

Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa

Zeljko, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:680776>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Petra Zeljko

**ANALIZA UTJECAJA RASVJETE NA SIGURNOST
CESTOVNOG PROMETA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2023.

Zagreb, 3. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6856

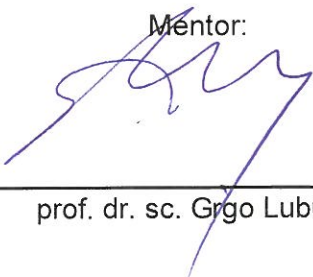
Pristupnik: **Petra Zeljko (0135258550)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa**

Opis zadatka:

U ovom završnom radu potrebno je analizirati utjecaj rasvjete na sigurnost cestovnog prometa i utjecaj svjetlosti na vozača kao čimbenika sigurnosti prometa i dati rješenje kako bi se povećala sigurnost. Potrebno je opisati cestovnu rasvjetu koja se postavlja na cestovne prometnice na načine na koje cestovna rasvjeta utječe na sigurnost cestovnog prometa kao i prijedloge za poboljšanje cestovne rasvjete. Na kraju je potrebno donijeti zaključak i navesti prijedloge rješenja kako bi se povećala sigurnost problematičnih točaka.

Mentor:



prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA UTJECAJA RASVJETE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

ANALYSIS OF LIGHTING EFFECTS ON A SAFETY OF ROAD TRAFFIC

Mentor: prof.dr.sc. Grgo Luburić

Studentica: Petra Zeljko

JMBAG: 0135258550

Zagreb, svibanj 2023.

ANALIZA UTJECAJA RASVIJETE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

SAŽETAK

Cestovna rasvjeta temeljni je čimbenik sigurne vožnje noću i treba omogućiti dobro zapažanje svih mogućih zapreka i detalja na cesti radi što sigurnijeg upravljanja motornim vozilom i omogućiti smanjenje broja prometnih nezgoda. Jako važnu funkciju u informiranju vozača ima vidni organ. Preko 90 posto svih obavijesti neophodnih za kretanje u prometu vozač dobiva putem osjeta vida, uočavanja okoline u vidnom polju, prostornog zamjećivanja i adaptacije oka na svjetlost i tamu. Analiziranjem fizikalnih obilježja svjetlosti, osnove cestovne rasvjete, izvora svjetlosti te drugih bitnih pokazatelja vidi se na koji način cestovna rasvjeta utječe na sigurnost prometa te na samog čovjeka.

KLJUČNE RIJEČI: cestovna rasvjeta, čimbenik, prometne nezgode, sigurnost, osjet vida, svjetlost

SUMMARY

Road lightning is a core factor of the safe night driving and it should enable great observation of all the obstacles and the details on the road in order to make safer driving a motor vehicle and to reduce the number of accidents. The very important function in informing drivers is visual organ. Over ninety percent of all notifications necessary for driving we get through our eyes spotting the environment in our visible field, the space spotting and adaptation of the eye to light and dark. Analysis of the physical features of the light, basics of the road lightning, source of light and other important indicators give us the way in which road lightning affects the traffic safety and the human itself.

KEY WORDS: road lightning, factor, traffic accidents, safety, visual system, lightning

SADRŽAJ

1. UVOD.....	6
2. UTJECAJ SVJETLOSTI NA VOZAČA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA.....	2
3. OSNOVE CESTOVNE RASVJETE.....	5
3.1. Namjena cestovne rasvjete.....	5
3.1.1. Svjetiljke.....	7
3.1.2. Ulične svjetiljke i svjetiljke za pješačke površine.....	7
3.1.3. Fizikalna i svjetlotehnička obilježja svjetlosti.....	8
3.1.4. Svjetlosni tok.....	8
3.1.5. Određivanje rasporeda svjetlosne jakosti.....	9
3.1.6. Osvjetljenost i kvaliteta svjetla.....	9
3.1.7. Luminacija.....	10
3.2. Umjetni izvori svjetla.....	10
3.2.1. LED rasvjeta.....	11
3.2.2. Žarulja sa žarnom niti.....	11
3.2.3. Visokotlačna živina žarulja.....	12
3.2.4. Visokotlačne natrijeve žarulje.....	13
3.2.5. Visokotlačna metalhalogena žarulja.....	14
3.3. Način rasvjete prometnica.....	15
3.3.1. Postavljanje svjetiljki.....	15
3.3.2. Prometnice za rasvjetljavanje.....	15
3.3.3. Raspored izvora svjetiljki.....	16
3.3.3.1. Jednostrani raspored izvora svjetlosti	16
3.3.3.2. Dvostrani raspored izvora svjetlosti.....	17
3.3.3.3. Centralni raspored izvora svjetlosti.....	17
4. ANALIZA CESTOVNE RASVJETE CESTA ZA MOTORNI POGON.....	19
4.1. Mjerila kvalitete cestovne rasvjete.....	19
4.1.1. Razina sjajnosti površine kolnika.....	20
4.1.2. Jednolikost sjajnosti površine kolnika	20
4.1.3. Razina rasvjetljenosti okolice ceste.....	21

4.1.4. Ograničenje blještanja.....	21
4.1.5. Spektralni sastav izvora svjetlosti	21
4.1.6. Vizualno vođenje.....	21
4.2. Geometrija sustava cestvne rasvjete.....	22
5. RASVJETA POSEBNIH MJESTA U CESTOVNOM PROMETU.....	24
5.1. Križanje u razni.....	24
5.2. Križanje u dvije razine	24
5.3. Kružni tok.....	25
5.4. Cesta u zavoju.....	26
5.5. Rasvjetljavanje na građevinama.....	26
5.6. Kolnici u podvožnjaku	27
5.7. Prometne površine poslovno-uslužnih građevina.....	27
5.8. Rasvjeta pješačkih prijelaza.....	27
5.9. Pješački pothodnici i nathodnici.....	28
5.10. Tuneli.....	28
6. PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE CESTOVNE RASVJETE.....	30
6.1. Pametna javna rasvjeta.....	30
6.2. Sustav regulacije rasvjete.....	31
6.3. Svjetlosno onečišćenje.....	32
7. ZAKLJUČAK.....	33
LITERATURA	34
POPIS SLIKA.....	36

1.UVOD

Tema završnog rada je analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa. Utjecaj čovjeka na promet je najvažniji čimbenik sigurnosti u cestovnom prometu. Čovjek svojim osjetilima prikuplja informacije i analizira, te na temelju prometnih zakona i propisa određuje način kretanja vozila u prometu. Rasvijetljenost prometnica osnovni je preduvjet sigurne vožnje. Najvažniji element sigurnosti u prometu svih sudionika je mogućnost da vidimo i da budemo viđeni u svako doba dana i noći te na svakom dijelu prometne površine. Stupanj sigurnosti vožnje noću ne bi smio biti manji nego danju. Najvažniji pojam pri projektiranju rasvjete cestovnih prometnica je luminacija odnosno osjećaj osvjetljenja koji se javlja u ljudskom oku. Rasvjeta se postavlja na svim područjima gdje postoji bilo kakva opasnost koja se može smanjiti ili ublažiti dobrom rasvijetljenosti, cilj je i smanjiti razinu blještanja.

Tema završnog rada je analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa te je rad prikazan u 6 poglavlja, a to su:

1. Uvod
2. Utjecaj svjetlosti na vozača kao čimbenik sigurnosti prometa
3. Osnove cestovne rasvjete
4. Analiza cestovne rasvjete cesta za motorni pogon
5. Rasvjeta posebnih mjesta u cestovnom prometu
6. Prijedlozi za poboljšanje cestovne rasvjete
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je utjecaj svjetlosti na vozača kao čimbenika sigurnosti prometa, vidno polje, osjet vida, prilagođavanje oka na svjetlost, zasljepljivanje.

U trećem poglavlju se opisuje namjena cestovne rasvjete, umjetni izvori svjetla i raspored izvora svjetlosti (jednostrani, dvostrani, centralni).

U četvrtom poglavlju analizira se rasvjeta cesta za motorni promet i geometrija sustava cestovne rasvjete.

U petom poglavlju opisuje se rasvjeta kružnih tokova, ceste u zavoju, rasvijetljavanje ostalih mjesta kao što su pješački prijelazi, tuneli i sl.

Šesto poglavlje se sastoji od prijedloga za poboljšanje svjetlosne signalizacije u svrhu povećanja sigurnosti cestovnog prometa.

2. UTJECAJ SVJETLOSTI NA VOZAČA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Čovjek je najvažniji čimbenik sigurnosti cestovnog prometa (slika 1) i jedini čimbenik koji posjeduje razum, može donositi odluke, odlučiti kako će voziti odnosno određuje način kretanja vozila, zahvaljujući svojim osjetilima prima obavijesti o prilikama na prometnicima i na temelju njih i prometnih propisa može donositi odluke o svojoj vožnji: kako voziti, gdje voziti i kojom brzinom voziti [2]. Od svih čimbenika koji utječu na sigurnost prometa, utjecaj čimbenika "čovjek" je najvažniji i najveći je uzrok nastanka prometnih nesreća, a njegov utjecaj u prometnim nesrećama je 85% što je posljedica čovjekovih unutarnjih karakteristika. [1]

Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu [1]: Osobne značajke čovjeka (karakter, temperament, osobne crte, sposobnost, stajalište prema vožnji), psihofizička svojstva čovjeka (funkcije organa, psihomotoričke sposobnosti, mentalne sposobnosti) - obrazovanje i kultura (poznavanje kretanja vozila, vlastitih sposobnosti, zakona i propisa).

