

# Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa

---

Ložnjak, Silvestar

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

*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:119:388717>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2021-01-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Silvestar Ložnjak**

**ANALIZA UTJECAJA RASVJETE NA SIGURNOST CESTOVNOG  
PROMETA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb 2020.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 11. ožujka 2020.

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

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 5535**

Pristupnik: **Silvestar Ložnjak (0135243561)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

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

### **Opis zadatka:**

U završnom radu potrebno je analizirati utjecaj rasvjete na sigurnost cestovnog prometa. Potrebno je opisati cestovnu rasvjetu koja se postavlja na cestovne prometnice i načine na koje se provodi postavljanje rasvjete. Također je potrebno opisati i analizirati načine na koje cestovna rasvjeta utječe na sigurnost cestovnog prometa, svrhu rasvjete, mjerila kvalitete, prometnice koje treba osvjetljavati te klase javne rasvjete. Na kraju je potrebno donijeti zaključak i navesti razloge primjene cestovne rasvjete u svrhu povećanja sigurnosti cestovnog prometa.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

prof. dr. sc. Grgo Luburić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**ZAVRŠNI RAD**

**ANALIZA UTJECAJA RASVJETE NA SIGURNOST CESTOVNOG  
PROMETA**

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF STREET LIGHTING ON ROAD  
TRAFFIC SAFETY**

**Mentor: prof.dr.sc. Grgo Luburić**

**Student: Silvestar Ložnjak**

**JMBAG: 0135243561**

**Zagreb, rujan 2020.**

## ANALIZA UTJECAJA RASVJETE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

### SAŽETAK

U završnom radu potrebno je analizirati utjecaj rasvjete na sigurnost cestovnom prometa. Potrebno je opisati cestovnu rasvjetu koja se postavlja na cestovne prometnice i načine na koje se provodi postavljanje rasvjete. Također je potrebno opisati i analizirati načine na koje cestovna rasvjeta utječe na sigurnost cestovnog prometa, svrhu rasvjete, mjerila kvalitete, prometnice koje treba osvijetliti te klase rasvjete. Na kraju je potrebno donijeti zaključak i navesti razloge primjere cestovne rasvjete u svrhu povećanja sigurnost cestovnog prometa.

KLJUČNE RIJEČI: cestovna rasvjeta, sigurnost, promet, svjetlost, prometne nezgode

### SUMMARY

In the bachelor thesis it is necessary to analyze the impact of street lighting on road safety. Street lighting installed on the roads and the ways in which the installation of lighting is carried out need to be described. It is also necessary to describe and analyze the ways in which street lighting affects road safety, the purpose of lighting, the quality criteria, the roads that need to be illuminated, and street lighting classification. Finally, the arguments for the application of street lighting in order to increase road safety should be stated along with a conclusion.

KEY WORDS: street lighting, safety, traffic, lighting, traffic accidents

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ANALIZA UTJECAJA RASVJETE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA .....	2
3. MJERILA KVALITETE RASVJETE CESTE .....	6
3.1. Mjerila kvalitete rasvjete cesta za motorni promet.....	6
3.1.2. Jednolikost sjajnosti površine kolnika .....	7
3.1.3 Razina rasvijetljenosti okolice ceste .....	8
3.1.4. Ograničenje blještanja .....	8
3.1.5. Spektralni sastav izvora svjetlosti.....	9
3.1.6. Vizualno i optičko vođenje .....	9
3.2. Mjerila kvalitete rasvjete tunela za motorni promet.....	10
3.2.1. Razina sjajnosti površine kolnika.....	11
3.2.2. Razina sjajnosti površine zidova .....	11
3.2.3. Jednolikost sjajnosti površine kolnika i površine zidova .....	12
3.2.4. Ograničenje blještanja .....	12
3.2.5. Spektralni sastav izvora svjetlosti.....	13
3.2.6. Vizualno vođenje .....	13
3.2.7. Ograničenje treperenja.....	13
3.3. Mjerila kvalitete rasvjete prostora i ulica za pješački promet .....	14
3.3.1. Razina rasvijetljenosti površine kolnika .....	14
3.3.2. Jednolikost rasvijetljenosti površine kolnika .....	15
3.3.3. Polucilindrična rasvijetljenost.....	15

4. PROMETNICE KOJE JE POTREBNO RASVIJETLITI .....	16
4.1. Rasvjetljivanje posebnih mjesta .....	18
4.1.1. Križanje u razini.....	18
4.1.2. Križanja u dvije razine .....	19
4.1.3. Kružni tok prometa .....	20
4.1.4. Cesta u zavoju .....	21
4.1.5. Kolnici na građevinama .....	21
4.1.6. Kolnici u podvožnjaku .....	22
4.1.7. Mjesta uključivanja i isključivanja u promet.....	22
4.1.8. Pješački prijelazi.....	22
4.1.9. Tuneli .....	23
5. IZVOR SVJETLA, SVJETILJKE I KLASA JAVNE RASVJETE .....	24
5.1. Izvor svjetla.....	24
5.2. Svjetiljke .....	25
5.2.1. Visokotlačna živina žarulja (HQL) .....	26
5.2.2. Visokotlačna natrijeva žarulja (NAV) .....	27
5.2.3. Visokotlačna metalhalogena žarulja (HQI) .....	28
5.2.4. Niskotlačna fluorescentna cijev (L).....	29
5.2.5. Niskotlačna natrijeva cijev (SOX-E).....	30
5.2.7. LED žarulje .....	31
5.3. Klase javne rasvjete .....	32
5.3.1. Ceste za motorni promet.....	32
5.3.2. Tuneli za motorni promet.....	33
5.3.3. Prostori i ceste za pješački promet.....	35

6. PRIJEDLOG ZA POBOLJŠANJE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE U SVRHU POVEĆANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA.....	36
6.1. Mango ulična rasvjeta .....	37
7. ZAKLJUČAK .....	38
LITERATURA .....	39
POPIS SLIKA .....	41
POPIS TABLICA .....	41



# 1. UVOD

Tema završnog rada je analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa. Cestovna rasvjeta je bitan čimbenik sigurnosti prometa, posebice pri vožnji noću i pri vožnji tunelima danju.

Od velike važnosti je vidjeti i biti viđen prilikom odvijanja prometa u svako doba dana i noći te na svim djelovima cestovne mreže.

Važno je osigurati i dobru vidljivost prilikom odvijanja pješačkog i biciklističkog prometa, što se također može postići dobrom rasvjetom.

Rasvjeta se postavlja na svim područjima gdje postoji bilo kakva opasnost koja se može smanjiti ili ublažiti dobrom rasvjetljenošću, cilj je i smanjiti razinu blještanja.

Završni rad se sastoji od 6 poglavlja.

Drugo poglavlje opisuje utjecaje rasvjete na sigurnost cestovnog prometa, osjetila čovjeka kojima on prima podražaje iz okoline kao što su prilagođavanje oka na svjetlost i tamu, sposobnost razlikovanja boja, vidno polje, oštrina vida, sposobnost stereoskopskog zamjećivanja i sl.

Treće poglavlje se sastoji od mjerila kvalitete rasvjete za odvijanje prometa za motorni promet na cestama i u tunelima, te na pješačkim stazama i ulicama.

U četvrtom poglavlju objašnjeno je koje ceste je potrebno osvijetliti.

