

Svjetlosno onečišćenje na području grada Osijeka

Babić, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:221503>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-04**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Preddiplomski studij elektrotehnike

Svjetlosno onečišćenje na području grada Osijeka

Završni rad

Stjepan Babić

Osijek, 2021.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. Svjetlosno onečišćenje	2
2.1. Nastanak svjetlosnog onečišćenja	2
2.2. Utjecaj svjetlosnog onečišćenja	2
2.3. Zaštita od svjetlosnog onečišćenja	3
3. Pravila o postavljanju vanjske rasvjete	5
3.1. Općenito	5
3.2. Bitni pojmovi za vanjsku rasvjetu	5
3.3. Zone rasvijetljenosti.....	7
3.4. Načini i uvjeti upravljanja rasvjetom	7
3.4.1. Dekorativna rasvjeta	9
3.4.2. Krajobrazna rasvjeta	9
3.4.3. Prirodna vodna tijela.....	10
3.4.4. Cestovna rasvjeta	10
3.4.5. Rasvjeta mostova, vijadukta i nadvožnjaka	13
3.4.6. Oglasne ploče	13
3.4.7. Gradilišta, industrijska postrojenja i skladišta	13
3.4.8. Sportske površine i igrališta.....	14
3.4.9. Građevine poslovne, turističke i ugostiteljske namjene.....	14
4. Mjerenja srednje vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti javne rasvjete	15
4.1. Zona rasvijetljenosti E0.....	15
4.2. Zona rasvijetljenosti E1.....	16
4.3. Zona rasvijetljenosti E2.....	19
4.4. Zona rasvijetljenosti E3.....	23
4.5. Zona rasvijetljenosti E4.....	28
4.5.1. Pješačka zona.....	31
5. Zaključak	34
6. Literatura.....	35
7. Sažetak.....	36

Životopis.....	37
-----------------------	-----------

1. UVOD

Na dnevnoj bazi iz različitih vrsta medija primamo obavijesti o različitim onečišćenjima – kemijskim, biološkim, radioaktivnim, a u zadnje vrijeme sve se češće može čuti i o svjetlosnom onečišćenju. Svjetlosno onečišćenje je razlog zbog kojega dolazi do projektiranja moderne vanjske rasvjete. Svrha projektiranja moderne vanjske rasvjete je smanjenje svjetlosnog onečišćenja. Jedan od načina smanjenja svjetlosnog onečišćenja je prelazak na LED rasvjetna tijela i donošenje Pravilnika o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima od strane sabora Republike Hrvatske.

2. Svjetlosno onečišćenje

2.1. Nastanak svjetlosnog onečišćenja

Svjetlosno onečišćenje se javlja zbog pretjerane ili neprimjerene upotrebe umjetne svjetlosti što djeluje negativno na okoliš te ima utjecaja i na ljude, divlje životinja i klimu. Neki od uzroka svjetlosnog onečišćenja su loše i neadekvatno dizajnirane svjetiljke i loše projektiran raspored rasvjete. Komponente svjetlosnog onečišćenja su: prekoračenje svjetla, pretjerana rasvijetljenost, bliještanje i sjaj neba. Prekoračenje svjetla se odnosi na svjetlost koja pada tamo gdje nije potrebna ili namijenjena. Bliještanje je prekomjerna količina svjetlosti koja stvara vizualnu nelagodu. Sjaj neba je efekt sjaja svjetlosti koji se može uočiti u urbanim naseljima, a to je kombinacija svjetlosti koja je usmjerena prema nebu i reflektirane svjetlosti. Pretjerana rasvijetljenost uzrokovana je pretjeranom količinom svjetlosnih izvora na određenom području. [7,2]

2.2. Utjecaj svjetlosnog onečišćenja

Svjetlosno onečišćenje ima utjecaj na različite aspekte. Aspekti na koje utječe svjetlosno onečišćenje su : ekološki, ekonomski, astronomski, zdravstveni i sigurnosni. Neodgovarajuća i loša vanjska rasvjeta je neučinkovita, te je potrošnja električne energije 30% - 40% veća nego kod korištenja potpuno zaštićenih rasvjetnih tijela koje imaju odgovarajući izvor svjetlosti i daju istu ili čak i bolju rasvijetljenost. [2]

Ekološki aspekt je taj što sjajnost neba utječe na neometani prijelaz između noći i dana, a to je temeljni uvjet ekoloških sustava. Životni ciklusi biljaka i životinja te čovjeka su prilagođeni neometanim, normalnim i prirodnim izmjenama dana i noći na dnevnoj bazi. Mogu se uočiti različiti negativni i štetni utjecaji na životinjski i biljni svijet. Primjeri negativnih i štetnih uvjeta su: ptice prave gnijezda u osvijetljenim područjima, selice se znaju dezorijentirati, negativan utjecaj na reproduksijski ciklus određenih ribljih vrsta, velika količina šišmiša i insekata stradava te može izazvati prerano cvjetanje i dozrijevanje kod nekih biljnih vrsta. Svjetlosno onečišćenje može izazvati istrebljenja pojedinih životinjskih i biljnih vrsta. [3]

Sigurnosni aspekt:-u prometu je neprimjerena rasvjeta koja ometa sudionike u prometu. Cestovna rasvjeta treba biti prigušena da se izbjegne svijetlost koja direktno zaslijepljuje sudionike u prometu, a da ih odbljesci od mokre ceste indirektno ne zaslijepljuju. Prijelazi iz rasvijetljenog područja u ne rasvijetljeno ili slabo rasvijetljeno područje zbog velikog kontrasta mogu izazvati kratkotrajno oslabljeni vid te može izazvati prometnu nesreću te ugroziti sudionike u prometu.

Bliještanje izaziva opasnost zbog toga što stvara osjećaj umora i smanjuje koncentraciju kod sudionika u prometu isto kao slabo rasvijetljena i nerasvijetljena prometnica, te loše ugođena rasvjeta u odnosu na rasvijetljenu prometnicu. Bliještanje utječe na bitne čimbenike sigurnosti u prometu zato što utječe na brzinu i oštrinu zapažanja te smanjuje osjetljivost na kontrast. Zakon o sigurnosti u prometu na cestama definira na koji se način postavljaju predmeti koji mogu zaslijepiti sudionike u prometu ili odvrataju pažnju u toj količini da može utjecati na sigurnost u prometu. [1]

Zdravstveni aspekt se očituje u tome što epidemiološka istraživanja pokazuju da izloženost noću svjetlosti dovodi do promjena cirkadijanog ritma potiskivanjem sinteze hormona melatonina. Ljudsko tijelo funkcionira u 24 satnom cirkadijanom ritmu. Cirkadijani ritam upravlja biokemijskim, fiziološkim i bihevioralnim procesima. Kao što je navedeno na stranici Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo vezano uz utjecaj svjetlosnog onečišćenja na ljudsko zdravlje: „Značajke svijetlosti koje utječu na ljudsko zdravlje su jakost, vrijeme izloženosti i spektar svjetlosti. Interakcija ljudskog tijela i svjetlosti se odvija preko očiju i kože, a svjetlosna energija koja se preko toga izmjenjuje ovisi o valnoj duljini emitirane i apsorbirane svjetlosti. Mnoga istraživanja pokazuju da umjetni izvori svjetlost sadrže valne komponente koje predstavljaju opasnost za kožu i oči čovjeka te mogu uzrokovati mnoge zdravstvene probleme. Utječe na stvaranje različitih zdravstvenih problema poput povećane učestalosti glavobolje, stres, iscrpljenost i unutarnji nemir. Fluorescentna i intenzivna svjetlost u uredima mogu izazvati povećani krvni tlak, stres i povećati učestalost pogrešaka prilikom rada.“ Izloženost umjetnim svjetlima tijekom noći određenoj valnoj duljini i dovoljnoj jakosti svjetlosti prekida lučenje hormona melatonina te ovisi o vremenskom trajanju, intenzitetu i boji svjetlosti-, [5]. Astronomski aspekt svjetlosnog onečišćenja se pokazuje u sjajnosti neba zbog toga nije moguće proučavati nebeska tijela. Proučavanja govore da u Europi i Sjedinjenim Američkim Zemljama 99% populacije nije nikada doživjelo prirodnu noć zbog efekta sjajnosti neba. U Hrvatskoj je poznat slučaj zvjezdarnice u Višnjanu. Zbog jačanja svjetlosnog onečišćenja zvjezdarnica je prebačena na 3 km udaljeno brdo Tičan od njene početne lokacije. [4]

