

Svjetlotehnički kriteriji i faktori kvalitete javne rasvjete

Krstinić, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:192856>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Filip Krstinić

**SVJETLOTEHNIČKI KRITERIJI I
FAKTORI KVALITETE JAVNE
RASVJETE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Filip Krstinić

**SVJETLOTEHNIČKI KRITERIJI I
FAKTORI KVALITETE JAVNE
RASVJETE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr.sc. Slaven Lulić

Karlovac,2018.

Veleučilište u Karlovcu

ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Studij: SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Usmjerenje: ZAŠTITA NA RADU

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Filip Krstinić

Matični broj: 0415609657

Naslov završnog rada: SVJETLOTEHNIČKI KRITERIJI I FAKTORI
KVALITETE JAVNE RASVJETE

Zadatak završnog rada: Istražiti javno vanjsko osvjetljenje kroz kriterije koje određena javna prometna površina treba zadovoljiti da bi omogućila kvalitetno osvjetljenje. Analizirati preporuke i smjernice za projektiranje i izvođenje vanjskog osvjetljenja.

Zadatak zadan:

Rok predaje:

Predviđeni rok obrane:

01/2018.

03/2018.

04/2018.

MENTOR:

Predsjednik Ispitnog Povjerenstva:

Dr.sc. Slaven Lulić

Ivan Štedul, prof. v. pred.

Predgovor

Hvala roditeljima na poticaju, hvala im na ustrajanju i povjerenju. Bez njihove podrške, ovo „putovanje“ završilo bi na nekoj od ranijih stanica.

Veliko hvala mentoru, Slavenu Luliću, koji mi je pomogao pri odabiru teme i na savjetima pri izradi završnog rada. Isto tako zahvaljujem svim kolegama studentima i profesorima stručnog studija sigurnosti i zaštite.

SAŽETAK

Vanjsko osvjetljenje obuhvaća osvjetljenje javnih prometnica i prometnih površina čiji je osnovni zadatak svim sudionicima u prometu (vozači, pješaci, biciklisti) pružiti vidne uvjete koji u mraku omogućuju siguran i pravilan tok prometa. Tu ubrajamo autoceste, ceste i ulice, zatim pješačke prijelaze, zone i pothodnike, pješačke puteve te parkirališta. Prilikom osvjetljavanja javnih prometnica potrebno je, uz zahtjeve za dovoljnom vidljivošću, zadovoljiti vidni komfor koji smanjuje psihičke napetosti sudionika u prometu, a time sprječava prijevremeno zamaranje, naprezanje i gubitak koncentracije. S gledišta svjetlotehničkih kriterija prometnice i prometne površine se dijele na prometnice za brzi (motorni) promet i prometnice za spori (pješački i kombinirani) promet.

Kod osvjetljenje prometnica za brzi (motorni) promet svjetlotehnički kriteriji se temelje prvenstveno na potrebama vozača, a za postizanje dobre vidljivosti vozača najvažnije je stvoriti zadovoljavajući nivo i ravnomjernost sjajnosti kolnika te ograničiti fiziološko blještanje. Na vidni komfor vozača utječu još i uzdužna ravnomjernost sjajnosti, psihološko blještanje i optičko vođenje.

Za osvjetljenje prometnica za spori promet s malom brzinom kretanja, svjetlotehnički kriteriji se temelje primarno na potrebama pješaka, za kojeg treba stvoriti odgovarajući nivo i ravnomjernost osvjetljenosti uz ograničenje fiziološkog blještanja.

Potrebne vrijednosti za pojedine faktore kvalitete koje određeni rasvjetni sustav treba zadovoljiti određene se preporukama za javno osvjetljenje Međunarodne komisije za osvjetljenje (CIE).

Vanjsko osvjetljenje je bitan dio komunalne infrastrukture kojim se, ako je projektiran na tehnički ispravan i estetski ugodan način, podiže kvaliteta života i osigurava vidljivost i sigurnost u večernjim i noćnim satima. Rasvjetni sustavi se trebaju projektirati i izvoditi na suvremen način, prateći najnovije trendove, posebno iz ekološkog i energetski učinkovitog stajališta. Prilikom odabira uređaja osvjetljenja posebnu pažnju treba obratiti na stvaranje njihovo uklapanje u jedinstveni ambijent s okolinom.