Peto poglavlje opisuje izvore svjetlosti, vrste svjetiljki koje se koriste za rasvjetu cesta i klase javne rasvjete.

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

## 2. ANALIZA UTJECAJA RASVJETE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Pri vožnji noću, duljina vidljivosti ovisi o osvjetljenju, tj. o stalnoj rasvjeti prometnica i čvorišta ili o svjetlosnim izvorima na prednjoj strani motornog vozila.

Zaustavni put vozila je veći od dometa svjetala na prednjoj strani vozila, pa samo kvalitetna cestovna rasvjeta može jamčiti sigurno uočavanje mogućih prepreka na tim udaljenostima. [1]

Rasvjeta prometnica mora biti takva da vozač može na vrijeme uočiti prepreku, da ima dovoljnu preglednost i da je siguran u prohodnost prometnice.

Potrebno je osigurati jednolikost cestovne rasvjete i istaknuti kritična mjesta (križanja, mostove, skretanja i sl.).

Cestovna 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 smjerkazi, "mačje oči", rubne crte i sl.
- sva opasna mjesta treba istaknuti kako bi ih vozač mogao na vrijeme primijetiti
- mora biti osigurana udobnost vidljivosti da se vozač ne napreže tijekom vožnje
- treba osigurati jednoličnu rasvjetu cijele prometnice
- sva tlocrtna i uspravna signalizacija i drugi uređaji moraju biti vidljivi i ne smiju zasljepljivati vozače.

Trećina svih prometnih nezgoda u kojima ima ozlijeđenih događa se noću. U usporedbi s gustoćom prometa noću, broj ozlijeđenih i smrtno stradalih osoba u prometnim nezgodama približno je trećinu veći od onog danju. Broj nezgoda je veći u naseljenim mjestima, pri čemu najviše stradaju pješaci. [1]

Na temelju istraživanja međuovisnosti rasvjete prometnih nezgoda u tunelu mogu se istaknuti ova sljedeća saznanja:

- broj prometnih nezgoda u tunelima je veći od onog na otvorenoj cesti
- posljedice nezgode znatno su teže od onih na otvorenoj cesti
- nalet na vozilo je najčešći uzrok
- broj nezgoda danju je veći od onih noću
- pri većim brzinama i slabijoj rasvjeti broj nezgoda se povećava
- u duljim tunelima, relativni je broj prometnih nezgoda manji, jer ih se većina događa u zoni praga. [1]

Čovjek svojim osjetilima prima obavijesti vezane uz prilike na cesti te uzevši u obzir vozilo i promete propise, određuje način kretanja vozila. Čovjek je najvažniji čimbenik.

Kod obaviješćivanja vozača najbitniji je osjet vida, više od 95% svih odluka vozača donosi se na temelju organa osjeta vida.

Prilagođavanje oka na svjetlo i tamu je sposobnost brzog zamjećivanja nakon promjene intenziteta svjetla te je za vozača iznimno bitna sposobnost prilikom upravljanja vozilom, posebno pri prolasku kroz tunel, pri zasljepljivanju svjetlima iz suprotnog smjera i sl. Za vrijeme zasljepljenosti vozač gubi osjet položaja te brže uočava osvijetljene, a neosvijetljene predmete znatno kasnije.

Prilagođavanje oka na tamu traje 40-60 minuta, a potpuno prilagodba nastaje tek nakon nekoliko sati. [2]

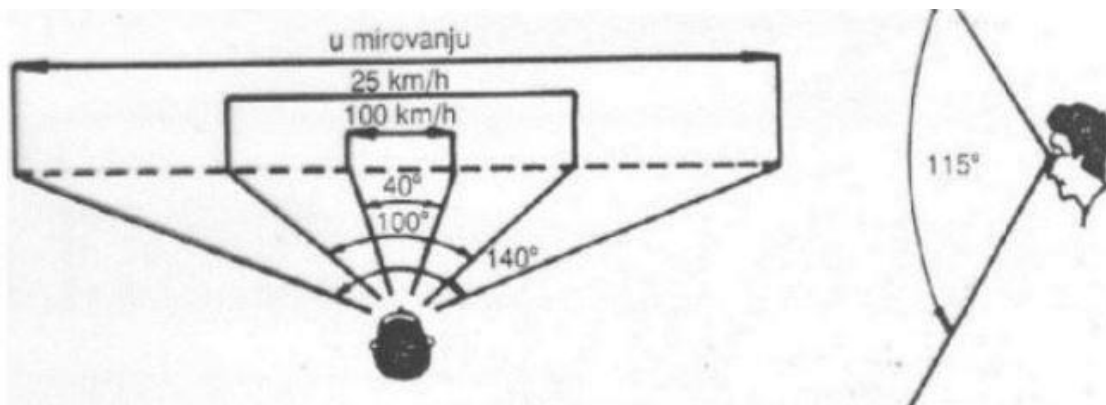
Vidno polje je prostor u kojem čovjek uočava predmete bez pomicanja glave i očiju.

To je prostor u kojem zamjećuje predmete i pojave izvan točke fiksacije. Vidno polje se djeli na horizontalno i vertikalno. Širina horizontalnog vidnog polja iznosi od 40 do 140 stupnjeva, ovisi o brzini vožnje. Vertikalno vidno polje je širine oko 115 stupnjeva.

Vidno polje se djeli na:

- oštro vidno polje, leži do 3 stupnjeva sa svake strane od točke fiksiranja, u njemu vozač uočava sve predmete, oblik, boju i sl.
- jasno vidno polje, do 10 stupnjeva od točke fiksiranja
- dovoljno jasno vidno polje, leži do 20 stupnjeva od točke fiksiranja, u tom se području postavljaju prometni znakovi
- periferno vidno polje, preko 20 stupnjeva od točke fiksiranja, vozač samo periferno uočava predmete i razne događaje. [2]

Povećanje oštrog vidnog polja postiže se pokretima vozača te primjenom unutarnjih i vanjskih retrovizora.



Slika 1. Prikaz horizontalnog i vertikalnog vidnog polja vozača

Izvor: [1]

Razlikovanje boja omogućuje brzo opažanje prometnih znakova što je iznimno bitno kod upravljanja vozilom. Sposobnost je važna prilikom vožnje noću ili po magli. Ukoliko vozač ne razlikuje boje moguće ih je prepoznati prema obliku, simbolu i položaju. Najuočljivija je boja žuta, a najmanje uočljive su plava i crvena.

Oštrina vida je sposobnost uočavanja sitnihg detalja i ovisi o širenju zjenice, fotokemijskim procesima mrežnice oka i akomodaciji leće oka. Smanjena oštrina vida može se smanjiti nošenjem naočala.

Sposobnost stereoskopskog zamjećivanja je određivanje odnosa predmeta po dubini, njihove međusobne udaljenosti. Ta se sposobnost smanjuje slabljenjem oštrine vida. Sposobnost je važna prilikom pretjecanja vozila. [2]

### 3. MJERILA KVALITETE RASVJETE CESTE

#### 3.1. Mjerila kvalitete rasvjete cesta za motorni promet

Mjerila kvalitete temelje se na sjajnosti, to je sposobnost prilagodbe oka sjajnošću površine kolnika.

