cilja. Zamjena klasičnih rasvjetnih tijela koja su većinom u uporabi u željezničkim kolodvorima novim tehnologijama koje ostvaruju znatnu uštedu električne energije i tehničko rješenje uključivanja rasvjete perona i nadstrešnice te ostalih dijelova željezničkog kolodvora kada stvarno postoji potreba za rasvjetom, omogućuje racionalno korištenje rasvjete, odnosno uštedu električne energije.

### Literatura:

- [1] Širola, E.: Cestovna rasvjeta, Esing, Zagreb 1997.
- [2] Uglešić, I.: Predavanja-Željeznički elektroenergetski infrastrukturni podsustavi
- [3] Schulze-Buxloh, W.: Elektrische Energie-verteilung, Essen 1981.
- [4] Jermić, B: Priručnik električne rasvjete TET Zagreb, Školska knjiga, Zagreb 1970.
- [5] Elenbaas, W.: Light sources, Philips Technical Library, Eindhoven 1972.
- [6] Keitz, H.A.: Light Calculations and Measurements, Philips Technical Library, Eindhoven 1971.
- [7] Vorschrift für elektrische Energieanlagen-Beleuchtung von Bahnanlagen, Deutsche Bundesbahn, DV 954/3, 1977.
- [8] Technische Unterlage 954.9103 Elektrische Energieanlagen; Beleuchtungsanlagen im Gleisnahen und/oder sicherheitsrelevanten Bereich, DB Netz AG, 2002.
- [9] Jurković, M.: Glavni projekt rekonstrukcije vanjske rasvjete na Zagreb Glavnom kolodvoru, ŽPD d.o., 2014.

## UDK: 621.32

Adresa autora:

mr. sc. Silvana Luketić, dipl. ing. el.  
HŽ Infrastruktura d.o.o.  
silvana.luketic@hzinfra.hr

### SAŽETAK

*Preduvjet za racionalnu uporabu energije u željezničkim kolodvorima jest stvarno planiranje potrošnje bazirano na mjerenjima te ažurnoj i točnoj pohrani mjernih rezultata te na analizi potrošnje električne energije na razini cijelog kolodvora i potrošnje za vanjsku rasvjetu. Na temelju danog pregleda i analize potrošnje za vanjsku rasvjetu željezničkih kolodvora potrebno je predložiti najekonomičnija rješenja za propisane uvjete rasvijetljenosti kolodvora odnosno optimizirati postojeća i planirana rješenja vanjske rasvjete, vodeći računa o kriteriju ekonomičnosti i zadovoljavanju propisanih normi o nivoima rasvijetljenosti duž kolodvorskog područja. Za željezničke kolodvorske prostore postavljaju se visoki zahtjevi u pogledu nivoa rasvijetljenosti, kontrole bliještenja i uzvrata boje rasvjetnih tijela. Prikazana su sva rješenja vanjske rasvjete kolodvorskih prostora na hrvatskim željeznicama, uzimajući u obzir inovativne tehnologije, dizajn i kvalitetu rasvjete s priključkom na niskonaponsku elektroenergetsku mrežu.*

**Ključne riječi:** napajanje električnom energijom, potrošnja električne energije, optimizacija potrošnje električne energije, svjetlosni tok, rasvijetljenost, jakost svjetlosti, luminancija, vanjska rasvjeta, nivo rasvijetljenosti, kontrola bliještenja, uzvrat boje, vanjska reflektorska rasvjeta, kandelaberska rasvjeta, rasvjetni stupovi

**Kategorizacija:** stručni rad

### SUMMARY

#### OUTDOOR LIGHTING SOLUTIONS FOR RAILWAY STATIONS

*The aim of this paper is the optimization of electricity consumption for station outdoor lighting, based on an analysis of existing solutions for outdoor lighting at railway stations. A prerequisite for rational use of energy at railway stations is actual consumption planning based on measurements and accurately stored measurement results, and an analysis of electricity consumption at the level of the entire station and consumption for outdoor lighting. Based on the given review and analysis of consumption for outdoor lighting at railway stations, it is necessary to propose the most economical solutions for the prescribed conditions of station lighting, or to optimize existing and planned outdoor lighting solutions, taking into account the criteria of cost-effectiveness and meeting prescribed norms of illumination levels along the railway station area. Railway stations have to meet high requirements with regard to illumination, glare control and colour rendering of light fixtures. Special attention is given in the article to consumption of electric energy for outdoor lighting of station areas. All external lighting solutions for station areas at Croatian Railways are shown, taking into account innovative technologies, design and quality of lighting with a connection to the low voltage power grid.*

**Key words:** electric power supply, electric power consumption, optimization of electric power consumption, railway traffic, light flow, illumination, light intensity, lumen, outdoor lighting, illumination level, glare control, colour rendering, platforms, area of switches, tracks, outdoor reflector lighting, candelabra lighting, lighting poles, catenary support

**Categorization:** professional paper