SUMMARY

Outdoor lighting includes public roads and traffic areas, with the main task of providing visibility to all users (drivers, pedestrians, cyclists) in dark conditions which allows safe and proper flow of traffic. Traffic facilities include highways, roads and streets, pedestrian zones and underpasses, pedestrian paths and parking lots. While illuminating public roads it's necessary to meet the requirements for sufficient visibility and visual comfort that reduces the psychic tension and thus prevents fatigue, stress and loss of concentration. From the technical criteria aspect roads and traffic areas are divided into roads for fast (motorized) traffic and roads for slow (pedestrian and combined) traffic.

For lighting roads for motorized traffic, criteria are based primarily on the needs of the driver. The most important thing is to enable the driver's visibility and create a satisfying level of brightness scale, brightness uniformity and physiological glare limit. Drivers' comfort is also affected by general and longitudinal uniformity of brightness, psychological glare and optical guidance.

For illumination of roads for slow traffic with lower velocities, criteria are based primarily on the needs of pedestrians. Those include creating an appropriate scale and uniformity of luminance and a limit of physiological glare.

The required values for certain factors, particular to the quality of lighting system, need to be fulfilled according to recommendations for the public lighting of the International Commission on Illumination (CIE).

Outdoor lighting is an essential part of infrastructure which, if designed in a technically correct and aesthetically pleasing way, raises the quality of life and ensure visibility and safety in the evening and night hours. Lighting systems should be designed and carried out in a modern way, following the newest trends, especially from the environmental and energy-efficient point of view. When choosing lighting device special attention needs to be given to their integration with the surrounding environment.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. SVJETLOTEHNIČKI KRITERIJI	2
2.1. KRITERIJI KOD PROMETNICA ZA BRZI (MOTORNI) PROMET	2
2.1.1. Kriterij vidljivosti	3
2.1.2. Kriterij vidnog komfora	3
2.1.3. Kriteriji kvalitete osvjetljenja	4
2.1.4. Parametri vrjednovanja faktora kvalitete	4
2.2. KRITERIJI KOD PROMETNICA ZA SPORI PROMET	8
2.2.1. Kriterij vidljivosti	9
2.2.2. Kriteriji kvalitete osvjetljenja	9
3. FAKTORI KVALITETE	10
3.1. NIVO SJAJNOSTI	10
3.2. RAVNOMJERNOST SJAJNOSTI	11
3.2.1. Opća ravnomjernost sjajnosti	11
3.2.2. Uzdužna ravnomjernost sjajnosti	12
3.3. OGRANIČENJE BLJEŠTANJA	13
3.3.1. Ograničenje psihološkog blještanja	13
3.3.2. Ograničenje fiziološkog blještanja	14
3.4. OPTIČKO VOĐENJE	16
3.5. NIVO OSVJETLJENOSTI	17
3.6. RAVNOMJERNOST OSVJETLJENOSTI	17
4. PREPORUKE ZA JAVNO OSVJETLJENJE	18
4.1. PREPORUKE ZA OSVJETLJENJE PROMETNICA ZA BRZI (MOTORNI) PROMET	18
4.2. PREPORUKE ZA OSVJETLJENJE PROMETNICA ZA SPORI PROMET	19

5. SMJERNICE ZA JAVNO OSVJETLJENJE	20
5.1. CESTE	20
5.1.1. Geometrija uređaja osvjetljenja	20
5.1.2. Standardni rasporedi svjetiljki	22
5.1.3. Posebni primjeri rasporeda svjetiljki	25
5.2. PARKIRALIŠTA	29
5.3. PJEŠAČKI PRIJELAZI	30
5.4. PJEŠAČKI POTHODNICI	33
5.5. PJEŠAČKE ZONE	33
5.6. PJEŠAČKI PUTOVI	34
6. ZAKLJUČAK	35
7. LITERATURA	36