Mjerila kvalitete rasvjete cesta koje jamče dobru vidljivost i kvalitetu vidne udobnosti su:

- razina sjajnosti površine kolnika
- vizualno i optičko vođenje
- razina rasvijetljenosti okolice ceste
- jednolikost sjajnosti površine kolnika
- ograničenje blještanja
- spektarni sustav izvora svjetlosti. [1]

##### 3.1.1. Razina sjajnosti površine kolnika

Sjajnost neke rasvijetljene točke na površini kolnika ovisi o geometriji instalacija javne rasvjete, refleksijskim svojstvima rasvijetljene površine kolnika i svjetlotehničkim značajkama zračenja svjetiljki.

Razina sjajnosti mora bit takva da se ostvari vidljivost koja osigurava sigurnost vožnje i dovoljnu udobnost vidljivosti.

$$Lm = \frac{\sum Lt}{N}$$

Lt je sjajnost točke s konstantnom vrijednošću sjajnosti promatrane površine kolnika, a N broj točaka promatrane površine. [1]

### 3.1.2. Jednolikost sjajnosti površine kolnika

Jednolikost sjajnosti kolničke površine definira se na sljedeći način:

$$jL = \frac{L_{min}}{L_m} * 100 [\%]$$

$L_{min}$  je minimalna vrijednost sjajnosti površine kolnika promatranog prostora,  $L_m$  je srednja vrijednost sjajnosti površine kolnika promatranog prostora.

Jednolikost ovisi o svjetlotehničkim značajkama zračenja svjetiljki, geometriji instalacije cestovne rasvjete i refleksijskim svojstvima rasvjetljene površine.

Uzdužna jednolikost sjajnosti se definira:

$$jLu = \frac{L_{min}(u)}{L_{max}(u)} * 100 [\%]$$

$L_{min}(u)$  je minimalna vrijednost sjajnosti sredine svakog prometnog traka koja se promatra iz sredine samog prometnog traka,  $L_{max}(u)$  je maksimalna vrijednost sjajnosti sredine prometnog traka koji se promatra iz sredine samog prometnog traka.

Sigurno zamjećivanje omogućuje poprečna jednolikost sjajnosti, a definira se:

$$jLp = \frac{Lmin(p)}{Lmax(p)} * 100 [\%]$$

$Lmin(p)$  je minimalna vrijednost sjajnosti bilo koje poprečne osi kolnika,  $Lmax(p)$  je maksimalna vrijednost sjajnosti bilo koje poprečne osi kolnika. [1]

### 3.1.3 Razina rasvjetljenosti okolice ceste

Neposrednu okolicu ceste je potrebno osvijetliti radi sigurnijeg i udobnijeg zamjećivanja.

U naseljima je posebno važno osvijetliti okolicu prometnice radi uočavanja kretanja pješaka.

Kod svjetlije okolice prometnice potrebno je kvalitetnom rasvjetom istaknuti kolnik kako bi se osigurala ista razina zapažanja, a kod tamne okolice prometnice potrebno je veću pozornost posvetiti rasvjeti okolice. [1]

### 3.1.4. Ograničenje blještanja

Blještanje nastaje pojavom nekog izvora svjetla u vidnom polju vozača čija je jakost u pravcu promatranja veća od one u drugim smjerovima pravaca, blještanjem se smanjuje vidljivost.

Pokazatelji vodnosti koji se smanjuju s povećanjem blještanja:

- brzina zapažanja
- osjetljivost na kontrast (osjetljivost zapažanja razlike u osvjetljenosti)
- oštrina vida (sposobnost zapažanja sitnih detalja).



Postoje dvije vrste blještanja:

- psihološko blještanje, trajno smanjuje sposobnosti koje omogućuju udobno zamjećivanje
- fiziološko blještanje, trenutno smanjuje sposobnost koja omogućuje udobno zamjećivanje

Primjenom zasvjetljenih svjetiljki smanjuje se blještanje. [1]

### 3.1.5. Spektralni sastav izvora svjetlosti

Određuje boju i boju rasvjetljenih predmeta, također utječe i na:

- subjektivnu razinu kvalitete sjajnosti kolnika
- vrijeme regeneracije oka nakon blještanja
- subjektivnu razinu snošljivosti psihološkog blještanja
- oštrinu viđenja
- brzinu zapažanja. [1]

### 3.1.6. Vizualno i optičko vođenje

Vizualno vođenje predstavljaju mjere koje vozaču omogućuju jasnu sliku smjera pružanja ceste preko udaljenosti koja osigurava sigurno zaustavljanje vozila.

Rasvjeta mora istaknuti površine kolnika i opremu ceste u odnosu na okolice.

Kod nerasvjetljenih cesta noću se ograničava vizualno vođenje na prostor u dometu automobilskih svjetala.

Optičko vođenje javne rasvjete jamči sigurnost i udobnost vožnje. Dobrim rasporedom stupova rasvjete potrebno je ostvariti sklad cestovnih pravaca.

Razmještaj stupova se treba sagledati iz perspektivnog položaja vozača:

- na križanju dviju prometnica kontinuitet treba zadržati na prometnici koja ima prednost prolaska ili pripada cesti višeg razreda ajvne rasvjete
- prometnice iste važnosti moraju biti jednako osvjetljenje
- prometnicu na istom potezu potrebno je kontinuirano osvjeteliti u pogledu izvora svjetlosti, razine rasvjete, jednolikosti rasvjete i svih ostalih elemenata javne rasvjete. [1]

### 3.2. Mjerila kvalitete rasvjete tunela za motorni promet

Rasvjeta tunela mora osigurati dobre uvjete vidljivosti i vidne udobnosti, to posebno vrijedi za rasvjetu unutarnje zone tunela u vožnji danu kao i cijelog tunela noću.

Tunel je specifična prometna građevina u kojoj rasvjeta treba osigurati sigurnu i udobnu vožnju danju i noću. Stoga se nameću nešto stroži zahtjevi od zahtjeva za cestu.

Normalna vidna prilagodba pri vožnji tunelom postiže se postupnim smanjenjem rasvjetljenosti uzduž tunela kako bi taj proces bio usklađen sa procesom prilagodbe oka na svjetlo i tamu.

Mjerila kvalitete rasvjete tunela su:

- razina sjajnosti površine kolnika
- razina sjajnosti površine zidova
- jednolikost sjajnosti površine kolnika i površine zidova
- ograničenje blještanja
- spektralni sastav izvora svjetlosti
- vizualno vođenje
- ograničenje efekta treperenja. [1]

### 3.2.1. Razina sjajnosti površine kolnika

Razina sjajnosti kolnika mora osigurati vozaču:

- uočavanju zapreke s udaljenosti jednake duljini zaustavnog puta
- stupanj sigurnosti da ispred vozača nema zapreke.

Sjajnost površine kolnika tunela je različita za razne vrste tunela, za različite vrijednosti prilaznih zona, za iste tunele pri vožnji danu i noću i sl.

Kvaliteta rasvjete tunela utvrđena je različitim vrijednostima sjajnosti površine kolnika:

- razina sjajnosti praga dugih tunela u vožnji danju
- razina sjajnosti ulazne zone pri rasvjeti suprotnim tokom
- razina sjajnosti nužne rasvjete
- razina sjajnosti tunela u posebnim slučajevima
- razina sjajnosti zone prijelaza dugih tunela danju
- razina sjajnosti unutarnje zone dugih tunela danju
- razina sjajnosti zone izlaza tunela danju
- razina sjajnosti prilazne zone u vožnji noću
- razina sjajnosti tunela u vožnji noću
- razina sjajnosti odlazne zone tunela noću
- razina sjajnosti pojedinih zona tunela u različitim režimima pogona rasvjete. [1]

### 3.2.2. Razina sjajnosti površine zidova

Sjajnost površine zidova pridonosi rasvjetljenosti vidnog polja vozača, posebno pri zapažanju većih prepreka. Takve se prepreke lakše ocrtavaju na osvijetljenoj strani zidova tunela a slabije na kolniku.