2.3. Zaštita od svjetlosnog onečišćenja

Cilj zaštite od svjetlosnog onečišćenja je očuvanje kakvoće okoliša, smanjenje negativnog utjecaja svjetlosti na ljudsko zdravlje, zaštita krajobrazne raznolikosti, očuvanje bioraznolikosti, očuvanje biljnih i životinjskih vrsta pogotovo onih koji su najosjetljiviji na svjetlosno onečišćenje i očuvanje ekološke stabilnosti. To se postiže racionalnim iskorištavanjem prirodnih resursa i

energije na što učinkovitije načine. Mjere koje se koriste za zaštitu od svjetlosnog onečišćenja se odnose na nepotrebne i štetne emisije svjetlosti u prostoru, izvan zone i u zoni koju je potrebno rasvijetliti. U zakonu o zaštiti od svjetlosnog zagađenja definirani su načini zaštite, tijela koja provode zaštitu, način što boljeg upravljanja rasvjetom uz što veću uštedu električne energije i drugih energija te obvezni načini rasvjetljenja, donesene mjere za zaštitu od prekomjerne rasvijetljenosti, zabrane i ograničenja vezana uz svjetlosno onečišćenje, načini planiranja, gradnje, rekonstrukcije i održavanje rasvjete, te odgovornost proizvođača rasvjetnih tijela. [7]

Međunarodna organizacija za zaštitu od svjetlosnog onečišćenja se naziva Internacional Dark-Sky Association (IDA). Hrvatski ogranak za zaštitu od svjetlosnog onečišćenja se naziva Croatian Dark-Sky Association (CDSA). Hrvatski sabor je 10. listopada 2007. godine izglasao Zakon o zaštiti okoliša. Zaštita od svjetlosnog onečišćenja se nalazi u 32. članku zakona o okolišu. Važno je znati da svaki pojedinac može pomoći pri zaštiti okoliša od svjetlosnog onečišćenja tako da smanjimo svjetlost iz naših domova tijekom noći te da koristimo rasvjetu kada nam je potrebna i da je ugasimo kada nam nije potrebna. Mjere zaštite vezane uz svjetlosno onečišćenje se određuju zbog zaštite od emitiranja prevelike količine svjetlosti, prilagođavanje dosadašnje rasvjete okoliša na dopuštene razine, zadovoljavanje osnovnih zahtjeva za zaštitu vezanu uz rasvjetna tijela, te način postavljanja rasvjetnih tijela i režim rada rasvjetnih tijela. Osiguravanje dostupnosti informacija javnosti o akcijskim planovima gradnje i planovima rasvjete i rekonstrukcije vanjske rasvjete. Prilikom planiranja, projektiranja i gradnje modernih rasvjetnih sustava trebamo se pridržavati zakonika te njegovih odredbi kako bi smo umanjili svjetlosno onečišćenje. Rasvjetni izvori trebaju imati vrijednost valne duljine emitirane svjetlosti manju od 500 nm zato što rasvjetni izvori koji imaju veću valnu duljinu negativno utječu na ljudsko zdravlje, sigurnost u prometu i ekosustav. Potrebno je stara rasvjetna tijela koja emitiraju svjetlost iznad horizontalne ravnine sanirati i zamijeniti s modernim rasvjetnim izvorima koji zadovoljavaju uvjete iz zakonika i pravilnika. [6]

3. Pravila o postavljanju vanjske rasvjete

3.1. Općenito

"Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima" (Narodne novine 128/2020) je pravilnik koji se treba poštivati prilikom projektiranja, izrade i ugradnje rasvjetnih sustava. Rasvjetni sustavi trebaju biti planirani, projektirani, izrađeni i održavani prema uvjetima koji su navedeni u pravilniku i zakoniku te moraju ispunjavati sve uvjete koji su propisani i odnose se na te rasvjetne sustave te se trebaju poštivati i ostali uvjeti različitih djelatnosti su vezane uz rasvjetu (poštivanje normi u arhitekturi, građevini itd). Projekti vezani uz rasvjetne sustave trebaju biti projektirani tako da u bilo kojem trenutnu možemo priključiti ta rasvjetna tijela napredni sustav upravljanja. [2]

3.2. Bitni pojmovi za vanjsku rasvjetu

Artefakt je umjetna tvorevina rasvjete koja ima dekorativni karakter. Ekološki prihvatljive svjetiljke su svjetiljke koje ispunjavaju zahtjeve umjetne rasvjete za pojedine građevine, objekte ili područja čija emisija svjetlosti ispunjava zakone o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja.

Kao što je navedeno u pravilniku[2]:- „G-indeks je vrijednost količine plavog svjetlosnog spektra u vidljivom dijelu svjetlosnog spektra izvora. Maksimalna korelirana temperatura boje svjetlosti je maksimalnog iznosa 3000 K uz G-indeks koji je veći ili jednak iznosu 1,5, a u zaštićenim područjima maksimalna korelirana temperatura boje svjetlosti je najviše 2200 K njegov G-indeks je veći ili jednak iznosu 2.

Kut svjetlosnog snopa je izlazni kut na čijim rubovima se jakost svjetlosti smanji 50% u odnosu na maksimalnu vrijednost.“

Napredni sustav upravljanja gradom je sustav koji povezuje komunikacijsku i informacijsku tehnologiju i fizičke uređaje koji su povezani na Internet mrežu stvari a cilj joj je optimalizacija usluga, učinkovitosti gradskog poslovanja i povezanost s građanima. Za primjenu ovog sustava svjetiljke moraju imati ugrađene programibilne upravljačke uređaje kako bi se moglo upravljati s njima.

Onečišćujuće svjetlo je dio ukupnog svjetlosnog toka koji isijava iznad horizontale ravnine.

Provalno svjetlo je dio svjetlosnog toka koji se koristi za rasvjetljivanje prostora između korisnog svjetlosnog toka i horizontale obzorja svjetiljke te zahvaća dio površine u susjedstvu koji nije pod vlasništvom investitora rasvjete.

Rasipna svjetlost obuhvaća dio svjetlosnog toka svjetiljke koji rasvjetljava dio koji nije bio u planu da se rasvijetli.

Kao što je navedeno u prezentacijama [8]:-„Rasvijetljenost je svjetlotehnička veličina koja se definira kao omjer svjetlosnog toka koji pada na tu površinu i te površine. Mjerna jedinica od rasvijetljenosti je luks(lx).

“Sustav s promjenjivom temperaturom boje je rasvjetni sustav koji ima dinamičku promjenu korelacijske temperature boje. Sustav upravljanja rasvjetom je rasvjetni sustav koji je automatiziran te nam omogućuje upravljanje s povezanom rasvjetom te možemo upravljati vremenom uključanja-isključanja rasvjete, intezitetom i vremenima promjene inteziteta.

Definicija koja je navedena u prezentacijama[8]:-“Luminencija je svjetlotehnička veličina koja predstavlja efekt sjajnosti rasvijetljene površine koju vidi ljudsko oko. Simbol za luminaciju(sjajnost) je L, a njegova mjerna jedinica je kandela po metru kvadratnom (cd/m^2).

Jakost svjetlosti predstavlja snagu zračenja koju neki svjetlosni izvor emitira u određenom smjeru u prostoru. Mjerna jedinica za jakost svjetlosti je kandela, a simbol je I. Svjetlosni tok je ukupan iznos svjetlosti koje emitira izvor svjetla, a mjerna jedinica je lumen(lm). Simbol za svjetlosni tok je veliko grčko slovo Φ .”

Svjetlosna refleksija se definira kao dio svjetlosti koja je napustila površinu rasvjetljivanja i njezin intenzitet je umanjen za vrijednost apsorbirane svjetlosti rasvijetljene površine.

Svjetlosni sustav predstavlja električni sklop jednog ili više svjetlosnih izvora i uređaja koji omogućuju tim svjetlosnim izvorima da emitiraju svjetlost.

Prema vrsti svjetlosti možemo imati tri različita svjetlosna sustava. Kao što je navedeno u pravilniku[2]:- „Svjetlosni sustav koji emitira svjetlost vidljivog spektra valne duljine od 380 do 780 nm. Svjetlosni sustav koji kombinira svjetlost vidljivog spektra valne duljine od 380 do 780 nm i bijelu svjetlost. Svjetlosni sustav koji kombinira svjetlost vidljivog spektra valne duljine od 380 do 780 nm sa monokromatskom ambra svjetlosti.”