Pri razmatranju ponašanja čovjeka (vozača) u cestovnom prometu, treba poći od toga da je vozač dio sustava koji na osnovi dobivenih obavijesti donosi odluke i regulira način kretanja vozila. Postoje velike razlike u ponašanju čovjeka u različitim situacijama. Te razlike u ponašanju ovise o stupnju obrazovanja, o zdravstvenom stanju, starosti, temperamentu, moralu, osjećajima, inteligenciji i sl.

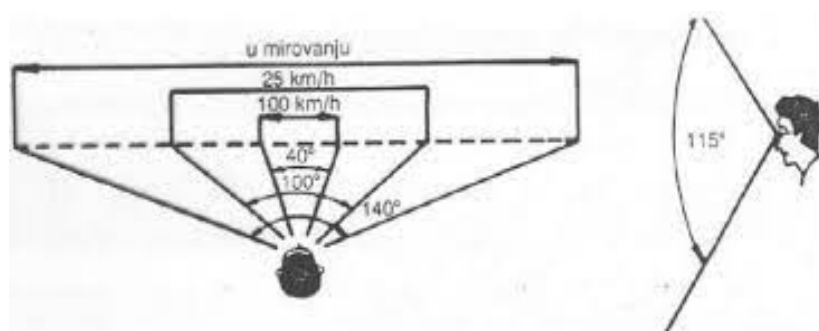


Slika 1. Čovjek najvažniji čimbenik sigurnosti prometa

Izvor: [22]

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje, koje nadražuje mrežnicu u ljudskom oku te time u organizmu izaziva osjet vida koji je najvažniji u obavješćivanju vozača i najvažniji izvor kontrolnih podataka za kretanje čovjeka. Više od 95% svih odluka koje vozač donosi ovisi o tim organima. Svjetlosni i signalni uređaji osvjetljavaju cestu ispred vozila, označuju položaj vozila na kolniku i daju odgovarajući signal. Pravilnom uporabom svjetlosnih uređaja svaki vozač pridonosi većoj sigurnosti u prometu. Važno je vidjeti i biti viđen. Svjetlosni i signalni uređaji moraju zadovoljavati sljedeće uvjete: za vrijeme vožnje noću moraju rasvjetljivati cestu i njezinu bližu okolicu, moraju omogućavati promet vozila i u uvjetima slabe vidljivosti, moraju upozoravati ostale sudionike u prometu o svakoj promjeni pravca i brzine kretanja vozila. Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača su: prozorska stakla na vozilu, brisači i perači vjetrobrana i retrovizori.

Vidno polje je prostor u kojem čovjek uočava predmete bez pomicanja glave i očiju. To je prostor u kojem se uočavaju predmeti i pojave izvan točke fiksacije. Vidno polje podijeljeno je na horizontalno i vertikalno vidno polje. Širina horizontalnog vidnog polja ovisi o brzini kretanja. Povećanjem brzine kretanja smanjuje se širina vidnog polja. Širina horizontalnog vidnog polja iznosi od 40° do 140° (u nekim slučajevima i do 200°). Horizontalno vidno polje pri mirovanju je široko 140° , pri brzini od 25 km/h iznosi 100° , a pri brzini od 100 km/h 40° . Širina vertikalnog vidnog polja je 115° . Ovisnost širine horizontalnog i vertikalnog vidnog polja o brzini kretanja prikazana je na slici 2. [1]



Slika 2. Širina vidnog polja u ovisnost o brzini kretanja

Izvor: [1]

Jedna od opasnosti prilikom vožnje noću jeste pojava zasljepivanja (slika 3.) koja se javlja ako gledate u svjetla vozila koje vam dolazi u susret. Jak i dugotrajan učinak zaslijepljenosti dovodi do opasnosti. Zaslijepljenost je još veća kada je cesta mokra što dodatno smanjuje vidljivost. Za vrijeme zaslijepljenosti vozač gubi osjećaj položaja te brže uočava osvijetljene predmete, a neosvijetljene vidi znatno kasnije. Brzina prilagođavanja oka pri prijelazu iz svjetla u tamu ovisi o jačini svjetla i o duljini trajanja svjetla kojem je oko bilo izloženo. Prilagođavanje na tamu traje 40-60 minuta, a potpuno prilagođavanje pojavljuje se tek nakon nekoliko sati. Ako je oko bilo dulje izloženo svjetlu, prilagođavanje je sporije, pa se zbog toga preporučuje vozačima da noću ne počinju voziti odmah nakon što su izašli iz osvijetljene prostorije. Vrijeme potrebno za prilagođavanje oka pri prijelazu iz tame na svjetlo pri izlasku iz tunela znatno je kraće. Prilagođavanje oka na bljesak je nejednoliko. U normalnim uvjetima zjenica ima promjer 2,5-3,0 mm, proširena zjenica 7,0-8,0 mm, a promjer stisnute zjenice je 1,0-2,0 mm. Zjenici je potrebno 5-6 sekundi da se stisne, a 30-35 sekundi da se opet vrati na istu širinu. [4].

Za vrijeme vožnje noću, vidno polje se bitno smanjuje. Vidljivost ispred vozila je ograničena dužinom svjetlosnog snopa kratkih ili dugih svjetala. Dok vozite s dugim svjetlima, vidno polje vam je ograničeno na oko 100 metara, a kada umjesto dugih uključite kratka svjetla, vidno polje se smanjuje na 40 do 80 metara. [9]



Slika 3. Zasljepivanje vozača

Izvor: [26]

3. OSNOVE CESTOVNE RASVJETE

Cestovna rasvjeta je (Slika 4.) jedan od najvažnijih preduvjeta sigurnosti prometa. Postavlja se u zonama povećane opasnosti, a njome se opremaju dionice cesta, autocesta, brzih cesta, mostova, tunela, graničnih prijelaza i sl. Dobra cestovna rasvjeta smanjuje broj prometnih nesreća, povećava sigurnosti na cestama te osigurava vidljivost sudionicima u prometu. [5]



Slika 4. Cestovna rasvjeta

Izvor: [7]

3.1. Namjena cestovne rasvjete

Osnovna namjena cestovne rasvjete je da osigura vidljivost sudionika u prometu čime se postiže veća sigurnost. Bez obzira na vremenske prilike, vozač mora sigurno uočiti sve pojedinosti i reagirati na one dijelove vidnih informacija koje mu jamče vlastitu sigurnost u vožnji kao i sve promjene u vidnom polju. [5]

Osvjetljenje cesta je važna sigurnosna značajka velikih prometnih ulica i autocesta, gdje je vidljivost izrazito važna. Osvjetljenje može pomoći vozačima kako bi bili svjesniji svoje okoline, ali i ostalim sudionicima prometa, kako bi se sigurnije kretali uz i po prometnicama.[8]

Kvalitetnu rasvjetu prometnica osiguravaju i svjetlosno tehnički sustavi kao sigurni izvori svjetlosti koji su postavljeni fiksno u sastavu vozila sa svrhom osvjetljenja u pokretu i u stanju mirovanja. Jamče maksimalno sigurnu i udobnu vožnju na cesti te vožnju noću i danju pri prolasku kroz tunel. Rasvjeta prometnih građevina mora biti takva da vozač na vrijeme uoči

eventualnu zapreku, da ima dovoljnu preglednost i da je siguran u prohodnost prometnice. Pritom je potrebno osigurati jednoličnost cestovne rasvjete i istaknuti krutična mjesta (križanja, mostove, tunele i sl.).

S obzirom na vožnju, rasvjeta mora zadovoljiti ove uvjete:

-tijekom vožnje prometnica mora biti vidljiva u svim detaljima

-trasa prometnice mora biti uočljiva i označena vizualno tj. opremljena različitim pomoćnim sredstvima, kao što su smjerokazi, mačje oči, rubne crte i sl.

-sva opasna mjesta treba istaknuti kako bi ih vozač mogao na vrijeme primjetiti

-mora biti osigurana udobnost i vidljivost da se vozač ne napreže tijekom vožnje

-treba osigurati jednoličnu rasvjetu cijele prometnice

-sva horizontalna i vertikalna signalizacija i drugi uređaji moraju biti vidljivi i ne smiju zasljepivati vozača.

Kvalitetna cestovna rasvjeta općenito:

- pridonosi smanjenju prometnih nezgoda, posebno onih s poginulima i teže ozlijeđenima
- pridonosi smanjenju kriminala
- umanjuje vizualne probleme pri nailasku vozača na tunel u vožnji danju ili izlazu iz tunela na nerasvijetljenu cestu u vožnji noću
- vozaču pri prolasku kroz tunel olakšava vidnu prilagodbu
- omogućava veće brzine kretanja motornih vozila, a time neizravno i prometni kapacitet ceste
- pridonosi većem iskorištenju cestovne mreže noću
- jamči sigurno kretanje pješaka
- pridonosi općem prostornom ugođaju boravka i življenja

Cestovna rasvjeta postavlja se u zonama povećane opasnosti pa se cestovnom rasvjetom opremaju:

- dionice cesta i autocesta
- mostovi, tuneli i galerije
- prometna čvorišta u dvije i više razina
- granični prijelazi, prometno-uslužni objekti autocesta i brzih cesta
- prometne površine centara za održavanje i kontrolu prometa. [1]

3.1.1. Svjetiljke

Prema svjetlotehničkom priručniku komponente svih svjetiljki mogu se podijeliti u optičke, električne i mehaničke. Optički elementi proizvode svjetlosni tok (tj. izvor ili izvore svjetlosti), oblikuju ga i mijenjaju (ovdje su uključeni reflektori i leće, zaslони, štitnici, itd.). Električni elementi uključuju prigušnice, spojke, utičnice za svjetlosne izvore, unutarnje ožičenje i slično. Mehanički elementi su namijenjeni zaštiti svjetiljke od okolnih utjecaja i njezinoj montaži.