Refleksija glatkih i svijetlih površina stropa i zidova pomaže pri povećanju osvijetljenosti tunela 10 do 15 posto. [1]

### 3.2.3. Jednolikost sjajnosti površine kolnika i površine zidova

Jednolikost sjajnosti kolnika kao mjerilo kvalitete rasvjete tunela odnosi se na:

- duljinu tunela za najniži režim rasvjete u vožnji danju
- unutarnju zonu tunela u vožnji danju
- duljima tunela za režim rasvjete u vožnji noću
- dionice ceste prilazne i odlazne ceste u vožnji noću.

Jednolikost sjajnosti površine kolnika i zidova tunela temelji se na:

- izgledu poprečnog profila
- odabrani izvor svjetla
- odabrani oblik instalacije rasvjete tunela
- krivulja značenja jakosti svjetlosti svjetiljke. [1]

### 3.2.4. Ograničenje blještanja

Uzrok povećanja blještanja u tunelima mogu biti montaže izvora svjetlosti na manjim visinama, to blještanje je ublaženo jedino u zoni ulaza zbog relativno visokih vrijednosti sjajnosti površine kolnika i zidova.

Fiziološko blještanje se može smanjiti primjenom posebnih svjetiljki za tunele, pri tome imaju prednost fluorescentne i niskotlačne natrijeve cijevi. [1]

### 3.2.5. Spektralni sastav izvora svjetlosti

Najčešće se koriste izvori svjetlosti kao što su niskotlačne natrijeve cijevi i visokotlačne žarulje. [1]

### 3.2.6. Vizualno vođenje

Dobrim vizualnim vođenjem vozaču se osigurava dobra vidljivost i udobnost vožnje, a to se može postići:

- održavanjem čistiće zidova
- za tunele u zavoju potrebno je rasporediti izvore svjetla na bočne zidove vanjske strane zavoja
- odabranim rasporedom svjetiljaka pružiti vozaču jasan smjer vožnje
- rasvjetom istaknuti površinu kolnika tako da je tamniji u odnosu na zidove. [1]

### 3.2.7. Ograničenje treperenja

Prilikom vožnje u vidnom polju vozača mogu se pojaviti treperavi svjetlosni vidni dojmovi uzrokovani svjetlosti montiranih izvora svjetla u isprekidanom nizu.

Jakost smetnji svjetlosnog treperenja ovisi o:

- ukupnom trajanju treperenja
- o srednjoj razini sjajnosti vidnog polja vozača
- o odnosu duljine izvora svjetlosti i njihova međurazmaka
- o maksimalnoj vrijednosti luminacije treperenja
- o učestalosti treperenja. [1]

### 3.3. Mjerila kvalitete rasvjete prostora i ulica za pješački promet

Osnovni zahtjev sigurnosti cestovnog prometa je viđenje i vidljivost na svakom djelu prometne površine, kako danju tako i noću.

Prema tome su utvrđena mjerila kvalitete takve rasvjete:

- razina vertikalne rasvijetljenosti pješaka
- razina horizontalne rasvijetljenosti površine kolnika
- jednolikost horizontalne rasvijetljenosti površine kolnika
- razina polucilindrične rasvijetljenosti pješaka. [1]

#### 3.3.1. Razina rasvijetljenosti površine kolnika

Mjerilo kvalitete količine svjetlosnog toka izvora svjetlosti koji pada na određenu površinu prikazuje se izrazom:

$$E = \frac{\Phi}{s}$$

Ako svjetlosni tok pada pod nekim kutem, rasvijetljenost će biti manja.

$$E = E \cos \alpha$$

E – rasvijetljenost zadane površine

Ukupnim tokom izvora svjetlosti koji pada na definiranu plohu kolnika određuje se razina srenje rasvijetljenosti kolnika.

Rasvijetljenost točke određene površine proporcionalna je jakosti izvora svjetlosti, a izvor svjetlosti pada okomito na točku te je obrnuto proporcionalna kvadratu udaljenosti:

$$Et = \frac{I}{l^2}$$

Et – rasvjetljenost točke

I – jakost izvora svjetlosti točke koja pada okomito na površinu kolnika

l – udaljenost izvora i točke

Srednja vrijednost rasvjetljenosti površine kolnika dobiva se srednjom vrijednosti rasvjetljenosti i broja točaka površine.

$$Em = \sum_{i=1}^N \frac{Ei}{N}$$

Em – srednja rasvjetljenost površine

Ei – rasvjetljenost određene točke

N – broj točaka [1]

### 3.3.2. Jednolikost rasvjetljenosti površine kolnika

Predstavlja mjerilo kvalitete razdiobe svjetlosti po površini:

$$jr = \frac{Emin}{Em} * 100 [\%]$$

Emin – minimalna vrijednost rasvjetljenosti površine

Em - srednja vrijednost rasvjetljenosti površine [1]

### 3.3.3. Polucilindrična rasvjetljenost

Definira se kao rasvjetljenost polovice plohe valjka u smjeru izvora svjetlosti.

To je okomita rasvjetljenost s dodatnom projekcijom rasvjetljenosti na os promatranja. [1]

## 4. PROMETNICE KOJE JE POTREBNO RASVIJETLITI

U naseljenim mjestima potrebno je rasvijetliti:

- gradske prometnice
- brze gradske, glavne gradske I gradske prometnice
- lokalne I sporedne prometnice
- prometnice s tramvajskim I autobusnim prometom
- kolnike s mostovima, nadvožnjacima I podvožnjacima
- javne trgove I javna parkirališta
- ceste I prostore namijenjene isključivo pješacima
- ceste s intenzivnim mješovitim prometom
- pješačke pothodnike, nathodnike I prolaze
- parkove I prostore između povijesnih jezgri.



Slika 2. Prikaz rasvijetljene prometnice

Izvor: [18]



Izvan naselja potrebno je kvalitetno rasvijetljenje:

- dionice svih cesta na križanju dvije ili više razina na autocestama, uključujući i pristupne ceste i odvojke
- dionice svih cesta na križanju državnih, županijskih i lokalnih cesta
- obilaznice
- dionice ceste kraće od jednog kilometra između dvaju rasvijetljenih križanja
- dionice autoceste zavoja polumjera manjeg od petsto metara
- dionice autoceste bez razdjelnog pojasa
- dionice autocesta, državnih, županijskih, 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 na nerasvijetljenim prometnicama
- dionice s intenzivnim mješovitim prometom
- važnija autobusna stajališta na državnim i županijskim cestama
- sve prijelaze preko željezničke pruge u razini na državnim i županijskim cestama
- sve javne ceste s utvrđenom učestalošću prometnih nezgoda. [1]

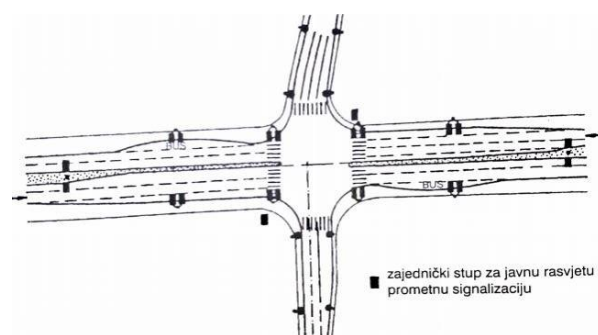
## 4.1. Rasvjetljivanje posebnih mjesta

Mjesta koja svojom konfiguracijom, prometnim upravljanjem i drugim svojstvima zahtjevaju poseban način postupanja pri odabiru geometrije nazivaju se posebnim mjestima koje je potrebno rasvijetliti.