Svjetlostaj je vremenski period noći kada se gasi vanjska rasvjeta ili smanjuje na propisane razine. LOR(Light Output Ratio) predstavlja ukupnu količinu proizvedenog svjetlosnog toka koji

se dijeli na ULOR (Upward Light Output Ratio) i DLOR (Downward Light Output Ratio). ULOR je dio svjetlosnog toka koje svjetlosni izvor emitira iznad horizontale ravnine u odnosu na ukupni svjetlosni tok. DLOR je dio svjetlosnog toka koje svjetlosni izvor emitira ispod horizontale ravnine. DLOR ima podjelu na korisnu svjetlost, provalnu svjetlost i rasipnu svjetlost.[2][1]

3.3. Zone rasvijetljenosti

Područja u Republici Hrvatskoj se dijele na različite zone rasvijetljenosti ovisno o sadržaju i aktivnostima koje se nalaze unutar tih područja. Kao što je navedeno u pravilniku [2]:- „Imamo 5 zona rasvijetljenosti u Republici hrvatskoj i to su: područja prirodne rasvijetljenosti (E0), područja tamnog zavičaja (E1), područja niske ambijentalne rasvijetljenosti (E2), područja srednje ambijentalne rasvijetljenosti (E3), područja visoke ambijentalne rasvijetljenosti (E4).“ Kriteriji za kvalifikaciju i kvalifikacija zona rasvijetljenosti su definirani u prilogu I. točki A „Pravilnika o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljenja i načini upravljanja rasvjetnim sustavima“. Oko zone rasvijetljenosti E0 nam se treba nalaziti zona rasvijetljenosti E1. Zabranjeno je postavljanje rasvjete direktno prema ugroženim životinjama pogotovo onih koji su osjetljivi na svjetlosno onečišćenje bez obzira u kojoj zoni rasvijetljenosti se nalazi. Zona E0 uključuje područja u blizini većih profesionalnih zvjezdarnica, parkove tamnog neba, prirodno područja važna za očuvanje divljih životinja koje su osjetljive na svjetlosno onečišćenje i zaštićena područja. Područja koja se nalaze u zoni E1 su područja s ograničenom noćnom aktivnosti te urbana i ruralna mjesta te ruralne lokalne prometnice koje su slabo osvijetljene ili ne osvijetljene. Zona E1 uključuje zaštićena područja koja nisu uključena u zonu E1. Zona E2 uključuje rezidencijalne zone, građevinska područja naselja i zaštićena područja unutar naselja. Ta zaštićena područja koja se ubrajaju u zonu E2 ne smiju biti u zoni E1 i E2. Zona E3 uključuje trgovačke i industrijske zone izvan i unutar naselja te prometnu infrastrukturu. Zona E4 uključuje urbana područja koja imaju visoki stupanj noćne aktivnosti većinom komercijalnog karaktera. [2]

3.4. Načini i uvjeti upravljanja rasvjetom

Kao što je navedeno u pravilniku [2]:-„Vanjska rasvjeta se upotrebljava za rasvjetljavanje okoliša te uključuje javnu, cestovnu, dekorativnu, krajobraznu, prigodnu, rasvjetu za zaštitu i oglasne ploče. Prilikom projektiranja i ugradnje vanjske rasvjete potrebno je ispuniti uvjete za rasvjetu ovisno o njihovoj namjeni, vezano uz isijavanje na otvorima građevina.“ Treba zadovoljavati rasvjetu granične vrijednosti iz priloga II. „pravilnika o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljenja i načini upravljanja rasvjetnim sustavima.“ Vrijednosti koje se nalaze u tablici 3.1 su uzete iz pravilnika: to su propisane maksimalne vrijednosti u ovom

slučaju: „Maksimalne razine vertikalne rasvijetljenosti na otvorima građevina koje se svrstavaju u nepokretna kulturna dobra raspodijeljeno prema zonama rasvijetljenosti. Vrijednosti koje se nalaze u tablici 3.2 su uzete iz pravilnika i to su propisane vrijednosti za : „Maksimalne razine vertikalne rasvijetljenosti na otvorima građevina u građevina koji spadaju u nepokretna kulturna dobra s obzirom na zonu rasvijetljenosti.“ Svjetlostaj počinje u sredini noći i ne može trajati kraće od 3 sata. Maksimalne vrijednosti luminencije na površinama građevina prije svjetlostaja i za vrijeme svjetlostaja nalaze se u tablici 3.3. Razlika između tablice 3.1 i tablice 3.2 je ta što su u tablici 3.1 propisane vrijednosti za maksimalne iznose vertikalnih rasvijetljenosti na otvorima susjednih građevina bez obzira na svrhu namjene tog objekta, a u tablici 3.2 uključene su i vrijednosti za maksimalne vrijednosti vertikalne rasvijetljenosti na otvorima kulturnih dobara i susjednih objekata. [2]

Tablica 3.1: Maksimalne razine vertikalne rasvijetljenosti na otvorima susjednih građevina

Zone rasvijetljenosti	E0(lx)	E1(lx)	E2(lx)	E3(lx)	E4(lx)
Prije svjetlostaja	0,5	1	2	3	8
Svjetlostaj	0	0	0,5	1	2

Tablica 3.2 : Maksimalne razine vertikalne rasvijetljenosti na otvorima kulturnih dobara i susjednih građevina

Zone rasvijetljenosti	E0(lx)	E1(lx)	E2(lx)	E3(lx)	E4(lx)
Prije svjetlostaja	0	1	4	8	15
Svjetlostaj	0	0	1	2	3

Tablica 3.3: Maksimalne razine luminancije na površinama građevina

Zone rasvijetljenosti	E0(cd/m ²)	E1(cd/m ²)	E2(cd/m ²)	E3(cd/m ²)	E4(cd/m ²)
Prije svjetlostaja	0	0	5	10	20
Svjetlostaj	0	0	1	2,5	5

3.4.1. Dekorativna rasvjeta

Dekorativna rasvjeta nije dopuštena u zonama E0 i E1. Dekorativnu zonu smijemo koristiti u zonama E2, E3 i E4. Svjetlosni tok dekorativne rasvjete - njezin udio smije biti veći od 0.0% iznad horizontalne ravnine ako je ona usmjerena prema građevini i ne izlazi iz zadanih vrijednosti osvjetljenosti. Maksimalna srednja vrijednost rasvijetljenosti površine dekorativne rasvjete ne smije prelaziti gabarite rasvijetljenosti koji su propisani u pravilniku i zakoniku. Propisane vrijednosti iznosa prije svjetlostaja i za vrijeme svjetlostaja nalaze se u tablici 3.1. Dekorativna rasvjeta treba biti izvedena tako da ima mogućnost mijenjanja intenziteta od 100% do 0%. Kada započne svjetlostaj intenzitet dekorativne rasvjete se treba smanjiti 50% ili isključiti. Ovisno o vrsti, tipu i boji građevine možemo koristiti svjetiljke s dinamičkom ili statičkom korelacijom temperatura boje. Dopušteno je koristiti za dekorativnu rasvjetu RGB, RGBA, RGBW i rasvjetne sustave koji mijenjaju boju svjetlosti. RGB je kratica za model kod kojeg se zbrajanjem osnovnih boja (zeleni, crveni i plavi) dobije svjetlost bijele boje. Kao što je navedeno u pravilniku[2]: „RGBA je kratica za trokanalni aditivni RGB model kod kojeg se uz zbrajanje osnovnih boja nalazi i amber boja (2200-2400K). RGBW kratica za RGB model kod kojeg se uz zbrajanje osnovnih boja nalazi i bijela boja koja ima ulogu pojačavanja intenziteta bijele boje.