Elementi svjetiljke: 1. Nosivi element, 2. Staklo kapa koja istodobno raspršuje svjetlo (mehanički i optički element svjetiljke), 3. Reflektor, 4. Prigušnica, 5. Element kojim se svjetiljka može otvoriti bez alata, 6. Brtva i 7. Pokrov [6]

Visina montaže izvora svjetlosti u pravilu zavisi od dijela širine kolnika koji svaki izvor svjetlosti treba rasvijetliti ili postići maksimalnu osvjetljenost. Pri jednostranom rasporedu svaki izvor svjetlosti treba rasvijetliti cijelu širinu kolnika, pa optimalna visina montaže u tom slučaju treba biti u skladu s ukupnom širinom kolnika. Kod dvostranog rasporeda u skladu s polovicom širine kolnika, jer svaki izvor svjetlosti rasvjetljava samo polovicu kolnika. [11]

3.1.2. Ulične svjetiljke i svjetiljke za pješačke površine

Svjetiljke za uličnu rasvjetu su namijenjene rasvjetljavanju prometnih površina. Obično su pričvršćene na relativno visoke rasvjetne stupove koji se nalaze uz prometne površine i raspoređeni su u pravilnim razmacima, a ponekad mogu biti pričvršćene i na fasade zgrada uz cestu te na čelične kabele koji su rastegnuti preko kolnika. Sve svjetiljke za uličnu rasvjetu naravno moraju biti zaštićene od vremenskih utjecaja. Svjetlosni izvori koji su danas najčešće koriste u svjetiljkama za uličnu rasvjetu su visokotlačna natrijeva žarulja, metal halogena žarulja i svjetleće tj LED žarulje.

Svjetiljke za rasvjetljenje pješačkih površina namijenjene su rasvjeti gradskih centara, trgova i parkova te drugih površina na kojima su pješaci glavni sudionici prometa. Obično se montiraju na nižim rasvjetnim stupovima. Svjetlosni izvori koji se uglavnom koriste u tim svjetiljkama su: kompaktna fluorescentna žarulja i metal halogena žarulja, visokotlačna natrijeva žarulja se koristi rjeđe, a sve je češća uporaba LED dioda. Posebno je traženo bijelo svjetlo i dobar indeks uzvratu boja. Troškovi održavanja, izgradnje, upravljanja, uređenja i trošak električne energije javne rasvjete zauzima sve veći udio u troškovima općina i gradova. [6]

3.1.3. Fizikalna i svjetlotehnička obilježja svjetlosti

Fizikalnim se veličinama svjetlost opisuje u onom djelu gdje svjetlost promatramo energetski, kao elektromagnetski val ili kao energetsku česticu. Svjetlost možemo opisati kao elektromagnetsko zračenje koje osim vidljivog ljudskom oku uključuje i ultraljubičasto i infracrveno zračenje. Vidljiva svjetlost sastoji se od dijela spektra elektromagnetskih valova u rasponu valnih duljina od 380 do 780 nm koje ljudsko oko razlikuje kao boje, od ljubičaste s najmanjom do crvene s najvećom valnom duljinom. [4]

3.1.4. Svjetlosni tok

Svjetlosni je tok stopa kojom žarulja isijava svjetlost. Opisuje vidljivu svjetlost koja zrači iz svjetlosnog izvora u svim smjerovima . Ovo zračenje ljudsko oko vrednuje kao svjetlost prema krivulji osjetljivosti ljudskog oka. Jedinica za svjetlosni tok je lumen (lm). To je izvedena jedinica SI sustava - točkasti izvor svjetla ima svjetlosni tok od 1 lm kada u prostorni kut od 1 sr (steradian) zrači jakošću svjetlosti od 1 cd (kandela). [4]



Slika 5. Zračenje koje emitira izvor svjetla

Izvor: [7]

3.1.5. Određivanje rasporeda svjetlosne jakosti

Svjetlosna jakost izvora je različita u svim smjerovima. Radi rasvjete potrebno je poznavati raspored jakosti u horizontalnoj ravnini ili samo u vertikalnoj ravnini kroz izvor. Pri određivanju rasporeda svjetlosne jakosti u vertikalnoj ravnini traži se da svjetiljka ili svjetlo ostane u vertikalnom položaju u kojem se i u praksi primjenjuje. [25]

Jakost svjetlosti (I) predstavlja snagu zračenja koju emitira izvor svjetla u određenom smjeru. (Slika 6) Jedinica za jakost svjetlosti je kandela (cd). To je osnovna jedinica SI sustava definirana kao jakost svjetlosti koju u određenom smjeru zrači monokromatski izvor svjetla.



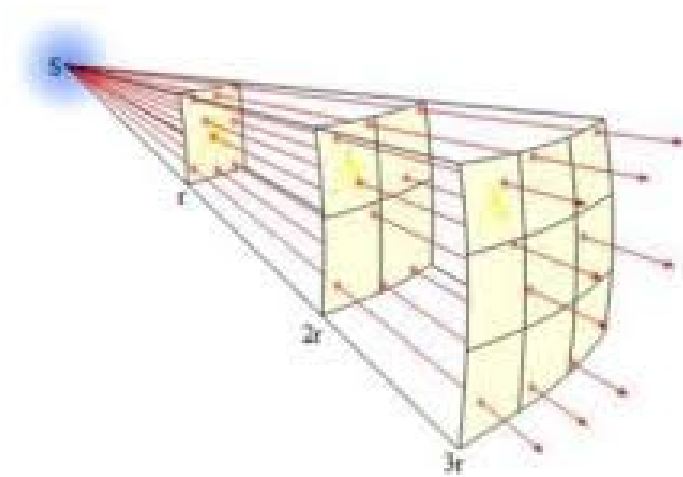
Slika 6. Poželjan izgled svjetiljke javne rasvjete

Izvor: [27]

3.1.6. Osvjetljenost i kvaliteta svjetla

Osvjetljenost (E) je mjerilo za količinu svjetlosnog toka koja pada na određenu površinu. Jedinica za rasvijetljenost je lux (lx) i to je izvedena jedinica SI sustava. Lux je definiran kao rasvijetljenost 1 kvadratnog metra na koji pada ravnomjerno raspodijeljen svjetlosni tok od 1 lm (lumen). (Slika 6,7) Radi se o isključivo računskoj veličini, koju naše oko ne primjećuje. Osvjetljenost površine ovisi o udaljenosti od izvora svjetlosti i kutu pod kojim svjetlo pada na površinu. Ako između izvora svjetla i površine nema čestica koje bi apsorbirale svjetlost i tako uzrokovale gubitak ili površina koja bi odbijala svjetlo prema mjerenim površinama, znači da je energija koju zrači izvor svjetlosti konstantna bez obzira na

udaljenost od izvora. Ako se površina po kojoj se ta energija povećava s kvadratom udaljenosti, osvjetljenost odabrane površine obrnuto je proporcionalno kvadratu udaljenosti od izvora svjetlosti kako i prikazuje slika 7. [5,4,25]



Slika 7. Svjetlotehnički zakon udaljenosti

Izvor: [5]

Kvaliteta svjetla nekog izvora ne može se u svakom slučaju izraziti nekim brojem. Najpotpunija je kvaliteta svjetla određena spektralnom raspodjelom snage zračenja. Međutim, za vizualnu fotometriju odlučan je osjet boje bez obzira na to kojim spektralnim sustavom je taj osjet izazvan. Zato je za izražavanje kvalitete svjetla uvedena veličina temperatura boje (T_b). [25]

3.1.7. Luminacija

Luminancija (L) je sjajnost osvijetljene ili svjetleće površine kako je vidi ljudsko oko i to je jedina svjetlotehnička veličina koju ljudsko oko može direktno vidjeti. Mjerna jedinica je u kandelama po površini (cd/m^2), a često se koristi za izvore svjetlosti prikladniji oblik (cd/cm^2). Ljudsko oko posebno dobro vidi razliku između luminancija. Luminancija opisuje fiziološki učinak svjetlosti na ljudsko oko i predstavlja najvažniji čimbenik projektiranja javne rasvjete. [5]

3.2. UMJETNI IZVORI SVJETLA

Umjetni izvori svjetla su tijela koja svijetle izgaranjem ili zagrijavanjem električne struje na visokoj temperaturi. Umjetni izvori su izvori elektromagnetskog zračenja kojega su posredno ili neposredno stvorili ljudi. [5] Među umjetne izvore svjetlosti ubrajaju se standardne

žarulje sa žarnom niti, halogene žarulje, živine žarulje, natrijeve žarulje, fluorescentne žarulje i kompaktne fluorescentne žarulje. [27]