POPIS SLIKA

<i>Slika 1. Trg Dražena Petrovića i petlja na Slavonskoj i Držićevoj aveniji u Zagrebu noću</i>	1
<i>Slika 2. Osvijetljena gradska ulica</i>	3
<i>Slika 3. Polje promatranja</i>	5
<i>Slika 4. Polje vrjednovanja</i>	5
<i>Slika 5. Polja vrjednovanja za različite širine kolnika</i>	6
<i>Slika 6. Točke vrjednovanja</i>	7
<i>Slika 7. Osvijetljenje pješačke ulice</i>	9
<i>Slika 8. Područje vrjednovanja nivoa sjajnosti</i>	11
<i>Slika 9. Opća ravnomjernost sjajnosti</i>	12
<i>Slika 10. Uzdužna ravnomjernost sjajnosti</i>	12
<i>Slika 11. Optičko vođenje na zavoju i odvojcima</i>	16
<i>Slika 12. Geometrija uređaja osvjjetljenja</i>	21
<i>Slika 13. Jednostrani raspored</i>	22
<i>Slika 14. Osni raspored</i>	23
<i>Slika 15. Dvostrani izmjenični raspored</i>	24
<i>Slika 16. Središnji dvoredni raspored</i>	24
<i>Slika 17. Dvostrani nasuprotni raspored</i>	25
<i>Slika 18. Varijante rješenja rasporeda osvjjetljenja na zavojima</i>	26
<i>Slika 19. Rješenja osvjjetljenja na raskrižjima i odvojcima</i>	27
<i>Slika 20. Primjer osvjjetljenja prometnog čvorišta (kružni tok)</i>	28
<i>Slika 21. Most Hrvatskih branitelja u Rijeci s rasvjetnim sustavom integriranim u ogradi</i>	29
<i>Slika 22. Osvjetljenje parkirališta</i>	30
<i>Slika 23. Primjer pješačkog prijelaza s osvjjetljenjem na temelju negativnog kontrasta</i>	31
<i>Slika 24. Tlocrtni položaj uređaja osvjjetljenja kod pješačkih prijelaza</i>	31
<i>Slika 25. Mjere za izračun položaja uređaja osvjjetljenja kod pješačkih prijelaza</i>	32
<i>Slika 26. Ispravno osvjjetljenje pješačkog prijelaza na temelju pozitivnog kontrasta</i>	32
<i>Slika 27. Pješački pothodnik</i>	33
<i>Slika 28. Osvjetljenje pješačke staze u parku</i>	34
<i>Slika 29. Suvremena rješenja vanjskog osvjjetljenja (LED rasvjeta, iskorištavanje obnovljivih izvora energije)</i>	35

1. UVOD

Osnovni zadatak javnog osvijetljenja je pružiti svim sudionicima u prometu (vozačima i pješacima) takve vidne uvjete koji će u mraku i sumraku omogućiti sigurno i pravilno odvijanje prometa. Prilikom osvijetljavanja prometnica, uz zahtjev za zadovoljavajućim vidnim performansama, trebaju se ispuniti i zahtjevi za dovoljnom vidnom ugodnošću koja uključuje smanjenje psihičke napetosti sudionika u prometu, a samim time sprječava zamaranje, naprezanje i gubitak koncentracije.



Slika 1. Trg Dražena Petrovića i petlja na Slavonskoj i Držićevoj aveniji u Zagrebu noću

Vanjsko javno osvijetljenje obuhvaća osvijetljavanje prometnica i prometnih površina koje su namijenjene prometu vozila i pješaka u koje ubrajamo:

- autoceste, ceste i ulice
- pješački prijelazi
- pješački pothodnici
- pješačke zone
- šetališta i pješačke staze
- parkirališta.

Svjetlotehnički zahtjevi čine osnovu za odabir kvalitete i količine javnog osvijetljenja te su najbitniji čimbenik pri određivanju razmještaja svjetiljki, njihove geometrije te odabira izvora svjetlosti. Razlikujemo tri svjetlotehničke smjernice za određivanje javnog osvijetljenja: svjetlotehnički kriteriji, faktori kvalitete i preporuke za vanjsko osvijetljenje.