3.4.2. Krajobrazna rasvjeta

Krajobrazna rasvjeta se ne smije koristiti u zonama E0 i E1, ali se smije koristiti u zonama E2, E3 i E4. Udio svjetlosnog toka krajobrazne rasvjete može biti više od 0.0% iznad horizontalne ravnine pod uvjetom da taj udio svjetlosti koji je usmjeren u zelenilo ili raslinje ne izlazi iz gabarita osvjetljavanja. Kao što je navedeno u pravilniku[2]:-„Kod novih projekata pejzažne arhitekture rasvjeta mora biti tako projektirana da širina toka rasvjete ne izlazi iz gabarita očekivanog rasta raslinja ili zelenila u vremenu od najmanje 50% životnog vijeka trajanja postavljene rasvjete. Gabarit zelenila ili raslinja uzima u obzir kada biljka dosegne razvojni maksimum na godišnjoj razini (proljeće kada krenu biljke cvjetati).“ Krajobrazna rasvjeta kod bjelogoričnih biljaka mora biti isključena tijekom zime (kada ostane bez vlastitog pokrova). Krajobrazna rasvjeta ima maksimalnu vrijednost vertikalne rasvijetljenosti površine u naseljenim mjestima od 20 lx i u nenaseljenim područjima od 8 lx. Krajobrazna rasvjeta mora imati mogućnost reguliranja intenziteta rasvjete od 100% do 0%. Kada nastupi svjetlostaj, krajobrazna rasvjeta treba se isključiti i ne uključivati dok ne prođe svjetlostaj. Poseban uvjet kada ne trebamo isključiti krajobraznu rasvjetu za vrijeme svjetlostaja ako je ona dio javnih priredbi. Tada će se nakon sat vremena od završetka javnih priredbi isključiti krajobrazna rasvjeta. Ovisno o vrsti raslinja ili

zelenima biramo rasvjetna tijela. Možemo koristiti RBG,RGBA,RGBW ili svjetiljke s dinamičkom ili statičkom korelacijom temperaturne boje do 2200 K. [2]

3.4.3. Prirodna vodna tijela

Svjetlosni snopovi bilo kakve vrste ili oblika rasvjete ne smiju biti usmjereni prema prirodnim vodnim tijelima. U posebnim slučajevima svjetlosni snopovi bilo kakve vrste ili oblika svjetlosti smiju biti usmjereni prema prirodnim vodnim tijelima. Posebni slučajevi su kada su prirodna vodna tijela dio tog nepokretnog kulturnog dobra, kada se nalaze prirodna vodna tijela kao dio privremene umjetničke instalacije na vodi ili uz vodu uz vremensko ograničavanje trajanja i za potrebe velikih događaja ili priredbi u vremenu održavanja tih događaja te ta rasvjeta započinje s radom sat prije početka događaja i isključuje se sat vremena nakon događaja. Maksimalna razina rasvijetljenosti površine su propisane pravilnikom te imaju iznos 20 lx u naseljenim mjestima i u nenaseljenim mjestima 8 lx. Javna i cestovna rasvjeta koja se nalazi uz prirodna vodna tijela svojim izlaznim i usmjerenim tokom rasvjete na prirodnim vodnim tijelima mora biti manja od vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti prije svjetlostaja i za vrijeme svjetlostaja se nalaze u tablici 3.4. Za vrijeme svjetlostaja svjetlost usmjerena prema prirodnim vodnim tijelima u posebnim slučajevima se treba smanjiti intenzitet na najmanje 30% početnog intenziteta ili isključiti. [2]

Tablica 3.4: Maksimalne vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti uz vodna tijela uzrokovana cestovnim prometom prema zonama rasvijetljenosti

Zone rasvijetljenosti	E0(lx)	E1(lx)	E2(lx)	E3(lx)	E4(lx)
Prije svjetlostaja	0	3	6	8	10
Svjetlostaj	0	1	2	3	4

3.4.4. Cestovna rasvjeta

Cestovna rasvjeta i rasvjeta drugih prometnih površina treba biti projektirana i realizirana u skladu s propisima koje uređuju i definiraju komunalno i cestovno gospodarstvo. Cilj cestovne rasvjete je omogućavanje što boljih uvjeta sudionicima u prometu. Samim time što imamo bolje uvjete povećava nam se preglednost prilikom kretanja prometnica i smanjuje nam se rizik i povećava vjerojatnost da sve zapreke na prometnicama uočimo na vrijeme i da ne predstavljaju opasnost za sudionike time se povećava i sigurnost na prometnicama.

U sustavima rasvjete za ceste i druge prometne površine moraju se koristiti ekološke svjetiljke te one trebaju ispunjavati propisane uvjete za cestovnu rasvjetu iz pravilnika i zakonika. Udio svjetlosnog toka tih svjetiljki iznad horizontalne ravnine u zoni E0 i E1 iznosi 0%, u zoni E2 iznosi 1%, u zoni E3 iznosi 2% i u zoni E4 iznosi 3%. Maksimalna korelirana temperatura boje je do 3000 K.

Kao što je navedeno u pravilniku[2]:-,Cestovna rasvjeta i rasvjeta drugih prometnih površina mora ispunjavati zahtjeve važećih normi za cestovnu rasvjetu. Norme za cestovnu rasvjetu definiraju smjernice za odabir razreda rasvjete, zahtijevana svojstva, metode mjerenja svojstava, proračun svojstava i pokazatelji energetske svojstava rasvjete. Maksimalne vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti cestovne rasvjete i rasvjete prometnih površina se definiraju u ovisnosti o prometnoj razini ceste, gustoći i količini prometa, razini prometnog opterećenja, jednosmjernog ili dvosmjernog prometa, razini opremljenosti ceste prometnom signalizacijom uz uvažavanje svih sudionika u prometu uključujući bicikliste, motoriste i pješake tijekom noćnog režima rada.“

Kvalitetu cestovnog sustava rasvjete definiraju tehnička svojstva i kvaliteta izvora svjetlosti, površine kolnika i svjetiljke. Propisane vrijednosti za horizontalnu rasvijetljenost prometnica s prometom motornih vozila za vrijeme prije svjetlostaja i za vrijeme svjetlostaja se nalaze u tablici 3.5. Propisane vrijednosti koje se nalaze u tablici su granične vrijednosti rasvijetljenosti i ne smiju se postavljati rasvjetni izvori koji prelazi te propisane vrijednosti. Maksimalne srednje vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti u pješačkom prometu uz tramvajski i željeznički promet ima iznos 20 lx. Maksimalne srednje vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti pješačkih i biciklističkih staza na zaustavnim trakama, kolniku i parkiralištima uz cestu prije svjetlostaja i za vrijeme svjetlostaja se nalaze u tablici 3.6. [1,2].

Parkirališne površine se dijele obzirom na gustoću prometa na lagani, srednji i gusti promet. Pod laganim prometom se smatraju parkirališne površine uz trgovine, terase i stambene objekte. Kao što je navedeno u pravilniku[2]:-,Pod srednjim prometom se smatraju parkirališta uz robne kuće, poslovne zgrade, sportske i višenamjenske građevinske komplekse. Pod gustim prometom se smatraju parkirališta uz škole, crkve, velike trgovačke centre, veliki sportski centri i velike višenamjenske građevinske komplekse.“ Maksimalne srednje vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti parkirališnih površina s laganim prometom prije svjetlostaja iznosi 5 lx. Maksimalne srednje vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti parkirališnih površina s laganim prometom za vrijeme svjetlostaja iznosi 3 lx. Maksimalne srednje vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti parkirališnih površina sa srednjim prometom prije svjetlostaja iznosi 10 lx, a za

vrijeme svjetlostaja iznosi 5 lx. Maksimalne srednje vrijednosti horizontalne rasvjetljenosti parkirališnih površina s gustim prometom prije svjetlostaja iznosi 15 lx, a za vrijeme svjetlostaja iznosi 7 lx.

Rasvjeta pješačkih prijelaza se smatra sigurnosnom rasvjetom te rasvjeta mora imati optički snop svjetla takav da rasvjetljava samo pješački prijelaz. Rasvjeta pješačkih prijelaza mora biti planirana, projektirana i izvedena tako da ima uređaje za regulaciju uključanja i da se može odrediti vremensko trajanje rasvjete prije nego se isključi. Kada nema pješaka u zoni pješačkog prijelaza rasvjetljenost se treba moći smanjiti 40% vrijednosti. Maksimalne razine vertikalne rasvjetljenosti pješačkih prijelaza iznosi u zoni E2 iznosi 40 lx, a u zonama E3 i E4 iznosi 60 lx. Svjetiljke u rekonstruiranim i/ili novim sustavima trebaju imati ugrađeni upravljački uređaj kako bi mogli upravljati intenzitetom rasvjete. Smanjenje rasvjete počinje kada počne svjetlostaj. Pješačke zone unutar luka posebnih namjera trebaju imati maksimalnu srednju vrijednost horizontalne rasvjetljenosti u iznosu od 8 lx, moguće je imati maksimalnu srednju vrijednost horizontalne rasvjetljenosti do 20 lx ako se ona može regulirati pomoću senzor pokreta. [1,2]

Tablica 3.5: Vrijednosti maksimalne srednje horizontalne rasvjetljenosti cesta s prometom motornih vozila prema zonama rasvjetljenosti

Zone rasvjetljenosti	E0 (lx)	E1(lx)	E2(lx)	E3(lx)	E4(lx)
Prije svjetlostaja	1	12	20	30	30
Svjetlostaj	0	3	5	8	8

Tablica 3.6: Vrijednosti maksimalne srednje horizontalne rasvjetljenosti pješačkih i biciklističkih staza

Zone rasvjetljenosti	E0 (lx)	E1(lx)	E2(lx)	E3(lx)	E4(lx)
Prije svjetlostaja	1	8	10	15	15
Svjetlostaj	0	2	3	4	4

3.4.5. Rasvjeta mostova, vijadukta i nadvožnjaka

Rasvjeta koja rasvjetljava vijadukte, mostove i nadvožnjake mora biti usmjerena prema površini koju rasvjetljava. Pravila cestovne rasvjete ovise o normama u prometu. Kao što je navedeno u pravilniku[2]: „Vezano uz pravila cestovne rasvjete dozvoljava se da dio svjetlosnog toga pada izvan konstrukcije ili cestovne plohe ako zbog specifičnosti prometne građevine nije moguće drugačije rješenje.“ Prilazi i prelazi za divlje životinje ne smiju biti rasvjetljeni. Zeleni mostovi s gornje strane ne smiju biti rasvjetljeni.