3.2.1. LED rasvjeta

LED rasvjeta je relativno nova vrsta rasvjete. Ubraja se u svjetiljke koje se svrstavaju u štedljive izvore energije poput solarnoga grijanja, ne zagađuju okoliš te pruža veliku kvalitetu svjetla. Princip rada LED-žarulje temelji se na radu svjetlosne diode koja pretvara električnu energiju u svjetlost. Dioda služi da od elektrona proizvede foton svjetlosti. Boja svjetlosti ovisi o materijalu za proizvodnju dioda i može biti crvena, plava, bijela i zelena. LED-žarulja je dugotrajnija, prosječni vijek trajanja im je dvadesetak godina, troši manje energije i ne sadrži živu. Nedostatak je cijena zbog skupih materijala koji se koriste u izradi. LED žarulje ne prestaju s radom uz prasak ili iznenadno gašenje, već se polagano gase, također se ne pregrijavaju i proizvode vrlo malo topline. Kolika je njihova prednost u odnosu na druge načine rasvjete dovoljno govori činjenica da je životni vijek LED rasvjetnih tijela i do 100.000 sati. LED svjetla se nalaze u polovici semafora na prometnicama SAD-a, u poslovnim zgradama i trgovinama. [12],[4]



Slika 8. LED žarulja

Izvor: [13]

3.2.2. Žarulja sa žarnom niti

Žarulja sa žarnom niti koristi princip termičkog zračenja. To je uređaj za pretvaranje električne energije u svjetlost. Svjetlost nastaje tako što struja teče kroz tanku volframovu nit i zagrijava

ju na temperaturu od 2.600 do 3.000 K (kelvin) te zrači energiju u obliku vidljive svjetlosti i toplinskog zračenja. Užarena nit zatim emitira elektromagnetsko zračenje u vidljivom dijelu spektra. Zbog visoke temperature velik dio zračenja otpada na infracrveni spektar, dok se većina snage ipak utroši u zagrijavanje niti te se time smanjuje efikasnost takvih izvora. Takva žarulja se često koristi u kućanstvima i osnova je za većinu prenosivih svjetiljki. Glavni nedostatak je niska energetska učinkovitost. Žarulje sa žarnom niti mogu biti različitih oblika i dimenzija koja sadrže žarnu nit unutar staklenog kućišta sa zrakopraznim prostorom kako ne bi došlo do njezina izgaranja. [5]



Slika 9. Žarulja s Žarnom niti

Izvor: [14]

3.2.3. Visokotlačna živina žarulja

Visokotlačna živina žarulja je jedna od prvih i najstarijih žarulja, koja radi na principu izboja u plinu i koja se počela primjenjivati u javnoj rasvjeti. Danas se ovaj tip žarulja koristi sve rjeđe jer su ga istisnule metalhalogene i natrijeve žarulje. S obzirom na dobru svjetlosnu iskoristivost, relativno povoljan indeks reprodukcije boja, veliku trajnost, lako rukovanje i pouzdanost u pogonu, ovi izvori svjetlosti još uvijek se često primjenjuju u sustavu cestovne rasvjete. Nedostatak je velika luminacija, pa se mogu koristiti u svjetiljkama zasjenjenog ili poluzasjenjenog tipa. U svojoj najčešćoj varijanti daje neutralnu bijelu svjetlost, ali ima vrlo slab indeks uzvrata boja. Električna snaga doseže raspon od 50W (wat) do 1000W naravno

zavisno o proizvođaču, priključak je u većini slučajeva E27, a kod veće snage se koristi E40. Učinkovitost ovog tipa žarulje je oko 40 lm/W, a životni vijek je od oko 8.000 do 10.000 sati. [4],[6]



Slika 10. Visokotlačna živina žarulja

Izvor: [15]

3.2.4. Visokotlačne natrijeve žarulje

Način rada visokotlačnih natrijevih žarulja je sličan živinom, pri čemu se u plinu nalaze dodaci kao što su metalne soli, koje žarulji daju bolji zajednički svjetlosni spektar i time bolji indeks boje. Vijek trajanja je oko 15.000 sati, temperatura boje ovisi o točnom sastavu inertnog plina i može doseći rasponu od oko 3000K do 20.000 K dok je za većinu standardnih tipova žarulja najviša temperatura boje od oko 4300 K, a efikasnost žarulje kreće se 67-95 lm/W. Zbog velikog raspona snage čak do 1000 W, kompaktnog oblika te dobrog indeksa uzvrata boje se ovaj tip žarulje sve više koristi u unutarnjoj javnoj rasvjeti. U javnoj rasvjeti se koristi uglavnom u urbanim središtima. [6]



Slika 11. Visokotlačna natrijeva žarulja

Izvor: [16]

3.2.5. Visokotlačna metalhalogena žarulja

Visokotlačna metal halogena žarulja je suvremeni izvor svjetlosti koja ima relativno visoku svjetlosnu iskoristivost, velike je trajnosti ovisno o izvedbi i nominalnoj snazi i veoma dobrog indeksa reprodukcije boja. Vijek trajanja je oko 15.000 sati, temperatura boje ovisi o točnom sastavu inertnog plina i može doseći rasponu od oko 3000K do 20.000K. Boja ove žarulje sve se više koristi u unutarnjoj javnoj rasvjeti. U javnoj rasvjeti se koristi uglavnom u urbanim središtima.[4]



Slika 12. Viskotlačna metalhalogena žarulja

Izvor: [17]

3.3. NAČINI RASVJETE PROMETNICA

Cestovna rasvjeta se postavlja u zonama povećane opasnosti. U zone povećane opasnosti ubrajamo dionice cesta i autocesta zajedno sa uslužnim objektima, mostove, tunele, granične prijelaze i prometna čvorišta. Potrebno je kvalitetno rasvijetliti prometnice izvan i u naseljenim mjestima.

3.3.1. Postavljanje svjetiljki

Prema svjetlotehničkom priručniku većina svjetiljki ulične rasvjete se montiraju na rasvjetne stupove, ali postoji nekoliko mogućnosti montaže svjetiljki, ovisno o vrsti i tipu rasvjetnog stupa. Ako cestu koja se rasvjetljava okružuju visoke građevine, svjetiljke se mogu postaviti na čeličnu užad koja je rastegnuta između građevina i visi iznad kolnika. [6]

3.3.2. Prometnice za rasvjetljavanje

U naseljenim mjestima potrebno je rasvijetliti : gradske autoceste, brze ceste, glavne i gradske prometnice, lokalne i sporedne prometnice, prometnice s tramvajskim i autobusnim prometom, kolnike na mostovima, nadvožnjacima i podvožnjacima, javne trgove i javna parkirališta, ceste i prostore namijenjene pješacima, ceste s intenzivnim mješovitim prometom, pješačke podhodnike, nadhodnike, prolaze i stubišta, parkove i prostore između povijesnih jezgri.

Izvan naseljenih mjesta potrebno je rasvijetliti :

- dionice svih cesta na križanju u dvije i više razina na autocestama
- dionice svih cesta na križanju državnih, županijskih i lokalnih cesta
- dionice cesta kraće od jednog kilometra između dvaju križanja
- dionice autocesta u zavojima polumjera manjeg od 500m
- dionice autocesta bez razdjelnog pojasa
- dionice autocesta, državnih, županijskih i lokalnih cesta s mostovima i vijaduktima duljim od sto metara
- prometne površine uz naplatne građevine
- sve tunele i galerije
- prometne površine uz kolnik
- sve obilježene pješačke prijelaze
- dionice s intenzivnim mješovitim prometom

- važna autobusna stajališta na državnim i županijskim cestama
- sve željezničke prijelaze u razini na državnim i županijskim cestama
- sve javne ceste s utvrđenom učestalošću prometnih nezgoda [6]

3.3.3. Raspored izvora svjetlosti

U cestovnoj rasvjeti postoji nekoliko glavnih rasporeda postavljanja izvora svjetlosti i to su:

- jednostrani,
- dvostrani
- centralni.

Za pretežito ravne ceste koriste se jednostrani, dvostrani, dvostrani razmaknuti te centralni raspored dok se za križanja, kružne tokove te ostale oblike prometnica raspored svjetiljki prilagođava obliku i vrsti prometnice. Postoje još kombinirani raspored, osni raspored uzdužni i poprečni, raspored po zavojima te raspored za bolju preglednost.