### 4.1.1. 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 stopedeset metara na obje strane od sedišta križanja na nerasvijetljenim cestama. [1]



Slika 3. Rasvjetljivanje čvorišta u istoj razini

Izvor: [1]

#### 4.1.2. Križanja u dvije razine

Prometna čvorišta treba rasvijetliti u pravilu:

- standardnim rasporedom izvora svjetlosti, središnjim, jednostranim ili dvostranim s normalnim visinama postavljanja od 12 do 16 metara
- koncentriranim smještajem izvora svjetla na visoke stupove u visini od 20 do 40 metara, izvori svjetla su raspoređeni unutar zone koju zauzima prometna petlja.

Korištenjem standardnog rasporeda potrebno je zadržati iste kriterije na otvorenoj dionici kao i na čvorištu a na sporednim dionicama ceste se mogu promijeniti elementi instalacije.

Potrebno je izvesti zonu prilagođavanja te uskladiti elemente instalacije s prometnom signalizacijom.

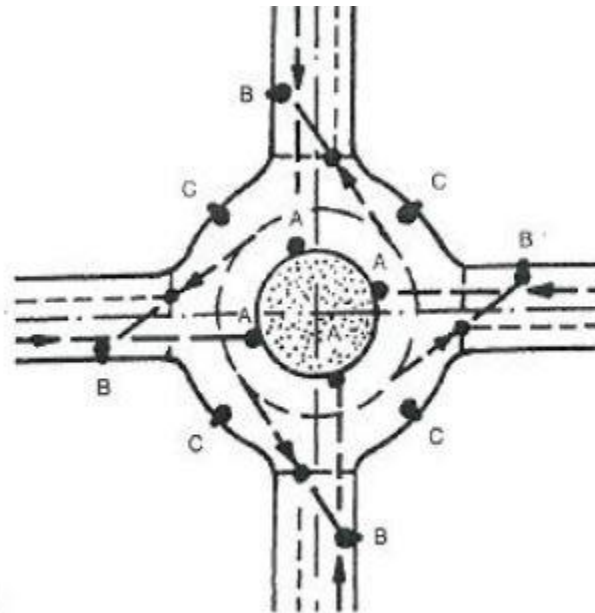
Za prometna čvorišta izvan naselja preporuča se standardni raspored.

Kod koncentriranih rasporeda preporučuje se primjena visokih stupova unutar naseljenih mjesta te je potrebno odabrati što manje stupova s većim visinama postavljanja te osigurati lako održavanje i dobro optičko vođenje. [1]

### 4.1.3. Kružni tok prometa

Kružni tok s otokom manjih dimenzija moguće je rasvijetliti pomoću jednog središnjeg stupa s odgovarajućim brojem svjetiljki.

Kod otoka većih dimenzija rasvjeta se postavlja na mjestima produžetka svake osi prometnog traka na rub otoka te na produžetku tangente na simetralu ceste koja prolazi sjecištem osi prometnih trakova na ulaznim cestama. [1]



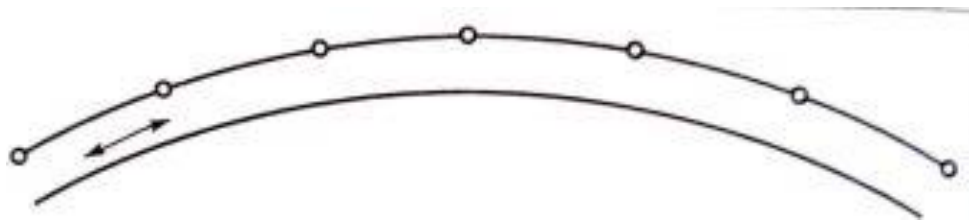
Slika 4. Rasvjetljivanje kružnog toka

Izvor: [1]

#### 4.1.4. Cesta u zavoju

Ceste u zavoju potrebno je rasvijetliti na način da se svjetiljke postavljaju na vanjskoj strani zavoja ukoliko se radi o dvotračnoj prometnici.

Ako je riječ o višetračnoj prometnici primjenjuje se dvostrani usporedni raspored i smanjuje se postupno međurazmak između izvora svjetlosti do najviše dvije trećine onih na dijelu ceste u pravcu. Potrebno je osigurati i dobro optičko vođenje. [1]



Slika 5. Rasvjetljivanje ceste u zavoju

Izvor: [1]

#### 4.1.5. Kolnici na građevinama

Građevinama se smatraju mostovi, vijadukti, podvožnjaci, nadvožnjaci, zidovi i sl.

Sve građevine s malim polumjerom okomite zakrivljenosti potrebno je kvalitetno osvijetliti.

Prilikom rasvjetljivanja građevina potrebno je zadržati sve vrijednosti kvaliteta rasvjete, geometriju, raspored i elemente rasvjete kao i na dionici ceste prije i nakon građevine.

Treba izbjegavati dvostrani rasporeds naizmjenice postavljenim izvorima svjetlosti iz razloga što izaziva vizualni diskontinuitet.

Mostove treba tako rasvijetliti da konstrukcija mosta i rasvjeta ceste čine skladnu cjelinu. [1]

#### 4.1.6. Kolnici u podvožnjaku

Sve podvožnjake je potrebno rasvijetliti ukoliko je cesta ispred i nakon podvožnjaka rasvijetljena. Također je potrebno zadržati iste kvalitete rasvjete kolnika kao i na ostalom dijelu ceste. Duže podvožnjake potrebno je tretirati kao i tunele te primijeniti rasvjetu kao i u tunelima.

Preporučljivo je da se svjetiljke postavljaju na strop građevine te da ne ulaze u slobodni profil ceste. [1]

#### 4.1.7. Mjesta uključivanja i isključivanja u promet

Mjesta na kojima se promet uključuje ili isključuje na autoceste ili poluautoceste potrebno je kvalitetno rasvijetliti te se je potrebno pridržavati određenih pravila:

- osigurati dobro vizualno vođenje prikladnim rasporedom izvora svjetlosti
- primjena izvora svjetlosti drugačije boje od one na glavnom toku
- na mjestima odvajanja prometa potrebno je rasvijetliti i glavni dio prometnice. [1]

#### 4.1.8. Pješački prijelazi

Statistika ukazuje na to da su pješaci najugroženija skupina sudionika u prometu, više od 509 posto ih pogine na pješačkom prijelazu.

Posebna rasvjeta pješačkog prijelaza se izvodi u slučaju da je na nerazvrstanoj cesti ili na nedovoljno rasvijetljenoj cesti.