3.4.6. Oglasne ploče

Kao što je navedeno u „pravilniku o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima“: „Oglasne ploče s obzirom na način rasvjetljavanja dijele na oglasne ploče s vanjskim svjetiljkama, oglasne ploče s unutarnjom svjetiljkama i statičkom rasvjetom i oglasne ploče s unutarnjim svjetiljkama i/ili dinamičkim prijenosom informacija, rasvjetom i promjenom rasvjete.“ Oglasne ploče s vanjskim svjetiljkama na gornjem rubu usmjerene prema dolje njihova maksimalna dopuštena vrijednost luminancije u zonama E0 i E1 iznosi 0 cd/m^2 , u zoni E2 iznosi 10 cd/m^2 i u zonama E3 i E4 iznosi 20 cd/m^2 . Najveće dopuštene vrijednosti sjajnosti oglasne ploče s unutarnjim svjetiljkama i statičkom rasvjetom u zonama E0 i E1 iznosi 0 cd/m^2 , u zoni E2 iznosi 5 cd/m^2 i u zonama E3 i E4 iznosi 20 cd/m^2 . Najveće dopuštene vrijednosti sjajnosti oglasne ploče velezaslona u zonama E0, E1 i E2 iznosi 0 cd/m^2 i u zonama E3 i E4 iznosi 20 cd/m^2 . Kada nastupi svjetlostaj intenzitet rasvjete oglasnih ploča se treba smanjiti 50% od početnog intenziteta ili isključiti. Oglasne ploče koje imaju površinu veću od 20 m^2 za vrijeme trajanja svjetlostaja trebaju biti isključene. Prilikom postavljanja oglasne ploče one ne smiju zaklanjati prometne znakove ili imati toliko jaku svjetlost da osljepljuju ili odvrćaju pozornost sudionika u prometu u toj mjeri da mogu izazvati prometne nesreće. Oglasne ploče se ne postavljaju u zonama rasvijetljenosti E0 i E1.[2]

3.4.7. Gradilišta, industrijska postrojenja i skladišta

Srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti gradilišta za vrijeme odvijanja aktivnosti u zoni E0 iznosi 0 lx , u zoni E1 iznosi 100 lx , u zoni E2 iznosi 200 lx , u zoni E3 iznosi 300 lx i u zoni E4 iznosi 400 lx . Srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti gradilišta kad se ne odvija aktivnost u zonama E0 i E1 iznosi 0 lx , u zoni E2 iznosi 20 lx i u zonama E3 i E4 iznosi 30 lx . Srednja jednolikost rasvijetljena gradilišta ima iznos $0,1$.

Srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti industrijskog postrojenja za vrijeme odvijanja aktivnosti u zoni E0 iznosi 0 lx , u zoni E1 iznosi 200 lx , u zoni E3 iznosi 300 lx i u zoni

E4 iznosi 500 lx. Srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti industrijskog postrojenja kada se ne odvija aktivnost u zonama E0 i E1 iznosi 0 lx, u zoni E2 iznosi 10 lx, u zoni E3 iznosi 20 lx i u zoni E4 iznosi 30 lx. Srednja jednolikost rasvijetljenosti industrijskog postrojenja iznosi 0,25.

Srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti skladišta kada se odvijaju aktivnosti u zoni E0 iznosi 0 lx, u zoni E1 iznosi 100 lx, u zoni E2 iznosi 100 lx, u zoni E3 iznosi 200 lx i u zoni E4 iznosi 300 lx. Srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti skladišta kada se ne odvijaju aktivnosti u zonama E0 i E1 iznosi 0 lx, u zoni E2 iznosi 5 lx, u zoni E3 iznosi 10 lx i u zoni E4 iznosi 15 lx. Srednja jednolikost rasvijetljenosti skladišta iznosi 0,25. Za vrijeme svjetlostaja intenzitet rasvijetljenosti se mora smanjiti 50% od početnog intenziteta ili isključiti.[2]

3.4.8. Sportske površine i igrališta

Sportske površine prema namjeni se dijele na rekreacijske sportske površine i površine za profesionalne sportske događaje. Maksimalna vrijednost srednje horizontalne rasvijetljenosti sportskih rekreacijskih površina iznosi 200 lx, a za službena sportska događanja iznosi 3500 lx. Maksimalna vrijednost srednje horizontalne rasvijetljenosti službenih sportskih događanja se primjenjuje sat vremena prije početka događaja, za vrijeme trajanja sportskog događaja te se isključuju 45 minuta nakon završetka tog događaja. Izuzetak je zona u kojoj se nakon sportskog događaja nastavlja televizijski prijenos. Rasvjeta na sportskim površinama i igralištima mora imati ugrađene uređaje za automatsko isključivanje rasvjete u vrijeme koje je dogovoreno planom rasvjete najkasnije do početka svjetlostaja. [2]

3.4.9. Građevine poslovne, turističke i ugostiteljske namjene

Kao što je navedeno u „pravilniku o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvijetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima“: „Maksimalna vrijednost srednje horizontalne rasvijetljenosti prometnica i površinama u područjima oko turističkih, poslovnih i ugostiteljskih građevina u nenaseljenom područjima iznosi 12 lx, a u naseljenim područjima iznosi 30 lx.“ Maksimalna razina vertikalne rasvijetljenosti na otvorima turističkih, poslovnih i ugostiteljskih građevina iznosi prije svjetlostaja u zoni E0 iznosi 0 lx, u zoni E1 iznosi 1 lx, u zoni E2 iznosi 4 lx, u zoni E3 iznosi 8 lx i u zoni E4 iznosi 15 lx. Maksimalna razina vertikalne rasvijetljenosti na otvorima turističkih, poslovnih i ugostiteljskih građevina za vrijeme svjetlostaja u zonama E0 i E1 iznosi 0 lx, u zoni E2 iznosi 1 lx, u zoni E3 iznosi 2 lx i u zoni E4 iznosi 3 lx. Za vrijeme trajanja svjetlostaja intenzitet početne rasvijetljenosti se treba smanjiti 50% ili isključiti. Plan rasvjete područja nam određuje kada se rasvjeta isključuje na građevinama različitih namjena poput poslovne, turističke i ugostiteljske. [2]

4. Mjerenja srednje vrijednosti horizontalne rasvjetljenosti javne rasvjete

Mjerenja su se izvodila u raznim zonama rasvjetljenosti. Od pribora se koristio luksmetar sa sondom i vrpca za mjerenje duljine. Luksmetar sa sondom je mjerni uređaj za mjerenje rasvjetljenosti površine. Mjerenja su se izvodila u suradnji s mentorom Izv.prof.dr.sc Zvonimirom Klaićem i Zorislavom Krausom, dipl.ing. Sva mjerenja su se izvodila na visini od 1 m. Prilikom dolaska na mjesto mjerenja smo odredili da bi odgovarajuća visina za provođenje mjerenja iznosila 1 m.



Slika 4.1: Luksmetar kojim je mjerena rasvjetljenost

4.1. Zona rasvjetljenosti E0

Mjerenje se izvodilo na početku nasipa u Višnjevcu, kod „Stare Drave“. Tijekom izvođenja mjerenja je utvrđeno da na lokaciji nema umjetnog izvora svjetlosti nego samo prirodni izvor svjetlosti, mjesec. Mjerenje se izvodilo u vremenu oko 23 sata,-izmjerena vrijednost je iznosila 0,01 lx.