3.3.3.1. Jednostrani raspored izvora svjetlosti

Jednostrani raspored izvora svjetlosti, kao jednostavan i ekonomičan, najčešće se primjenjuje na svim vrstama prometnica s najviše tri prometna traka, kod kojih ukupna širina kolnika nije veća od visine montaže izvora svjetlosti. Radi dobre poprečne rasvjetljenosti je potrebno maksimum zračenja jakosti svjetlosti svjetiljke usmjeriti na najudaljeniji prometni trak. [4]



Slika 13. Jednostrani raspored izvora svjetlosti

Izvor: [18]

3.3.3.2. Dvostrani raspored izvora svjetlosti

Dvostrani raspored izvora svjetlosti je općenito primjenjiv za sve relativno široke prometnice s najmanje četiri prometna traka tako da svaki red preuzima ulogu rasvjetljavanja polovice širine kolnika. Dvostrani raspored može biti s izvorima jedan nasuprot drugome, odnosno s naizmjenično postavljenim izvorima. Oba rasporeda daju dobre svjetlotehničke vrijednosti, posebno jednolikost sjajnosti odnosno rasvjetljenosti, no ipak prednost ima raspored s paralelnim izvorima.[4,6]



Slika 14. Dvostrani raspored izvora svjetlosti

Izvor: [19]

3.3.3.3. Centralni raspored izvora svjetlosti

Centralni raspored izvora svjetlosti najčešće se primjenjuje na autocestama i prometnicama gdje su smjerovi razdvojeni razdjelnim pojasom s najviše dva do tri prometna traka. Izvori svjetlosti postavljeni su na jedan stup i to u opoziciji, tako da svaki od njih rasvjetljava svoj kolnik.[5]



Slika 15. Centralni raspored izvora svjetlosti

Izvor: [20]

4. ANALIZA CESTOVNE RASVJETE CESTA ZA MOTORNI POGON

Pri analizi rasvjete cesta za motorni promet koriste se mjere kvalitete rasvjete prometnica, raspored i visina svjetlosti te klase rasvjete cesta za motorni promet. [1]

Utvrđeno je nekoliko klasa cestovne rasvjete u zavisnosti od slijedećih utjecajnih čimbenika i to: prometna razina ceste (autocesta, magistralna, gradska, lokalna i slično), količina i gustoća prometa, razina prometnog opterećenja ceste (složenost prometa), jednosmjerni, odnosno dvosmjerni promet, razina opremljenosti ceste prometnom signalizacijom (npr. prometna svjetla).

Klase rasvjete za različite ceste podrazumijeva:

- M1- Velika brzina prometa preko 130 km/h, srednja brzina 100 km/h i mala brzina 60 km/h,
- M2- Konfiguracija ceste uključuje njenu opremu, vrstu, smjer i količinu prometa, ali i vidljivu okolicu. Čimbenici su: broj prometnih traka, prometnih znakova, ugibališta
- M3- Kontrola prometa uključuje prometne znakove u skladu s prometnim propisima, prometnu signalizaciju, semafor i obavezan smjer
- M4- Razdvojeni kolnici, odvojeni prometni traci za pješake, bicikliste i motorna vozila
- M5- Različiti sudionici: vozači automobila, sporih motornih vozila, kamiona, bicikala i pješaci. [24]

4.1. Mjerila kvalitete cestovne rasvjete

Mjerila kvalitete rasvjete cesta za motorni promet koja trebaju jamčiti dobru vidljivost i određenu kvalitetu vidne udobnosti su:

- razina sjajnosti površine kolnika
- jednolikost sjajnosti površine kolnika
- razina rasvjetljenosti okoline ceste
- ograničenje blještanja
- sastav izvora svjetlosti
- vizualno i optičko vođenje [11]

4.1.1. Razina sjajnosti površine kolnika

Srednja razina sjajnosti (luminancije) najmjerodavnija je veličina koja vozaču jamči sigurnost uočavanja situacije ispred njega, određuje se za svaku prometnicu posebno i to na način da se zbroje svi bitni elementi koji karakteriziraju prometnu situaciju prometnice kao što su :

- smještaj prometnice unutar ili izvan naselja
- poprečni profil prometnice iz kojeg je vidljivo kako je organiziran promet za svesudionike
- broj vozila na dan i dozvoljena maksimalna brzina vožnje (km/h)
- broj raskrižja na bližoj i daljnjoj udaljenosti
- konfliktne zone (pješačke prijelaze i sl.)

Luminancija neke određene točke rasvijetljene površine kolnika općenito zavisi od:

- svjetlotehničkih osobina zračenja svjetiljki
- geometrije instalacije cestovne rasvjete
- refleksijskih svojstava rasvijetljene površine kolnika.

Luminancija neke točke "T" promatrane iz točke "P" proporcionalna je vodoravnoj rasvijetljenosti u točki "T" i dana je izrazom:

$$L = q \cdot E_h \text{ (cd/m}^2\text{) gdje je:}$$

q – koeficijent luminancije

E_h – vodoravna rasvijetljenost

4.1.2. Jednolikost sjajnosti površine kolnika

Jednolikost sjajnosti (luminancije) površine kolnika osjetno utječe i na vidne performanse i na vidnu udobnost zapažanja vozača. Postoje dvije vrste jednolikosti luminancije: opća jednolikost luminancije i uzdužna jednolikost luminancije. Opća jednolikost općenito zavisi od: svjetlotehničkih osobina zračenja svjetiljki, svjetlosnog toka izvora svjetlosti, geometrije instalacije cestovne rasvjete, refleksijskih svojstava rasvijetljene površine kolnika.

4.1.3. Razina rasvijetljenosti okolice ceste

Kvalitetna cestovna rasvjeta u pravilu jamči da će se na dobro rasvijetljenoj površini kolnika kao pozadini sigurno zapaziti moguća zapreka. Teškoće pri zapažanju nastaju kad je zapreka relativno visoka, posebno na dijelovima ceste u zavoju ili u usponu kad se manji ili veći dio zapreke ne može jasno vidjeti, jer je okolina ceste slabo ili uopće nije rasvijetljena. Za dobre uvjete zapažanja u vožnji cestom, treba odgovarajuće biti rasvijetljena i neposredna okolica ceste.

4.1.4. Ograničenje blještanja

Blještanje je trajno ili trenutačno smanjenje viđenja uzrokovano prevelikom kontrastom u vidnom polju promatrača. Kvantitativni mjerljivi pokazatelji tog smanjenja su: manja osjetljivost na kontrast, manja oštrina viđenja i manja brzina zapažanja. Razlikuju se dvije vrste blještanja:

Psihološko - smanjuje vidnu udobnost zapažanja vozača zbog zamora oka, uzrokovanog trajno prisutnim bliještanjem izvora svjetlosti.

Fiziološko – smanjuje vidnu sposobnost, utječe na smanjenje kontrastne osjetljivosti (razlika luminacije između objekta i pozadine i smanjenje brzine percepcije).

4.1.5. Spektralni sastav izvora svjetlosti

Spektralni sastav izvora svjetlosti određuje njegovu boju i boju rasvijetljenih predmeta, a osjetno utječe na:

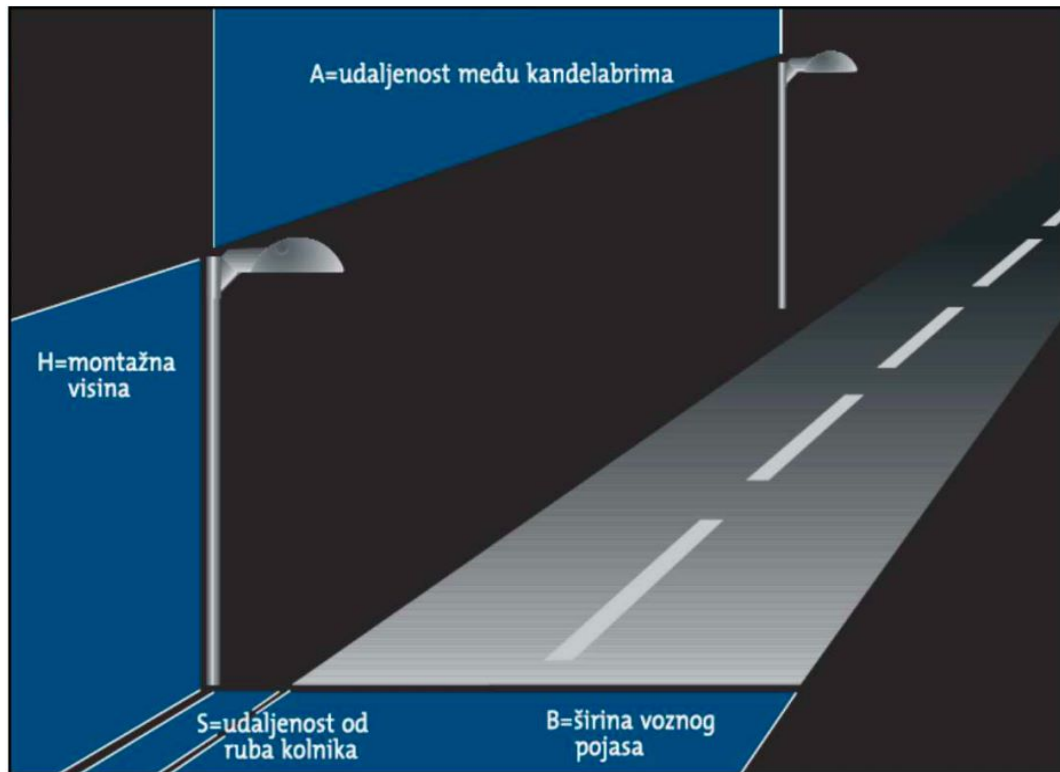
- oštrinu viđenja (pri monokromatskoj svjetlosti oko oštrije fokusira predmete)
- subjektivnu ocjenu kvalitete luminancije površine kolnika
- subjektivnu ocjenu snošljivosti psihološkog blještanja
- brzinu zapažanja
- vrijeme regeneracije oka nakon zablještanja

4.1.6. Vizualno vođenje

Vizualno vođenje u principu predstavlja sklop mjera koje vozaču nedvosmisleno pružaju trenutačnu jasnu sliku toka ceste i njezinog smjera i to preko udaljenosti koje jamče sigurno zaustavljanje. Na nerasvijetljenoj cesti vizualno je vođenje noću ograničeno na prostor ispred vozila, unutar dometa automobilskih svjetala. Cestovni rasvjetni sustav koji korektno i dosljedno slijedi tok ceste, poboljšava vizualno vođenje unutar osjetno većih udaljenosti.