Izvor svjetlosti se postavlja ovisno o mjestu pješačkog prijelaza, na cestama u zavoju izvor svjetlosti se postavlja ispred pješačkog prijelaza promatrano iz pravca prometnog toka. [1]

#### 4.1.9. 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 rasvijetljuje 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. [1]



Slika 6. Rasvijetljeni tunel

Izvor: [17]

## 5. IZVOR SVJETLA, SVJETILJKE I KLASA JAVNE RASVJETE

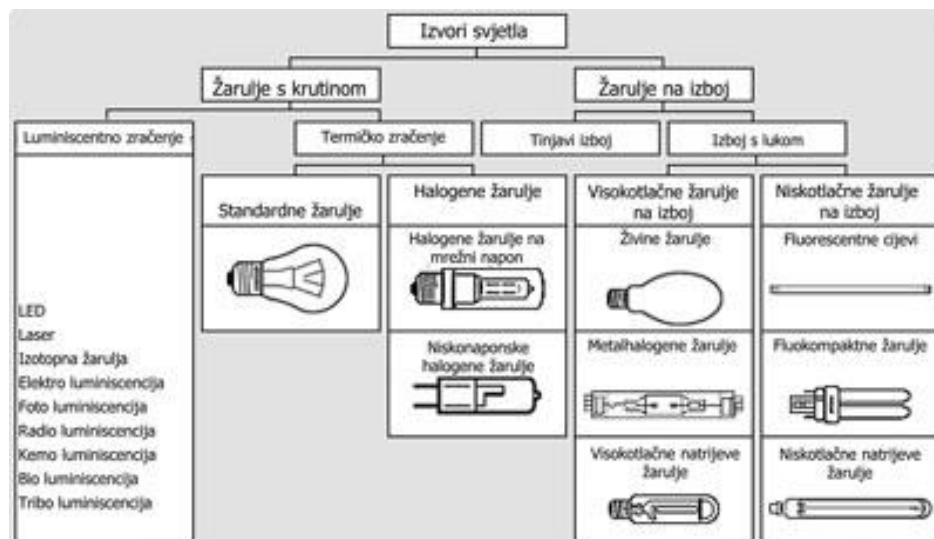
### 5.1. Izvor svjetla

Izvori svjetlosti su uređaji ili tijela koji emitiraju svjetlo koje je vidljivo ljudskom oku. Podjeliti ih možemo na prirodne i umjetne izvore svjetlosti. Izvore svjetlosti možemo podijeliti i prema vrsti emitiranog zračenja, a to mogu biti izvori monokromatske, polikromatske ili izvori bijele svjetlosti.

Umjetni izvori svjetlosti su izvori nastali ljudskim djelovanjem ili im je uzrok neka prirodna pojava. Ljudskim djelovanjem se smatra proizvodnja rasvjetnih tijela. [5]

Umjetne izvore svjetla možemo podijeliti na:

- izvore svjetlosti s izbijanjem u plemenitim plinovima I metalnim parama
- izvori svjetlosti s žarnom niti. [1]



Slika 7. Podjela svjetla prema načinu generiranja

Izvor: [6]



## 5.2. Svjetiljke

Svjetiljka služi za kontrolu i razdiobu svjetlosnog toka jednog ili više izvora svjetlosti svjetiljke. Svjetiljka se sastoji od svjetlotehničkih, mehaničkih i elektrotehničkih elemenata. Svjetlotehnički element čini optički sustav svjetiljke kojem je svrha svjetlost usmjeriti u određenom smjeru (reflektori, refraktori, difuzori i kape).

Mehanički dijelovi svjetiljke služe zaštiti izvora i ostalih dijelova svjetiljke od atmosferskih utjecaja, za pridržavanje, te pričvršćenje svjetiljke na nosače (kućište, obujmice, vijci i sl.).

Elektrotehnički elementi služe za priključak svjetiljke i izvora svjetlosti na napon, međusobno povezivanje električnih dijelova svjetiljke, paljenje i pogon izvora svjetlosti te poboljšanje faktora snage i zaštitu od radiosmetnji.

Osnovne vrste svjetiljki koje se koriste u sustavima cestovne rasvjete su: standardne svjetiljke za cestovnu rasvjetu za montažu na stup, zid ili nosivu žicu, svjetiljke za rasvjetu tunela sa simetričnom odnosno asimetričnom krivuljom zračenja jakosti svjetlosti i reflektori koji se sastoje od optičkih elemenata za usmjeravanje svjetlosnog toka unutar granica nekog zadanog prostornog kuta. [5]

### 5.2.1. Visokotlačna živina žarulja (HQL)

Visokotlačne živine žarulje su energetske učinkovitije od svjetiljaka s inkandescentom, a svjetlosna efikasnost im se kreće od 35 do 65 lm/W. Prednost im je dulji radni vijek koji se kreće do 24.000 sati te izrazito jaka žuta svjetlost. Ovakve žarulje koriste se za osvjjetljenje velikih površina, kao što su tvornice, tereni, ulična rasvjeta I sl. Prozirne živine žarulje proizvode žutu svjetlost sa zelenkasto-plavim sjajem zbog živine kombinacije linija spektra. [8]



Slika 8. Visokotlačna živina žarulja

Izvor: [9]

### 5.2.2. Visokotlačna natrijeva žarulja (NAV)

Natrijeve žarulje se primjenjuju za osvjetljavanje parkova, tunela, aerodroma, ulica, kolodvora i sl. Izrazito su efikasne ekonomski, bijelo tople boje, visoki svjetlosni tok, otporne su na udarce i vibracije, dulji vijek trajanja te omogućavaju dobru vidljivost u uvjetima otežane vidljivosti zbog čega imaju primjenu na svim mjestima gdje je vizualna udobnost i glavni čimbenik. [8]



Slika 9. Visokotlačna natrijeva žarulja

Izvor: [10]

### 5.2.3. Visokotlačna metalhalogena žarulja (HQL)

Metal halogene žarulje koriste se za osvjetljenje prostora gdje je važna kvaliteta svjetla i visoka razina svjetlosti. Žarulje se koriste u supermarketima, veliki prostori, stadioni, sportske dvorane, I sl. Stabilnost boja omogućuje jako dobru raspodjelu svjetlosti a dobar indeks uzvrata boje daje povoljna vizualna svojstva. [8]



Slika 10. Visokotlačna metalhalogena žarulja

Izvor: [11]

#### 5.2.4. Niskotlačna fluorescentna cijev (L)

Niskotlačne fluorescentne cijevi su izvori svjetla koji rade na principu izbijanja kroz živinu paru niskog tlaka, pri izbijanju nastaje ultraljubičasto nevidljivo zračenje. Na unutarnjoj stijenci je nanesen luminoforom koji se pretvara u vidljivu svjetlost.

Punjene su plemenitim plinovima, argonom i kriptonom te nekoliko miligrama žive.

Svjetlosna svojstva su takva da se ultraljubičaste zrake koje nastaju pri izbijanju u cijevi pretvaraju u jedno od tri područja valne duljine vidljivog spektra (narančastocrvenu, zelenu i plavoljubičastu). Kombinacija tih triju boja daje bijelu svijetlost s visokim indeksom reprodukcije boja i dobru svjetlosnu iskoristivost. [1]



Slika 11. Niskotlačna fluorescentna cijev

Izvor: [12]

### 5.2.5. Niskotlačna natrijeva cijev (SOX-E)

Niskotlačne natrijeve cijevi rade na principu izbijanja kroz natrijeve pare niskog tlaka pri čemu nastaje monokromatska svjetlost natrijevih para žutonarančaste boje. Svojstvo reprodukcije boja je vrlo slabo, bijela se boja reproducira kao žuta a sve ostale su crne u više tonova te se zbog toga uvelike ograničuje uporaba ovakvih niskotlačnih cijevi. Međutim, valna duljina maksimalnog zračenja vidljive svjetlosti natrijeve cijevi veoma je blizu valne duljine na kojoj je ljudsko oko najosjetljivije te su iz tog razloga uvelike koriste, posebice na mjestima gdje je poželjna pojača oštrina zapažanja.