2. SVJETLOTEHNIČKI KRITERIJI

Dva su osnovna kriterija za dobre vidne uvjete u vanjskom javnom osvjetljenju: dobra vidljivost i dovoljan vidni komfor. Ti kriteriji važe i za vozače i pješake. No kako su zahtjevi koje se nameću vozačima tokom vožnje mnogo teži, njihova svjetlotehnička ishodišta se razlikuju od onih za pješake.

Kod vozača su oba kriterija jednako važna. Dobra vidljivost mora omogućiti da za vrijeme vožnje vozač može brzo i precizno prepoznati i analizirati svoje vidno polje. To se odnosi na raspoznavanje smjera i granica prometnih površina, drugih sudionika u prometu kao i mogućih prepreka. Vidni komfor je bitan da bi se smanjila vozačeva psihička napetost za vrijeme vožnje i spriječio gubitak koncentracije.

Za pješake su vidni zahtjevi kod vanjskog osvjetljenja prije svega vezani na dobru vidljivost, a manje na komfor. Pošto se pješak relativno sporo kreće po površinama namijenjenima pretežito samo njemu, za njih je važno omogućiti dobro orijentiranje u prostoru, raspoznavanje pješačkih i kolnih površina te zapreka i vozila na njegovom putu.

Kako su, prema navedenom, kriteriji kod vožnje puno stroži i složeniji od onih za pješake, prometnice i prometne površine se s gledišta svjetlotehničkih kriterija dijele u 2 skupine:

- prometnice za brzi (motorni) promet
- prometnice za spori (kombinirani i pješački) promet

2.1. KRITERIJI KOD PROMETNICA ZA BRZI (MOTORNI) PROMET

U prometnice za brzi promet ubrajaju se: ceste za motorni (isključivo namijenjene za motorna vozila) i ceste za miješani promet (namijenjene su i za ostali promet i pješake). Za obe skupine kriteriji se temelje prema motornom prometu, odnosno proizlaze iz uvjeta koji se postavljaju vozaču na njegovo dinamičko promatranje prometne situacije.

Stoga su osnovni kriteriji kod prometnica za motorni promet (cestovno osvjetljenje): kriterij vidljivosti i kriterij vidnog komfora.



Slika 2. Osvijetljena gradska ulica

2.1.1. Kriterij vidljivosti

Kriterij vidljivosti se temelji na vozačevom gledanju u noćnim satima kada ono ovisi o vidnim funkcijama kotrastne osjetljivosti (raspoznavanje razlike sjajnosti), oštine vida (raspoznavanje oblika) te brzine raspoznavanja kontrasta i oblika. Iz njih proizlaze svjetlotehnički faktori potrebni da se zadovolji kriterij vidljivosti:

- nivo sjajnosti
- opća ravnomjernost sjajnosti
- fiziološko blještanje

2.1.2. Kriterij vidnog komfora

Kriterij vidnog komfora proizlazi iz takvih uvjeta za vožnju koji će djelovati smanjivanjem psihičke napetosti i zamora vozača u prometu. Svjetlotehnički faktori koji izravno utječu na vidni komfor su:

- nivo sjajnosti
- uzdužna ravnomjernost sjajnosti
- psihološko blještanje
- optičko vođenje

2.1.3. Kriteriji kvalitete osvjetljenja

Iz oba prethodna kriterija kumulativno proizlazi da svjetlotehničke zahtjeve osvjetljenja određuju ovi faktori kvalitete: nivo sjajnosti, ravnomjernost sjajnosti, ograničenje blještanja te optičko vođenje. Ti faktori predstavljaju kriterije kvalitete javnog cestovnog osvjetljenja i prema *Preporukama CIE* (Međunarodne komisije za osvjetljenje) označeni su svjetlotehničkim parametrima (*tablica 1.*)

Tablica 1.