4.2. Geometrija sustava cestovne rasvjete

Pod geometrijom sustava cestovne rasvjete (Slika 16) podrazumijeva se raspored izvora svjetlosti, njihov geometrijski odnos i međusobni odnos prema osnovnim elementima ceste. Geometrija cestovne rasvjete utvrđena je sljedećim veličinama:



Slika 16. Geometrija postavljanja svjetiljki

Izvor: [11]

- H (m) – visina montaže izvora svjetlosti - u pravilu zavisi od dijela širine kolnika koji svaki izvor svjetlosti treba rasvijetliti. Pri jednostranom rasporedu svaki izvor svjetlosti treba rasvijetliti cijelu širinu kolnika, pa optimalna visina montaže u tom slučaju treba biti u skladu s ukupnom širinom kolnika. Kod dvostranog rasporeda u skladu s polovicom širine kolnika, jer svaki izvor svjetlosti rasvjetljava samo polovicu kolnika.
- A (m) – međurazmak izvora svjetlosti - prije svega mjera je ekonomičnosti nekog sustava cestovne rasvjete. Što je međurazmak veći troškovi izgradnje i održavanja su općenito manji i obratno. Međurazmak bitno određuje jednolikost luminancije odnosno jednolikost rasvijetljenosti površine kolnika. Postoje opća načela određivanja međurazmaka, ali za točno određivanje potrebno je primijeniti metode svjetlotehničkih proračuna.

- A/H – odnos međurazmaka i visine montaže izvora svjetlosti.
- k (m) – krak optičke osi izvora svjetlosti - radi dobre rasvijetljenosti poželjno je da optički centar izvora svjetlosti bude što bliži simetrali kolnika.
- δ ($^{\circ}$) – kut nagiba montirane svjetiljke - kutovi nagiba montirane svjetiljke su standardizirani i iznose: 5, 10 i 15 stupnjeva. Kutovi nagiba od 15 stupnjeva pridonose boljoj poprečnoj rasvijetljenosti kolnika, ali u pravilu pridonose i pojačanom blještanju posebno vozačima iz poprečnih smjerova vožnje te vožnji u zavoju. Za prometnice s velikom gustoćom prometa i viših klasa cestovne rasvjete preporuča se nagib od pet stupnjeva, a za sporedne i one nižih klasa nagibi od deset, iznimno petnaest stupnjeva.

[11]

5. RASVJETA POSEBNIH MJESTA U CESTOVNOM PROMETU

Posebnim mjestima u cestovnom prometu smatraju se prostori i površine koji svojom konfiguracijom i prometnim režimom zahtijevaju poseban način postupanja pri odabiru geometrije. [1]

5.1. Križanje u razini

Na križanjima u gradu nastaje velik broj nezgoda, stoga je potrebno posebno obratiti pozornost na rasvjetu križanja. Pritom treba:

- zadržati istu kvalitetu javne rasvijete kao i na ostalim dijelovima ceste
- zadržati istu visinu postavljanja i kut nagiba svjetiljke
- na posebno važnim mjestima na križanju treba povećati razinu rasvijete i do pedeset posto o odnosu na ostali dio prometnice
- zadržati isti izvor svjetla, tip svjetiljke i raspored postavljanja
- odrediti raspored stupova
- rasvijetliti dionice ceste najmanje sto pedeset metara na obje strane od sedišta križanja na nerasvijetljenim cestama. [12]

5.2. Križanja u dvije razine

Prometne petlje u načelu treba rasvijetljivati:

- standardnim rasporedom izvora svjetlosti: središnjim, jednostranim ili dvostranim s normalnim visinama postavljanja od 12 do 16 metara.
- koncentriranim smještajem izvora svjetla na visokim stupovima (20 do 40 metara) raspoređenim unutar zone koju zauzima prometna petlja.

Pri standardnom rasporedu, koji se preporuča za velike petlje izvan naselja, treba na svim glavnim prometnicama zadržati iste kriterije kao i na otvorenoj dionici ceste s istim instalacijama, dok se na sporednim prometnicama mogu promijeniti elementi instalacije (visina postavljanja, raspored, nagib svjetiljke i sl.). Obavezno treba izvesti zone prilagođavanja te uskladiti elemente instalacije s prometnom signalizacijom.[4]

5.3. Kružni tok

Ako kod cesta s kružnim prometom postoji središnji otok manjih dimenzija, rasvjetljuju se pomoću jednog središnjeg stupa s odgovarajućim brojem svjetiljaka. Na raskrižju s većim središnjim otokom rasvjetna mjesta treba postaviti na produžetku svake osi pojedinog prometnog traka na rub otoka i na produžetku tangente na simetralu ceste koja prolazi kroz sjecište osi prometnih trakova na ulaznim cestama. Ostala rasvjetna mjesta treba postaviti na vanjski rub kružnog otoka. [4]



Slika 17. Rasvjetljavanje kružnog toka

Izvor: [28]

Na gradskim raskrižjima rasvjeta treba omogućiti noću uvjete koji osiguravaju:

- Sigurniju vožnju vozačima vozila i biciklistima
- Što bolje viđenje potencijalnih opasnosti, što bolju orijentaciju za pješake
- Vozačima i pješacima, da steknu dojam sigurnosti pri kretanju raskrižjem te što bolje zapažanje raskrižja kao cjeline i detalja odnosno zapreka važnih u vidnoj okolini.

Osnovna zadaća rasvjete je dodatno osvjetljenje prometne površine noću i u posebnim vremenskim prilikama. Svaki priključak treba biti osvjetljen barem 60 metara ispred raskrižja, boja svjetlosti i visina svjetiljki mora biti ista na cijelom području raskrižja, a osvjetljenost raskrižja treba biti najmanje jednaka osvjetljenosti priključaka. [29]

5.4. Cesta u zavoju

Pri rasvjetljavanju zavoja na dvotračnim cestama treba svjetiljke postaviti na vanjskoj strani zavoja. Ako je cesta s tri ili više prometnih trakova, treba primijeniti dvostrani paralelni raspored i postupno smanjiti međurazmake izvora svjetlosti do najviše dvije trećine onih na dijelu ceste u pravcu. Pritom je nužno osigurati dobro optičko viđenje. [4]



Slika 18. Cesta u zavoju

Izvor: [30]

5.5. Rasvjetljavanje na građevinama

Rasvjetljavanjem kolnika na građevinama potrebno je zadržati iste vrijednosti svih mjera kvalitete rasvjete te istu geometriju, raspored i elemente rasvjete. Raspored stupova mora biti simetričan te se oni smještaju iznad nosača građevine i izvan slobodnog profila. Na mostovima treba primijeniti takve elemente i tehnička rješenja koji će s konstrukcijom mosta činiti jednu cjelinu. Moguća je izgradnja rasvjete u ogradi građevine, a to se odnosi za građevine na koje je iz konstruktivnih razloga nemoguće postaviti stupove. Sve podvožnjake treba rasvijetliti ako je cesta i ispred i iza podvožnjaka rasvijetljena, a pritom je potrebno zadržati kvalitetu rasvjete kolnika kao na ostalom dijelu ceste. Duže podvožnjake treba rasvijetljivati kao i tunele. Za rasvjetu podvožnjaka rasvjeta se stavlja na strop građevine i pri tome treba paziti da ne zadiru u slobodni profil ceste. Poslovno-uslužne građevine smještene su na autocestama. Rasvjeta tih prostora treba biti visoke kvalitete jer je na tom prostoru koncentriran velik broj pješaka i vozila. Potrebno je isto tako kvalitetno rasvijetliti dionicu autoceste na kojoj se uključuje i isključuje

iz prometa, na kojima se često događaju prometne nezgode, uz primjenu pravila za rasvjetljavanje dijelova ceste, radi prilagodbe na oba kraja dionice. [1]

5.6. Kolnici u podvožnjaku

Bez obzira na njihovu dužinu sve podvožnjake treba rasvijetliti ako je cesta ispred i iza podvožnjaka rasvijetljena. Pritom mora biti zadržana približno ista kvaliteta rasvjete kolnika. Sve duže podvožnjake treba tretirati kao tunele te primijeniti tehniku rasvjete tunela. Za rasvjetu podvožnjaka preporučuje se svjetiljke postaviti na strop građevine i paziti da ne zadiru u slobodni profil ceste.

5.7. Prometne površine poslovno-uslužnih građevina

Prostori poslovno-uslužnih građevina smješteni su u pravilu na autocestama. Vozačima i putnicima one pružaju sve uobičajene usluge (gorivo, manji popravci, ugostiteljstvo i sl.). Rasvjeta ovih prostora mora biti izrazito visoke kvalitete jer je tu na relativno malom prostoru koncentriran velik broj pješaka i vozila. Kako se ovdje radi o mjestima uključivanja i isključivanja iz prometa, na kojima se najčešće događaju prometne nesreće, potrebno je kvalitetno rasvijetliti dionicu autoceste na dužini cijele građevine. [novi rad!!]