4.2. Zona rasvjetljenosti E1

Ulica Ante Starčevića u Višnjevcu ima rasvjetna tijela s LED tehnologijom na jednoj strani ulice. Mjerili smo rasvjetljenost na sredini ceste, na sredini desne i lijeve staze. Mjerenja smo provodili na udaljenosti od 0, 3, 6, 9 do 11 metara od rasvjetnog tijela, kako se može vidjeti na slici 4.2. Mjerenje se provodilo vrijeme 22 sata i 35 minuta. Mjerenje je izvedeno na visini od 1 metar.

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	3 metara	6 metara	9 metara	11 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	13,7 lx	14,4 lx	10,1 lx	7,2 lx	6,8 lx

Tablica 4.2: Vrijednosti izmjerene na sredini staze na strani na kojoj se nalazi rasvjeta

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	3 metara	6 metara	9 metara	11 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	0,8 lx	1,6 lx	1,2 lx	0,8 lx	0,4 lx

Tablica 4.3: Vrijednosti izmjerene na sredini staze na suprotnoj strani od rasvjete

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	3 metara	6 metara	9 metara	11 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	3,4 lx	3,4 lx	3,4 lx	3,4 lx	3,4 lx

Proračun srednje vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti ceste s prometom za motorna vozila:

$$E_{sr} = \frac{\sum E_i}{\sum i}$$

gdje je:

E_{sr} – srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti,

E_i – pojedinačne izmjerene vrijednosti,

i - broj mjerenja.

$$E_{sr} = \frac{13,7+14,4+10,1+7,2+6,8}{5}$$

$$E_{sr} = 10,44 \text{ lx}$$

Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvjetljenosti 10,44 lx te se može uočiti da ne prelazi vrijednost od 12 lx, što je maksimalna propisana vrijednost za ceste s prometom motornih vozila u zoni E1. Rezultati mjerenja pokazuju da je srednja vrijednost unutar vrijednosti koje su propisane u pravilniku o zonama rasvjetljenosti, dopuštenih vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima u tablici 3.5.

Iako je osnovna namjena postavljene rasvjete rasvjetljavanje kolnika, slijede i proračuni srednjih vrijednosti horizontalne rasvjetljenosti obje pješačke staze:

$$E_{sr} = \frac{\sum Ei}{\sum i}$$

$$E_{sr} = \frac{0,8+1,6+1,2+0,8+0,4}{5} = 0,96 \text{ lx}$$

$$E_{sr} = \frac{3,4+3,4+3,4+3,4+3,4}{5} = 3,4 \text{ lx}$$

Maksimalna vrijednost srednje horizontalne rasvjetljenosti pješačke staze u zoni rasvjetljenosti E1 iznosi 8lx. Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvjetljenosti iznosi 0,96 lx za stazu na istoj strani kao rasvjetna tijela. Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvjetljenosti iznosi 3,4 lx za stazu sa suprotne strane od rasvjetnih tijela. Rezultati mjerenja pokazuju da staza koja se nalazi na istoj strani kao rasvjetna tijela je manju srednju vrijednost horizontalne rasvjetljenosti od staze sa suprotne strane ceste. Pješačke staze s obje strane ceste imaju manju srednju horizontalnu rasvjetljenost od propisanih vrijednosti iz tablice 3.6. Pješačke staze zadovoljavaju norme iz pravilnika što se tiče vrijednosti srednje horizontalne rasvjetljenosti .

4.3. Zona rasvjetljenosti E2

Mjerenja su provođena u ulici Nikole Šubića Zrinskog u Višnjevcu u 22 sata i 50 minuta. Mjerenja su provođena na visini od 1 metar.



Slika 4.3: Ulica Nikole Šubića Zrinskog u Višnjevci

Na slici je uočljivo da su pješačke staze sa obje strane ulice u mraku. Pješaci mogu imati probleme kada se kreću noći po pješačkoj stazi zato što su teško vidljive prepreke koje se mogu naći na pješačkoj stazi. To može ugroziti pješake koji se kreću tom stazom.

Tablica 4.4: Izmjere vrijednosti rasvijetljenosti na sredini ceste

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	4 metra	8 metara	12 metara	16 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	20 lx	18,5 lx	16,4 lx	14,3 lx	12,5 lx

Tablica 4.5: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na suprotnoj strani pješačke staze od rasvjetnih tijela

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	4 metara	8 metara	12 metara	16 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	0,2 lx	0,2 lx	0,3 lx	0,3 lx	0,3 lx

Tablica 3.6: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na pješačkoj stazi na istoj strani kao rasvjetna tijela

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	4 metara	8 metara	12 metara	16 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	0,2 lx	0,7 lx	0,4 lx	0,2 lx	0,1 lx

$$E_{sr} = \frac{20+18,5+16,4+14,3+12,5}{5} = 16,5 \text{ lx}$$

Rezultati pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti iznosi 16,5 lx za cestu s prometom za motorna vozila. Propisana maksimalna srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti u zoni E2 iznosi 20 lx za ceste s prometom za motorna vozila. Javna rasvjeta zadovoljava propisane vrijednosti. Propisane vrijednosti za ceste s prometom za motorna vozila se nalaze u tablici 3.5.

Iako je osnovna namjena postavljene rasvjete rasvijetljavanje kolnika, slijede i proračuni srednjih vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti obje pješačke staze:

$$E_{sr} = \frac{0,2+0,2+0,3+0,3+0,3}{5} = 0,26 \text{ lx}$$

$$E_{sr} = \frac{0,2+0,7+0,4+0,2+0,1}{5} = 0,32 \text{ lx}$$

Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti iznosi 0,26 lx za pješačku stazu sa suprotne strane od rasvjetnih tijela. Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti iznosi 0,32 lx za pješačku stazu na istoj strani kao rasvjetna tijela. Propisana srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti u tablici 3.6 iznosi za pješačke staze u zoni E2 10 lx. Rezultati mjerenja pokazuju da obje strane pješačke staze ne prelaze propisane vrijednosti i ispunjavaju propisane uvjete. Rezultati mjerenja pokazuju da je bolje rasvijetljena pješačka staza uz rasvjetna tijela nego pješačka staza sa suprotne strane.

4.4. Zona rasvijetljenosti E3

Mjerenje je provedeno u ulici bana Josipa Jelačića u 22 sata i 25 min. Mjerenja je provedeno na visini od 1 metar. Rasvjetna tijela su LED rasvjetni izvori.



Slika 4.5: Ulica bana Josipa Jelačića u Višnjevcu

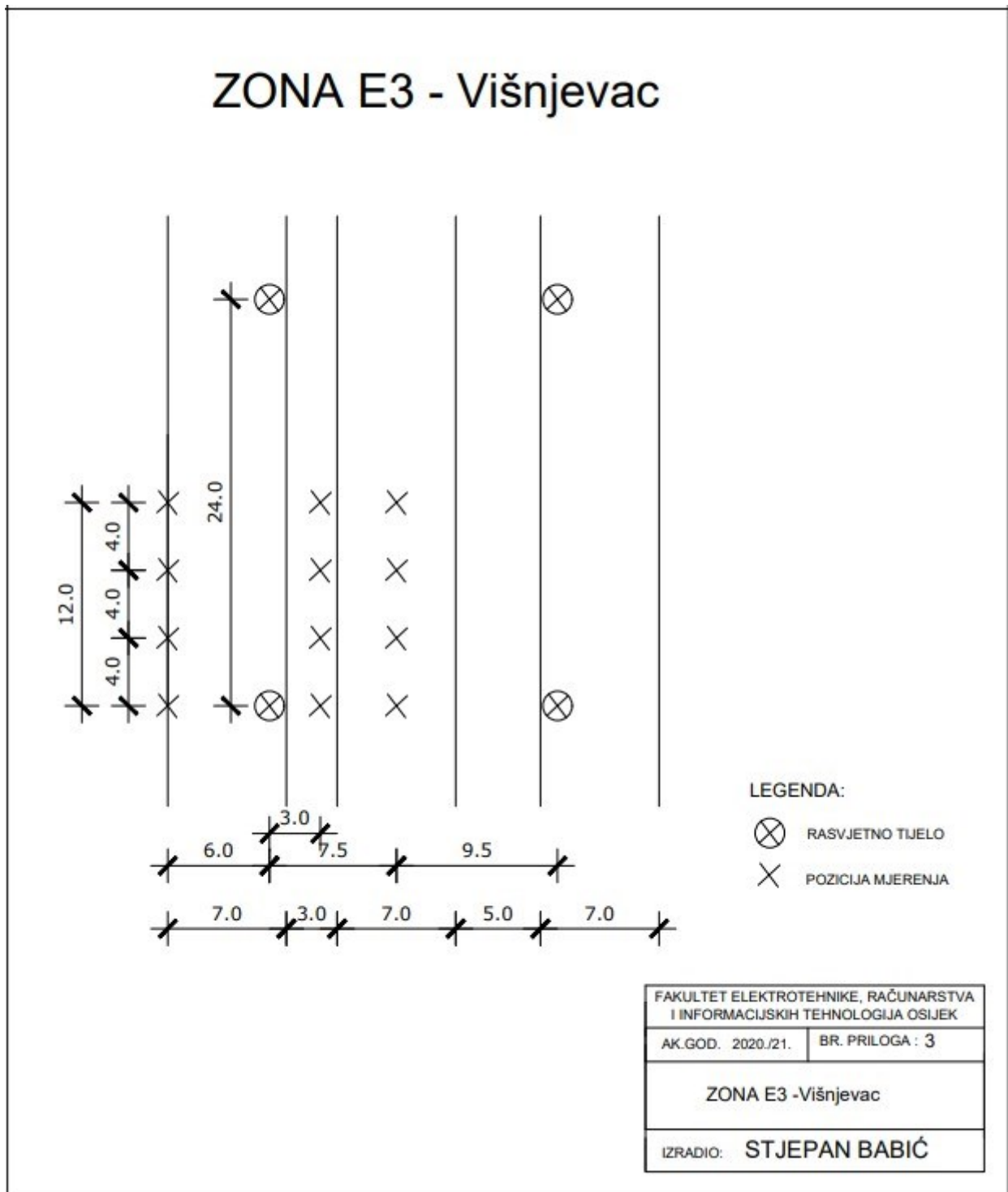
Slika 4.5 je slikana za vrijeme provođenja mjerenja te je uočljivo da se s lijeve strane nalaze dvostruka rasvjetna to se bolje vidi na slici 4.6.