Optimalna trajnost je od 14000 do 24000 sati. [1]



Slika 12. Niskotlačna natrijeva cijev

Izvor: [13]

### 5.2.7. LED žarulje

LED žarulje (Light-Emitting Diodes) ubraja se u svjetiljke koje se svrstavaju u štedljive izvore energije poput solarnoga grijanja I sl., 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 puno manje energije i ne sadrži živu.

Nedostatak je cijena zbog skupih materijalima koji se koriste u izradi. [14]

LED žarulje ne prestaju s radom uz prasak ili iznenadno gašenje, već se polagano gase, također se ne pregrijevaju I proizvode vrlo malo topline. [15]



Slika 13. LED žarulja

Izvor: [16]

## 5.3. Klase javne rasvjete

### 5.3.1. Ceste za motorni promet

Ceste se razlikuju prema značenju, gustoći prometa, dopuštenom brzinom i sl., stoga je utvrđeno i nekoliko klasa cestovne rasvjete koje se sastoje od sljedećih čimbenika:

- prometna razina ceste
- količina i gustoća prometa
- razina prometnog opterećenja
- jednosmjerni ili dvosmjerni promet
- razina opremljenosti ceste prometnom signalizacijom. [1]

Tablica 1. Klase cestovne rasvjete za motorni promet

Izvor: [1]

Čimbenici klasifikacije	Klasa cestovne rasvjete
Ceste s velikom dopuštenom brzinom i jednosmjernim prometom, u pravilu s razdjelnim pojasom između prometnih trakova, s križanjima u dvije ili više razina, stroga kontrola pristupa cesti, uglavnom su to autoceste i ceste isključivo za motorni promet. Opseg i gustoća prometa te složenost konfiguracije mogu biti: <ul style="list-style-type: none"><li>- velika</li><li>- srednja</li><li>- mala</li></ul>	M1 M2 M3
Ceste s velikom dopuštenom brzinom i dvosmjernim prometom, ceste s kontrolom prometa i razdvojenim kolnicima za pojedine sudionike u prometu. Kontrola prometa i razdvojenost kolnika mogu biti: <ul style="list-style-type: none"><li>- loša</li><li>- dobra</li></ul>	M1 M2
Cesta sa srednjom brzinom prometa, ceste s kontrolom prometa i razdvojenim kolnicima za pojedine sudionike u prometu. Kontrola prometa i razdvojenost kolnika mogu biti: <ul style="list-style-type: none"><li>- loša</li><li>- dobra</li></ul>	M2 M3
Ceste za slabiji i lokalni promet s malom brzinom prometa, spojne ceste, prometne važnije ceste u stambenim naseljima, ceste s kontrolom prometa i razdvojenim kolnicima za različite sudionike u prometu: <ul style="list-style-type: none"><li>- loša</li><li>- dobra</li></ul>	M5 M4



### 5.3.2. Tuneli za motorni promet

Odabir klase javne rasvjete u tunelima temelji se na tome da bude osigurana udobnost vožnje danju te u težim uvjetima potrebno je dodati višu razinu kvalitete rasvjete.

Zahtjevi za odabir rasvjete tunela danju izrazito su veći od zahtjeva na rasvjetu tunela noću.

Klasa rasvjete se određuje sljedećim prometnim čimbenicima:

- brzina kretanja vozila
- gustoća prometa
- vrsta prometa.

Sposobnost zapažanja određenog kontrasta u zoni praga ovisi o brzini vožnje, manja je što je brzina veća iz razloga što se pri većim brzinama:

- točka početka zaustavnog puta udaljenija je od ulaza u tunel
- prividna veličina zapreke i otvora tunela je manja
- kontrast zapreke i njene pozadine su manji
- vidni zadatak je teži
- luminacija prilagodbe očiju je veća jer na nju utječe svjetla okolica i dio površine neba, a manje tamni otvor tunela. [1]

Tablica 2. Utjecajni čimbenici klasifikacije

Izvor: [1]

Čimbenici klasifikacije		Zaustavni put (m)		
		160	100	60
		Stupnjevi		
Prometni	Brzina kretanja vozila (km/sat)	100	80	60
	Gustoća motornog prometa(vozila/24 sata)	> 1000	1000 - 3000	≤ 100
Prostorni	Luminancija prilazne zone L(cd/m <sup>2</sup> )	< 4000	2500 - 4000	≤ 2000

Na temelju utjecajnih čimbenika mogu se utvrditi tri klase rasvjete tunela: A, B i C.

Na temelju prostorno utjecajnih čimbenika dodatno se utvrđuju tri skupine osnovnih klasa: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 i C3. [1]

Tablica 3. Klase javne rasvjete tunela

Izvor: [1]

Klasa	Utjecajni čimbenici klasifikacije	Stupnjevi		
		velika	srednja	mala
A	Brzina (km/h)	•		
	Gustoća prometa (vozila/24 sata)	•	•	
	A1	Luminancija prilazne točke L (cd/m <sup>2</sup> )	•	
	A2		•	
	A3			•
B	Brzina (km/h)		•	
	Gustoća prometa (vozila/24 sata)	•	•	
	B1	Luminancija prilazne točke L (cd/m <sup>2</sup> )	•	
	B2		•	
	B3			•
C	Brzina (km/h)			•
	Gustoća prometa (vozila/24 sata)		•	•
	C1	Luminancija prilazne točke L (cd/m <sup>2</sup> )	•	
	C2		•	
	C3			•

### 5.3.3. Prostori i ceste za pješački promet

Cestovna rasvjeta treba pješaku osigurati zapažanje detalja unutar vidnog polja te uočavanje bilo kakve opasnosti. [1]

Tablica 4. Klase rasvjete cesta za pješački promet

Izvor: [1]

Vrsta ceste	Klasa rasvjete
Ceste i prostori visoke razine	P1
Ceste i prostori s velikom količinom i gustoćom pješaka i biciklista noću	P2
Ceste i prostori s srednjom količinom i gustoćom pješaka i biciklista noću	P3
Ceste i prostori s malom količinom i malom gustoćom pješaka i biciklista noću, pretežito pristupne ceste zgradama	P4
Ceste i prostori s malom količinom i gustoćom pješaka i biciklista noću, pretežito pristupne ceste zgradama, važnost očuvanja ruralnog i urbanog ambijenta	P5
Ceste i prostori s veoma malom količinom i gustoćom pješaka i biciklista noću, pretežito pristupne ceste zgradama, važnost očuvanja ruralnog i urbanog ambijenta	P6
Ceste i prostori koji trebaju imati samo orijentacijsku rasvjetu	P7

## 6. PRIJEDLOG ZA POBOLJŠANJE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE U SVRHU POVEĆANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

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. [4]



Slika 14. Solarna LED rasvjeta

Izvor: [7]

## 6.1. Mango ulična rasvjeta

Mango ulična rasvjeta je nova vrsta cestovne rasvjete koja je nastala u Mađarskoj, a temelji se na iskorištavanju različitih vremenskih prilika kao što su sunce, kiša i sl.