5.8. Rasvijeta pješačkih prijelaza

Rasvjetom pješačkog prijelaza sa izrazito usmjerenim optičkim sustavom leća, povećava se sigurnost na pješakom prijelazu i signalizira se prisutnost pješaka udaljenim vozačima, kako bi na vrijeme uvidjeli pješaka. Pješački prijelaz dio je prometnog kolnika. Ako je cesta kvalitetno rasvijetljena, uz razinu srednje luminancije, nije potrebna posebna rasvjeta pješačkog prijelaza. Uz kvalitetnu rasvjetu vozač uočava pojavu pješaka pozitivnom odnosno negativnom siluetom. Više od 50 posto pješaka pogine na pješačkim prijelazima. Posebnu rasvjetu pješačkog prijelaza treba predvidjeti u slučajevima kada je cesta nerasvijetljena i nedovoljno rasvijetljena. Za rasvjetljavanje pješačkih prijelaza upotrebljavaju se svjetiljke s asimetričnom krivuljom zračenja svjetlosti. Tamne pruge na pješačkim prijelazima trebaju biti što grublje površinske strukture, dok svijetle pruge trebaju biti što glađe. [2, 21]



Slika 19. Rasvjeta pješačkih prijelaza

Izvor:[31]

5.9. Pješački pothodnici i nathodnici

Pri rasvjetljavanju pješačkih pothodnika treba znati i učiniti:

- što je pothodnik duži, kvaliteta rasvjete mora biti viša
- primjeniti centralni raspored svjetiljki ili sa svjetiljkama na vrhu bočnih zidova
- predvidjeti nužnu rasvjetu i natpise s oznakama "IZLAZ"
- primjeniti cjelodnevni režim rada rasvjete
- dobro rasvjetliti pristupne stube

Pri rasvjetljavanju pješačkih nathodnika potrebno je:

- primjeniti dodatnu rasvjetu nathodnika u slučaju loše rasvjete na cesti
- primjeniti strogo zasjenjene svjetiljke orjentirane suprotno od smjera prometa
- rasvjetliti pristupe u dužini najmanje 50 metara. [4]

5.10. Tuneli

Kako bi se održala sigurnost u cestovnom prometu potrebno je kvalitetno osvijetliti i tunele. Danju je potrebno osvijetliti zidove tunela tako da su zidovi osvijetljeni kao površina otvorene ceste. Tunel se ne rasvjetljuje jednoliko, na ulazu je potrebno povećati jačinu rasvjete a na izlazu smanjiti. Prilagođavanje oka pri prijelazu iz tame u svijetlo traje od 5 do 30 sekundi, a iz svijetla u tamu od 30 do 300 sekundi.

Rasvjeta tunela se postavlja prema sljedećim zonama:

- prilazna zona tunelu duljine 50 do 200 metara
- ulazna zona u tunel
- prolazna zona gdje se smanjuje jakost
- srednja zona s najmanjom jakosti
- izlazna zona gdje se jakost povećava.

Podjela tunela prema načinu rasvjete:

- kratki tuneli, duljine do 100 metara u kojima rasvjeta nije nužna
- srednji tuneli, duljine od 100 do 400 metara u kojima nema srednje zone ili prolazne i prilazne zone
- dugi tuneli koji su dulji od 400 metara. [12]



Slika 20. Rasvjeta tunela

Izvor: [32]

Zahtjevi kvalitete rasvjete tunela pri vožnji danju stroži su od onih za vožnju noću, pa se rasvjeta tunela ponajprije odnosi na rasvjetu tunela pri vožnji danju. Određena se klasa rasvjete tunela određuje brzinom prometa te gustoćom i vrstom prometa. Ispušni plinovi i uskovitlana prašina pri velikom prometu tunelom izravno utječu na vidljivost u tunelu. Koncentracija plinova, prašine, čađi i ostalog ovise o gustoći prometa, brzini, visini i težini vozila, održavanju vozila i sl. [4]

6. PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE CESTOVNE RASVJETE

Postoji velik broj slučajeva gdje uobičajene svjetiljke ne pružaju najbolje rješenje za probleme cestovne rasvjete. Neodgovarajuća svjetlost može biti problem. Visina montaže svjetiljke može biti ograničena građevinama ili propisima. Dosta često, održavanje mora biti napravljeno u kratkom roku, kako bi se npr. smanjilo vrijeme radnikova izlaganja brzom prometu ili kako bi se vrijeme ugašenosti svjetiljke zbog održavanja svelo na minimum. [5]

Napretkom tehnologije pojavljuju se i nove vrste cestovne rasvjete koje se temelje na LED tehnologiji. Velik broj gradova u svijetu počinje primjenjivati nove načine rasvjete čime se stječe naziv "Pametni grad". Cilj je povećanje sigurnosti i udobnosti primjenom novih tehnologija, također i povećanje energetske učinkovitosti. Primjena novih tehnologija omogućuje:

- daljinski upravljački sustav
- digitalizirani prometni znakovi
- stanica za napajanje električnih vozila
- senzori za praćenje i brojanje prometa
- senzori kvalitete zraka
- Wi-Fi i mobilna mreža i sl. [12]

6.1. Pametna javna rasvjeta

Danas sve više gradova počinje koristiti urbanistički način razvoja grada te samim time stječe naziv pametnog grada. Povećanje ugodnosti, standarda života preko naprednih informatičkih tehnologija su neki od ciljeva ovog sustava. Takve i slične tehnologije donose jako puno prednosti i poboljšanja javnih usluga, između ostaloga parking i prijevoz, održavanje prometnica i javnih površina, odvoz otpada i slično. Na taj način podaci koji se prikupe mogu se koristiti za povećanje transparentnosti i slično.

Zatim, jako važna stavka u svemu ovome je komponentna i sustav javne rasvjete. Korištenjem navedenih tehnologija, pametni gradovi nastoje poboljšati neku kvalitetu svih ubranih usluga a samim time i njihovu energetska učinkovitost. Povećanjem postotka urbanizacije i ekonomije, javna rasvjeta postaje ključan čimbenik tog pametnog grada. Stoga možemo reći da se pametna javna rasvjeta koristi kroz nekakav napredan nadzor i automatski se potrošnja energije smanjuje i smanjuju se troškovi samog održavanja a povećava se sigurnost. [23]



Slika 21. Višenamjenski stup javne rasvjete

Izvor: [23]

6.2. Sustav regulacije rasvjete

Sve prometnice i nogostupi grada ne zahtijevaju istu razinu rasvijetljenosti tijekom noći. Uvođenjem sustava regulacije rasvjete moguće je optimizirati javnu rasvjetu prema varijabilnim zahtjevima vremena i prostora. Tako je moguće u kasnim noćnim satima smanjiti razinu osvjetljenosti prometnica. Ovakva jednostavna dvostupanjska cestovna regulacija (tzv. polunoćni režim) omogućuje uštede od 20% energije.

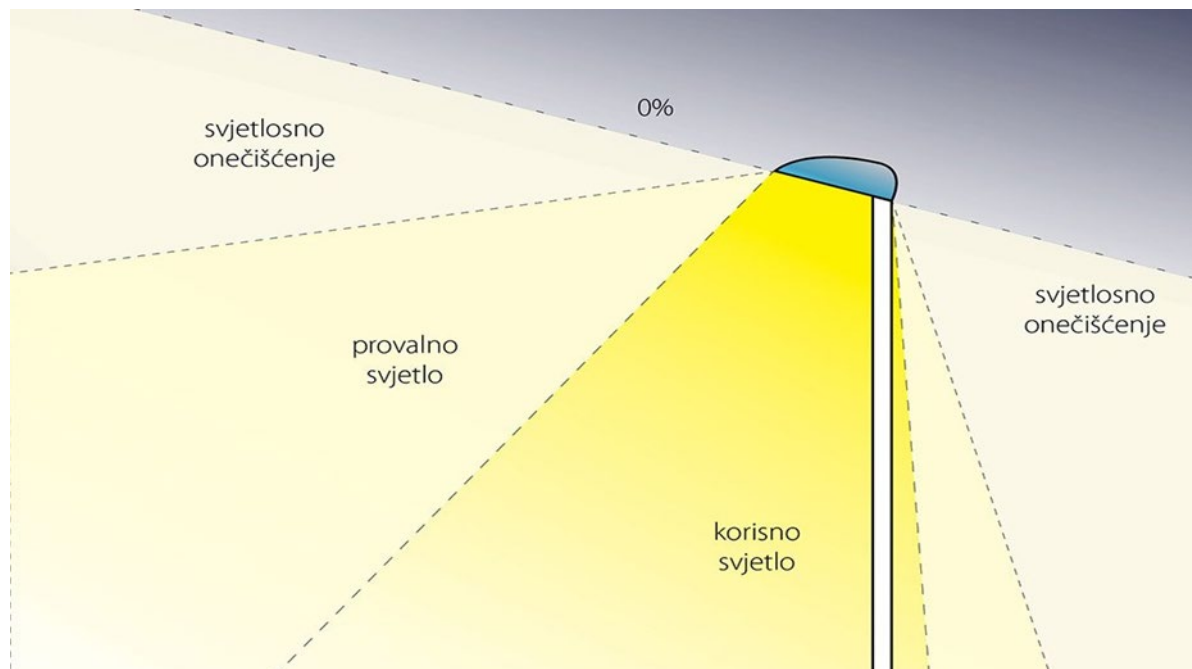
Osnovne preporuke za učinkovitu javnu rasvjetu i dinamičke uštede su:

- korištenje učinkovitih izvora svjetla (napredne tehnologije)
- korištenje učinkovitih žarulja (svjetlosno zagađenje)
- projektiranje javne rasvjete u skladu s normama
- učinkovito upravljanje javnom rasvjetom
- praćenje troškova i potrošnje javne rasvjete
- redovito održavanje