Slika 4.6: Dvostruka rasvjetna tijela na rasvjetnom stupu



Slika 4.7: Provođenje mjerenja rasvjetljenosti od strane izv.prof.dr.sc. Zvonimira Klaića



Slika 4.8: Shema mjerenja u ulici bana Josipa Jelačića u Višnjevcu

Tablica 4.7: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na sredini staze s lijeve strane

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	4 metra	8 metara	12 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	11,6 lx	11,5 lx	9 lx	7,6 lx

Tablica 4.8: Izmjerene vrijednosti na rubnjaku staze i ceste s lijeve strane

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	4 metra	8 metara	12 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	17,4 lx	18,7 lx	13,2 lx	10,4 lx

Tablica 4.9: Izmjerene vrijednosti na sredini ceste

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	4 metra	8 metara	12 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	8,3 lx	7,8 lx	5,6 lx	2,6 lx

$$E_{sr} = \frac{17,4+18,7+13,2+10,4+8,3+7,8+5,6+2,6}{8} = 10,5 \text{ lx}$$

Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti iznosi 10,5 lx a maksimalna propisana vrijednost je 30 lx. Moguće je uočiti na slici 4.5 da je sredina ceste slabije rasvijetljena.

Iako je osnovna namjena postavljene rasvjete rasvijetljavanje kolnika, slijede i proračuni srednjih vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti obje pješačke staze:

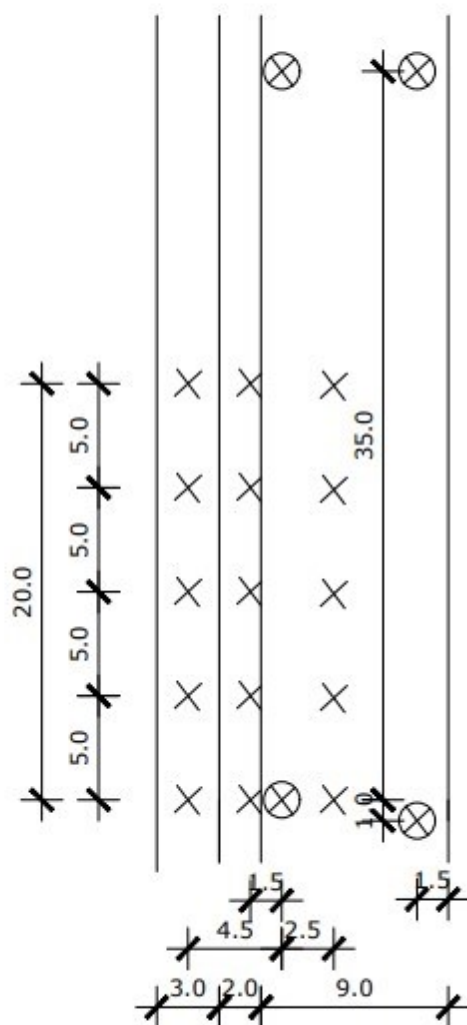
$$E_{sr} = \frac{11,5+11,6+9+7,6}{4} = 9,93 \text{ lx}$$

Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvjetljenosti iznosi 9,93 lx a maksimalna propisana srednja vrijednost iznosi 15 lx za pješačke staze nalazi nam se unutar propisanih vrijednosti.



4.5. Zona rasvjetljenosti E4

Mjerenja je provođeno u ulici Josipa Juraja Strossmayera u 22 sata. Mjerenje je provedeno na visini od 1 metar.

ZONA E4 - Josip Juraj Strossmayer



LEGENDA:

-  RASVJETNO TIJELO
-  POZICIJA MJERENJA

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK	
AK.GOD. 2020./21.	BR. PRILOGA : 2
ZONA E4 - Josip Juraj Strossmayer	
IZRADIO: STJEPAN BABIĆ	

Slika 4.9: Shema mjerenja horizontalne rasvjetljenosti u ulici Josip Juraj Strossmayer u Osijeku

U ovom slučaju kao i u zoni E3 imamo dvostruka rasvjetna tijela.

Tablica 4.10: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na sredini tramvajske pruge uz lijevi rubnjak staze

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	5 metara	10 metara	15 metara	20 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	49,2 lx	28,9 lx	10,8 lx	6,8 lx	7,1 lx

Tablica 4.11: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na sredini ceste

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	5 metara	10 metara	15 metara	20 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	31,8 lx	25,2 lx	14,3 lx	7,8 lx	7,3 lx

Tablica 4.12: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na sredini staze s lijeve strane

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	5 metara	10 metara	15 metara	20 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	15,2 lx	11,8 lx	7,7 lx	7,0 lx	12,3 lx

U tablici 4.12 na točku na udaljenosti od 20 metara ima utjecaj izlog trgovine te mu povećava rasvijetljenost.

$$E_{sr} = \frac{49,2+28,9+10,8+6,8+7,1+31,8+25,2+14,3+7,8+7,3}{10} = 18,92 \text{ lx}$$

Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti iznosi 18,92 lx a maksimalna propisana vrijednost u tablici 3.5 iznosi 30 lx. Rezultati mjerenja pokazuju da izmjerene vrijednosti zadovoljavaju propisane vrijednosti.