Mango rasvjeta je u obliku lista a na vrhu listova se nalaze solarni paneli koji se koriste za punjenje baterija LED rasvjete.

Oblik lista služi za usmjeravanje vode prema središnjem kanalu koji se nalazi stupu koji je povezan s turbinom koja također služi za napajanje baterija svjetiljke. [3]



Slika 15. Mango rasvjeta

Izvor: [3]

## 7. ZAKLJUČAK

Rasvjeta u cestovnom prometu ima veliki značaj kao element sigurnosti, primjenom raznih tehnologija razina sigurnosti se znatno povećava te se čovjeku osigurava visoka razina udobnosti i sigurnosti vožnje, a također se smanjuje i mogućnost nastanka prometnih nezgoda.

Rasvjetljena cesta s visokom razinom luminacije omogućuje sigurno odvijanje prometa iz razloga što ne postoje područja koja su slabije ili jače osvijetljena, te su cijele površine kolnika jednoliko osvijetljene bez tamnijih ili svijetlijih zona.

Čovjek svojim osjetilima, posebice vidom, opaža sve događaje u okolini te donosi odluke i izvodi radnje na temelju primljenih podražaja. Osjetom vida čovjek prima 95% svim vanjskim podražaja te je iz tog razloga bitno da cestovna rasvjeta bude pravilno izvedena. Blještanje utječe negativno na čovjeka iz razloga što prilikom velikog blještanja čovjek gubi osjećaj položaja zbog nemogućnosti brze prilagodbe na promjenu intenziteta svjetla te je potrebno izbjegavati mogućnost nastanka bilo kakvog blještanja.

Primjenom novih tehnologija rasvjete moguće je smanjiti potrošnju električne energije čime se povećava energetska učinkovitost, sigurnost prometa i onečišćenje atmosfere. Također je cilj smanjenje troškova i vremena održavanja rasvjete.

## LITERATURA

- [1] Cerovac, V. **Tehnika i sigurnost prometa**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [2] Luburić, G. **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1**, radni materijal za predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
- [3] Staklarević, K. **Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa**, završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
- [4] Paponja, I. **Pametna javna rasvjeta**, završni rad, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2018.
- [5] Babić, D. **Osnove prometne rasvjete**, radni material za predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.

### Internet izvori:

- [6] Generiranje I izvori svjetlosti, URL: <https://korak.com.hr/generiranje-i-izvori-svjetlosti/> (kolovoz 2020.)
- [7] Solarna LED rasvjeta, URL: [https://www.solarno.hr/Images/Catalog/Products/LED12W\\_001.jpg](https://www.solarno.hr/Images/Catalog/Products/LED12W_001.jpg) (kolovoz 2020.)
- [8] Visokotlačne žarulje, URL: <https://by-pass.hr/rasvjeta/zarulje/visokotlacne-zarulje/> (kolovoz 2020.)
- [9] Visokotlačne žarulje, URL: <http://e-elektro.blogspot.com/2010/11/visokotlacne-izbojne-zarulje.html> (kolovoz 2020.)

[10] Visokotlačna natrijeva žarulja, URL:

[https://www.google.com/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fluksometar.com.hr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F09%2F99400075.png&imgrefurl=http%3A%2F%2Fluksometar.com.hr%2Fproizvod%2Fhpsl-70w-e27-098a-visokotlana-natrijeva-arulja%2F&tbnid=TL8meZBmxdk-eM&vet=12ahUKEwjjs8Gmv8\\_rAhVRiqQKHe5iAXwQMygFegUIARCdAQ..i&docid=IdcBpwCYg4YWbM&w=600&h=534&itg=1&q=Visokotla%C4%8Dna%20natrijeva%20%C5%BEarulja&ved=2ahUKEwjjs8Gmv8\\_rAhVRiqQKHe5iAXwQMygFegUIARCdAQ](https://www.google.com/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fluksometar.com.hr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F09%2F99400075.png&imgrefurl=http%3A%2F%2Fluksometar.com.hr%2Fproizvod%2Fhpsl-70w-e27-098a-visokotlana-natrijeva-arulja%2F&tbnid=TL8meZBmxdk-eM&vet=12ahUKEwjjs8Gmv8_rAhVRiqQKHe5iAXwQMygFegUIARCdAQ..i&docid=IdcBpwCYg4YWbM&w=600&h=534&itg=1&q=Visokotla%C4%8Dna%20natrijeva%20%C5%BEarulja&ved=2ahUKEwjjs8Gmv8_rAhVRiqQKHe5iAXwQMygFegUIARCdAQ) (kolovoz 2020.)

[11] Metalhalogena žarulja, URL: <http://auto.ivrep1.ru/metal-halogena-zarulja/> (rujan 2020.)

[12] Fluorescentne cijevi, URL: <https://www.conrad.hr/fluorescentne-cijevi> (rujan 2020.)

[13] Natrijeve svjetiljke, URL: <https://hr.happydiysite.com/3341189-#menu-1> (rujan 2020.)

[14] LED rasvjeta, URL: [https://art-rasvjeta.hr/vijesti/hrvatska/led-rasvjeta\\_ili\\_digitalna\\_svetlost](https://art-rasvjeta.hr/vijesti/hrvatska/led-rasvjeta_ili_digitalna_svetlost) (rujan 2020.)

[15] LED rasvjeta, URL: <https://art-rasvjeta.hr/rasvjeta-savjeti/hrvatska/led-tehnologija%20lampe> (rujan 2020.)

[16] LED rasvjeta, URL: <https://www.bauhaus.hr/commel-led-zarulja-e27-9-w.html> (rujan 2020.)

[17] Tunel, URL: <https://autoskola-ispiti.com/prometni-propisi-i-pravila/prometna-pravila/kakomorate-postupiti-za-vrijeme-voznje-kroz-tunel-u-situaciji-prikazanoj-na-slici> (rujan 2020.)

[18] Rasvjeta tunela, URL: <https://www.ledrasvjeta.com.hr/Projekti/ULICNA-LED-RASVJETA/1> (rujan 2020.)



## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz horizontalnog i vertikalnog vidnog polja vozača .....	4
Slika 2. Prikaz rasvjetljene prometnice .....	16
Slika 3. Rasvjetljivanje čvorišta u istoj razini .....	18
Slika 4. Rasvjetljivanje kružnog toka .....	20
Slika 5. Rasvjetljivanje ceste u zavoju .....	21
Slika 6. Rasvijetljeni tunel .....	23
Slika 7. Podjela svjetla prema načinu generiranja .....	24
Slika 8. Visokotlačna živina žarulja .....	26
Slika 9. Visokotlačna natrijeva žarulja .....	27
Slika 10. Visokotlačna metalhalogena žarulja .....	28
Slika 11. Niskotlačna fluorescentna cijev .....	29
Slika 12. Niskotlačna natrijeva cijev .....	30
Slika 13. LED žarulja .....	31
Slika 14. Solarna LED rasvjeta .....	36
Slika 15. Mango rasvjeta .....	37

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Klase cestovne rasvjete za motorni promet .....	32
Tablica 2. Utjecajni čimbenici klasifikacije .....	33
Tablica 3. Klase javne rasvjete tunela .....	34
Tablica 4. Klase rasvjete cesta za pješački promet .....	35