Važna preporuka za sve gradove i općine jest uspostava baze podataka koja sadržava sve tehnokonomске parametre kao i lokacije (pozicije stupova) - registar javne rasvjete. Uspostava takve baze podataka omogućava kontrolu potrošnje, smanjenje troškova održavanja te olakšava planiranje budućih potreba i proširenje sustava rasvjete. [4]

6.3. Svjetlosno onečišćenje

U najsazetijem smislu, svjetlosno onečišćenje se može definirati kao višak umjetnog osvjetljenja koji odlazi u okoliš te uzrokuje neželjene posljedice. Sve što baca svjetlost u nebo ili stranu, a ne prema tlu zagađuje okoliš viškom svjetlosti. To ima štetno djelovanje na čovjeka odnosno na ljudsko zdravlje i negativno utječe na sigurnost prometa. Loša rasvjeta i svjetlosno onečišćenje imaju velik utjecaj na sigurnost u prometu. Svjetlosno onečišćenje i pretjerana rasvijetljenost uzrokuju blještavilo koje dovodi do direktnog i indirektnog zaslepljivanja vozača. Nagli prijelazi sa osvijetljenog u neosvijetljeno područje rezultiraju oslabljenim vidom koji dovodi do umora i može dovesti do prometne nesreće. Glavni uzročnici svjetlosnog onečišćenja su nepravilno postavljena vanjska rasvjetna tijela, ona koja svojom konstrukcijom rasipaju svjetlost oko površine, umjesto prema tlu koje treba biti osvijetljeno. [6]



Slika 22. Svjetlosno onečišćenje

Izvor: [10]

7. ZAKLJUČAK

Čovjek je najveći čimbenik sigurnosti prometa koji upravlja vozilom i koji svojim osjetilima, posebice vidom, opaža sve događaje u okolini te donosi odluke i izvodi radnje na temelju primljenih podražaja. Rasvjeta u cestovnom prometu ima veliki značaj kao element sigurnosti i udobnosti vožnje, a također se smanjuje mogućnost nastanka prometnih nezgoda. Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje nastaje putem prirodnih i umjetnih izvora. Umjetni izvori svjetla su veoma važni jer omogućuju da čovjek vidi i da bude viđen što predstavlja najvažniji element sigurnosti cestovnog prometa. Svrha cestovne rasvjete je osigurati optimalne uvjete za percepciju u prometnom okruženju te osigurati ravnomjernu rasvijetljenost i smanjenje efekta blještanja. Sustav rasvjete prometnica vrlo je bitan čimbenik sigurnosti prometa i smanjenja onečišćenja, također bi je trebalo uvijek unaprjeđivati i pratiti najnovije tehnologije za rasvjetu prometnica uz ekonomičniju potrošnju te brže i jednostavnije održavanje.

LITERATURA

[1] Cerovac, V. **Tehnika i sigurnost prometa**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.

[3] Terlević, I. **Svjetlosno zagađenje**, diplomski rad, Visoka tehničko – poslovna škola S P.J., Pula, 2011

[24] Softić, E. **Rasvjeta prometnica u funkciji sigurnosti prometa**, magistrski stručni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2000

[25] Pašagić, S. **Vizualne informacije u prometu**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.

Internet izvori:

[2] Repozitorij. Fpz.unizg.hr Preuzeto s:
<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A2744/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: Veljača 2023.]

[4] Krajnović I. Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2016
[file:///C:/Users/WIN10/Downloads/krajnovic_ivica_fpz_2016_zavrs_sveuc%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/WIN10/Downloads/krajnovic_ivica_fpz_2016_zavrs_sveuc%20(7).pdf) [Pristupljeno: Veljača 2023.]

[5] Staklarević N. Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018
<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1585/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: Veljača 2023.]

[6] Ljubić M. Inteligentna rasvjeta prometnica. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017
file:///C:/Users/WIN10/Downloads/ljubic_marko_fpz_2017_zavrs_sveuc.pdf [Pristupljeno: Veljača 2023.]

[7] URL: <https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-ceste/cestovna-rasvjeta/> [Pristupljeno: Ožujak 2023.]

[8] URL: <https://lumaenergy.com/products/vanjska-rasvjeta/cestovna-rasvjeta/> [Pristupljeno: Ožujak 2023.]

[9] URL: https://bihamk.ba/bs/magazine/novosti/sigurnost/savjeti/bihamk-savjeti-za-voznju_nocu/234 [Pristupljeno: Ožujak 2023.]

[10] URL: <https://www.sutivan.hr/novosti/javna-rasvjeta-do-likve/> [Pristupljeno: Ožujak 2023.]

[11] URL:
http://estudent.fpz.hr/Predmeti/V/Vizualne_informacije_u_prometu/Materijali/06_Prometna_rasjeta.pdf [Pristupljeno: Ožujak 2023.]

- [12] Ložnjak S. Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2020. [file:///C:/Users/WIN10/Downloads/0135243561%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/WIN10/Downloads/0135243561%20(1).pdf) [Pristupljeno: Veljača 2023.]
- [13] URL: <https://vidik.hr/shop/cijena/led-arulja-op-20588-10w-6000k-e27> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [14] URL: <https://www.pezic-matica.hr/elektro-oprema/zarulje/e-w-857> [Pristupljeno: Ožujak 2023.]
- [15] URL: <https://www.ellabo.hr/zarulja-nav-e-50w-e-4050300015750-24> [Pristupljeno: Veljača 2023.]
- [16] URL: <https://www.ellabo.hr/zarulja-metalhal-spl-2000-380v-i-t-h-960-e40-30103-4-ge> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [17] URL: <https://www.ellabo.hr/zarulja-metalhal-spl-2000-380v-i-t-h-960-e40-30103-4-ge> [Pristupljeno: Ožujak 2023.]
- [18] URL: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fpz%3A2006/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [19] URL: <https://www.zgprsten.hr/grad/nova-led-rasvjeta-u-zapresicu/> [Pristupljeno: Veljača 2023.]
- [20] URL: <https://www.vecernji.hr/zagreb/grad-zagreb-za-318-milijuna-kuna-mijenja-dio-javne-rasvjete-ustedjet-ce-75-posto-potrosnje-struje-1537913> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [21] URL: <https://www.detas.hr/detas-led-rasvjeta/led-streetlights/pedestrian-crossing/> [Pristupljeno: Ožujak 2023.]
- [22] URL: <https://www.jabuka.tv/kako-drzite-volan-pogledajte-sto-to-govori-o-vama/> [Pristupljeno: Veljača 2023.]
- [23] URL: file:///C:/Users/WIN10/Downloads/nikola_kujundzija.pdf [Pristupljeno: Ožujak 2023.]
- [26] URL: <https://www.prakticanzivot.com/nocna-voznja-8393> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [27] URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/197868866.pdf> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [28] URL: <https://ezadar.net.hr/dogadaji/4087592/završeni-radovi-na-kruznom-toku-u-pagu/> [Pristupljeno: Veljača 2023.]
- [29] URL: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A251/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: Ožujak 2023.]
- [30] URL: <https://sib.net.hr/vijesti/regija/4307245/opet-prometna-izmedju-brijesta-i-antunovca-na-istom-zavoju-kao-i-jutros/> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [31] URL: <https://www.detas.hr/detas-led-rasvjeta/led-streetlights/pedestrian-crossing/> [Pristupljeno: Travanj 2023.]
- [32] URL: <https://slobodnadalmacija.hr/split/splitski-gradonacelnik-predstavio-najveci-projekt-energetski-ucinkovite-javne-rasvjete-u-hrvatskoj-milijunska-investicija-obuhvatit-ce-i-tunel-kroz-marjan-1000254> [Pristupljeno: Travanj 2023.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Čovjek najvažniji čimbenik sigurnosti prometa.....	2
Slika 2. Širina vidnog polja u ovisnost o brzini kretanja.....	3
Slika 3. Zasljepivanje vozača.....	4
Slika 4. Cstovna rasveta.....	5
Slika 4. Zračenje koje emitira izvor svjetla.....	8
Slika 6. Poželjan izgled svjetiljke javne rasvjete.....	9
Slika 7. Svjetlotehnički zakon udaljnosti.....	10
Slika 8. LED žarulja.....	11
Slika 9. Žarulja s žarnom niti.....	12
Slika 10. Visokotlačna živina žarulja.....	13
Slika 11. Visokotlačna natrijeva žarulja.....	14
Slika 12. Visokotlačna metalhalogena žarulja.....	14
Slika 13. Jednostrani rasored izvora svjetlosti.....	16
Slika 14. Dvostrani raspored izvora svjetlosti.....	17
Slika 15. Centralni raspored izvora svjetlosti.....	18
Slika 16. Geometrija postavljanja svjetiljki.....	22
Slika 17. Rasvjetljavanje kružnog toka.....	25
Slika 18. Cesta u zavoju.....	26
Slika 19. Rasvjeta pješačkih prijelaza.....	28
Slika 20. Rasvjeta tunela	29
Slika 21. Višenamjenski stup javne rasvjete.....	31
Slika 22. Svjetlosno onečišćenje.....	32

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

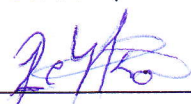
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ZAVRŠNI RAD
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 24.4.2023.

Student/ica:


(ime i prezime, potpis)