$$E_{sr} = \frac{15,2+11,8+7,7+7,0+12,3}{5} = 10,8 \text{ lx}$$

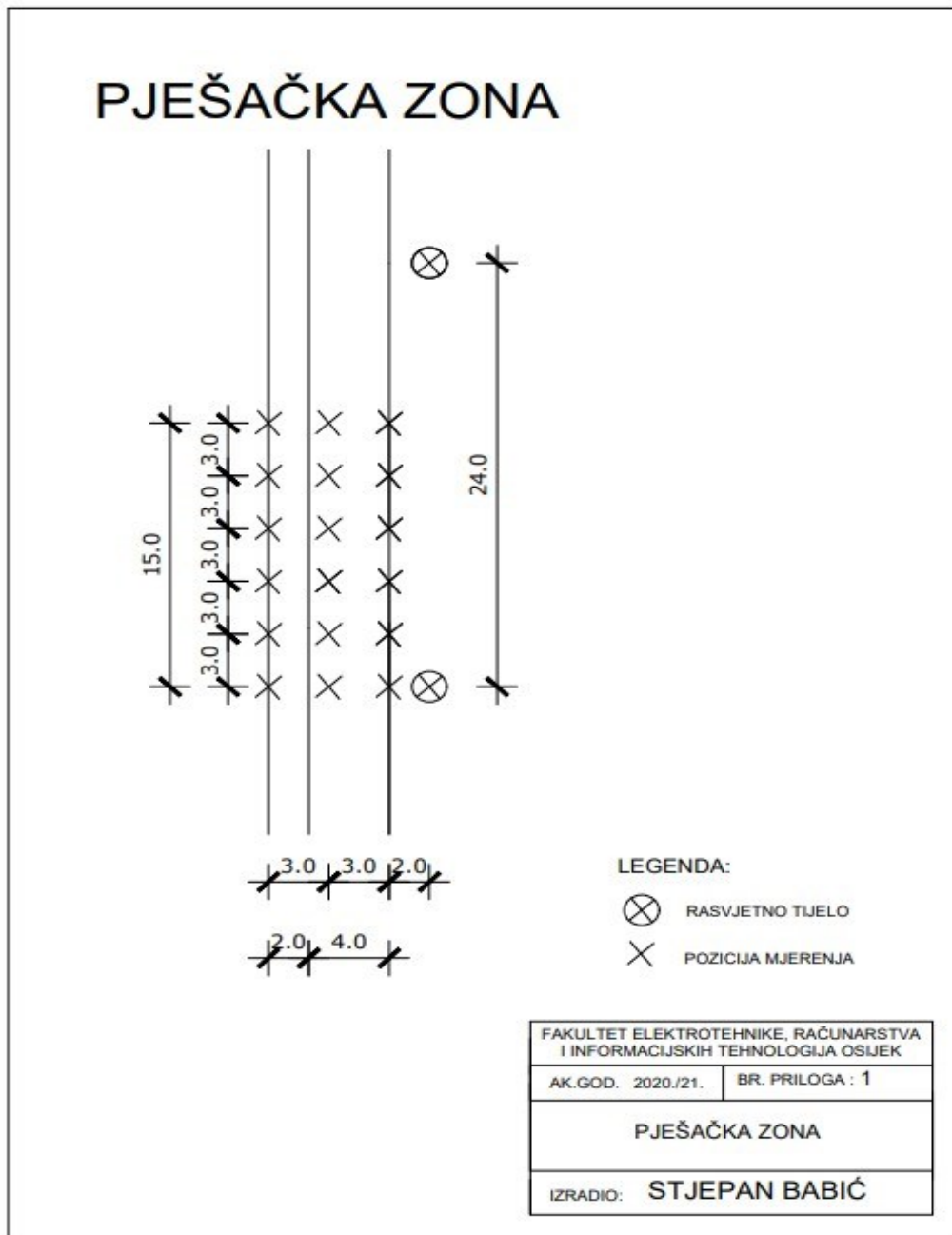
Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvjetljenosti iznosi 10,8 lx, a maksimalna propisana vrijednost u tablici 3.6 iznosi 15 lx. Izmjerene vrijednosti zadovoljavaju propisane vrijednosti i nisu iznad njih.

4.5.1. Pješačka zona

Mjerenje se provodilo u pješačkoj zoni u Osijeku uz rijeku Dravu u 21 sati i 45 min. Mjerenje se izvodilo na visini od 1 metar.



Slika 4.10: Pješačka zona u Osijeku uz rijeku Dravu



Slika 4.11: Shema mjerenja rasvjetljenosti pješačke zone u Osijeku uz rijeku Dravu

Tablica 4.13: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti uz desni rub pješačke zone udaljenost od rasvjetnog tijela 2 metra

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	3 metra	6 metara	9 metara	12 metara	13,75 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	52 lx	32,3 lx	8 lx	0,6 lx	0,2 lx	0,2 lx

Tablica 4.14: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na sredini pješačke staze udaljenost od rasvjetnog tijela 5 metra

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	3 metra	6 metara	9 metara	12 metara	13,75 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	4,3 lx	4,4 lx	1,3 lx	0,4 lx	0,2 lx	0,1 lx

Tablica 4.15: Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti na lijevom rubu biciklističke staze na udaljenosti 8 metara od rasvjetnog tijela

Udaljenost od rasvjetnog tijela	0 metara	3 metra	6 metara	9 metara	12 metara	13,75 metara
Izmjerene vrijednosti rasvijetljenosti	0,6 lx	0,5 lx	0,3 lx	0,2 lx	0,2 lx	0,1 lx

$$E_{sr} = \frac{52+32,3+8+0,6+0,2+0,2+4,3+4,4+1,3+0,4+0,2+0,1+0,6+0,5+0,3+0,2+0,2+0,1}{18} = 5,83 \text{ lx}$$

Rezultati mjerenja pokazuju da srednja vrijednost horizontalne rasvijetljenosti iznosi 5,83 lx a propisana vrijednost iz tablice 3.6 iznosi 15 lx. Izmjerene vrijednosti zadovoljavaju propisane vrijednosti iz pravilnika i ne prelaze ih. [2]

5. Zaključak

Iz rezultata mjerenja rasvijetljenosti prema zonama rasvijetljenosti E0, E1, E2, E3 i E4 u gradu Osijeku i okolici može se zaključiti da su postojeća rasvjetna tijela prilagođena Pravilniku o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima iz 2020 godine. Prema tome grad Osijek se pridržava pravilnika i ispunjava uvjete iz zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja te možemo zaključiti da brine o okolišu i ekosustavima. Mjerenja mogu imati odstupanja zbog točnosti mjerne opreme. Moguće je uočiti da u zoni E1 i E2 postoje slabije rasvijetljene staze te to može uzrokovati otežano kretanje pješačkim stazama i čak izazvati nesreće. Taj problem moguće je riješiti dodavanjem još jednog rasvjetnog tijela na rasvjetni stup, ali bi to također moglo izazvati rasvjetljavanje neplaniranih objekata poput obiteljskih ili privatnih objekata i zelenih površina. Led rasvjeta pokazala se vrlo korisnom u rješavanju problema svjetlosnog onečišćenja zato što je ona usmjerena svjetlost i nema dijelove svjetlosnog toka koji idu prema nebu te je također ugodnija za ljude od starih rasvjetnih tijela. Velika važnost kontroliranja i smanjenja svjetlosnog, kao i drugih vrsta onečišćenja, leži u očuvanju planeta Zemlje te poboljšanju kvalitete života, ne samo sadašnjih, nego i budućih generacija.

6. Literatura

1. E.Širola, Cestovna rasvjeta, Grafika Hrašće, 1997.
2. Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenih vrijednostima rasvijetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima, Narodne novine 128/2020, 20.11.2020.
3. K.Narisada, D.Schreuder: Light Pollution Handbook, Springer, 2004.
4. <https://www.globeatnight.org/light-pollution.php>, 26.6.2021.
5. <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/svjetlosno-oneciscenje-okolisa/>, 26.6.2021.
6. <https://www.darksky.org/light-pollution/>, 26.6.2021.
7. Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja, narodne novine broj 14/19, 2019.
8. Materijali za predavanja iz kolegija Električne instalacije i rasvjeta, Fakultet elektrotehnike, računalstva i informacijskih tehnologija, 2021.god

7. Sažetak

Završni rad se bazira na svjetlosnom onečišćenju i njegovim utjecajima na okoliš i živa bića. Proučavao sam mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja i njezine izvedbe koje je donio Hrvatski sabor. Pravilnik o zonama rasvjetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima se donosi radi smanjenja svjetlosnog onečišćenja. Mjerenja sam provodio na području grada Osijeka. Mjerio sam rasvjetljenost u zonama rasvjetljenosti E1, E2, E3 i E4 u gradu Osijeku i njezinoj okolini. Mjerenja provedena u zonama rasvjetljenosti u gradu Osijeku ispunjavaju propisane uvijete iz Pravilnik o zonama rasvjetljenosti, dopuštenih vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima.

Abstract

The final work is based on the lighting pollution and the effects that pollution has on the environment and the living creatures. I have studied the security measures for the lighting pollution and the performances that Croatian Parliament has announced. Ordinance on areas of illumination, permissible values of illumination and the ways of managing lighting systems is brought in order to reduce the lighting pollution. The measurements were performed in Osijek. I have measured the lighting in the zones E1, E2, E3 and E4 in Osijek and the nearby area. The measurements performed in the lighting zones meet the conditions from Ordinance on areas of illumination, permissible values of lighting and ways to manage lighting systems.

Životopis

Autor završnog rada je Stjepan Babić rođen 22.8.1998. u Slavonskom Brodu. Pohađao je osnovnu školu „Ivan Goran Kovačić“ u Slavonskom Brodu, te je srednjoškolsko obrazovanje stekao u Tehničkoj školi, također u Slavonskom Brodu. Nakon srednje škole upisuje fakultet u Osijeku pod nazivom Fakultet za elektrotehniku, informacijske znanosti i računalstvo. Te sada sa ovim završnim radom završava treću godinu fakulteta.

Stjepan Babić