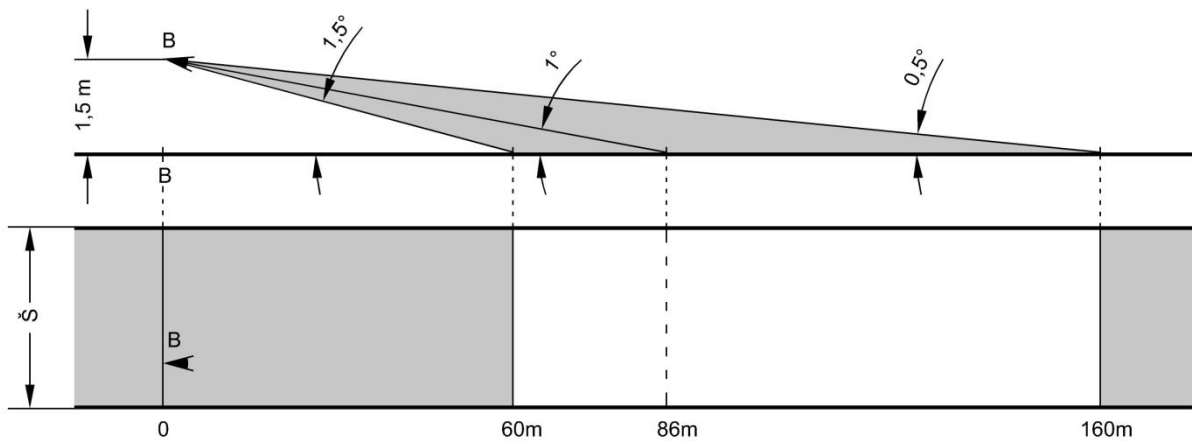
FAKTORI KVALITETE	SVJETLOTEHNIČKI PARAMETRI ZA:	
	VIDLJIVOST	VIDNI KOMFOR
Nivo sjajnosti	Srednja sjajnost \bar{L}	Srednja sjajnost \bar{L}
Ravnomjernost sjajnosti	Opća ravnomjernost sjajnosti U_o	Uzdužna ravnomjernost sjajnosti U_1
Ograničenje blještanja	Relativni porast praga TI	Indeks blještanja G

2.1.4. Parametri vrjednovanja faktora kvalitete

Faktori kvalitete cestovnog osvjetljenja odnose se na vozače najvažniji dio prometnice - kolnik, te je vrjednovanje faktora vezano na: polje promatranja, polje vrjednovanja, točke vrjednovanja i položaj promatranja.

Polje promatranja

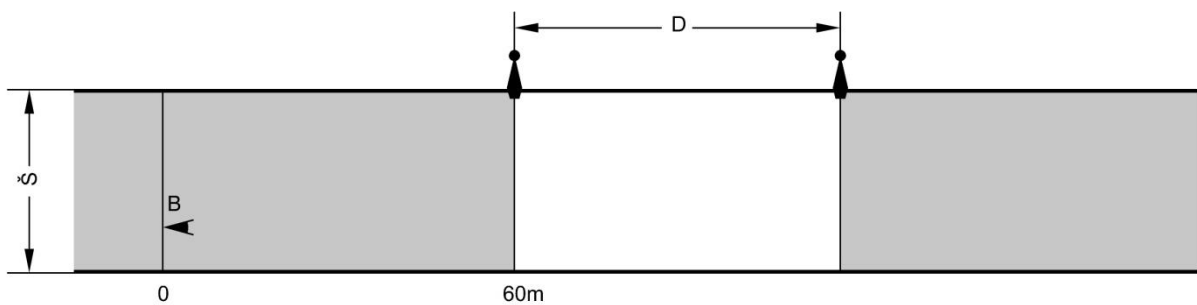
Polje promatranja je definirano kao dio kolnika koji se nalazi od 60 do 160 metara ispred promatrača, odnosno kojeg promatrač vidi s visine od 1,5 metara između kutova $1,5^\circ$ i $0,5^\circ$ (*slika 3.*). Međunarodno je dogovoreno da polje promatranja počinje kod svjetiljke, obzirom da o njihovom razmještaju ovise svjetlotehnički parametri.



Slika 3. Polje promatranja

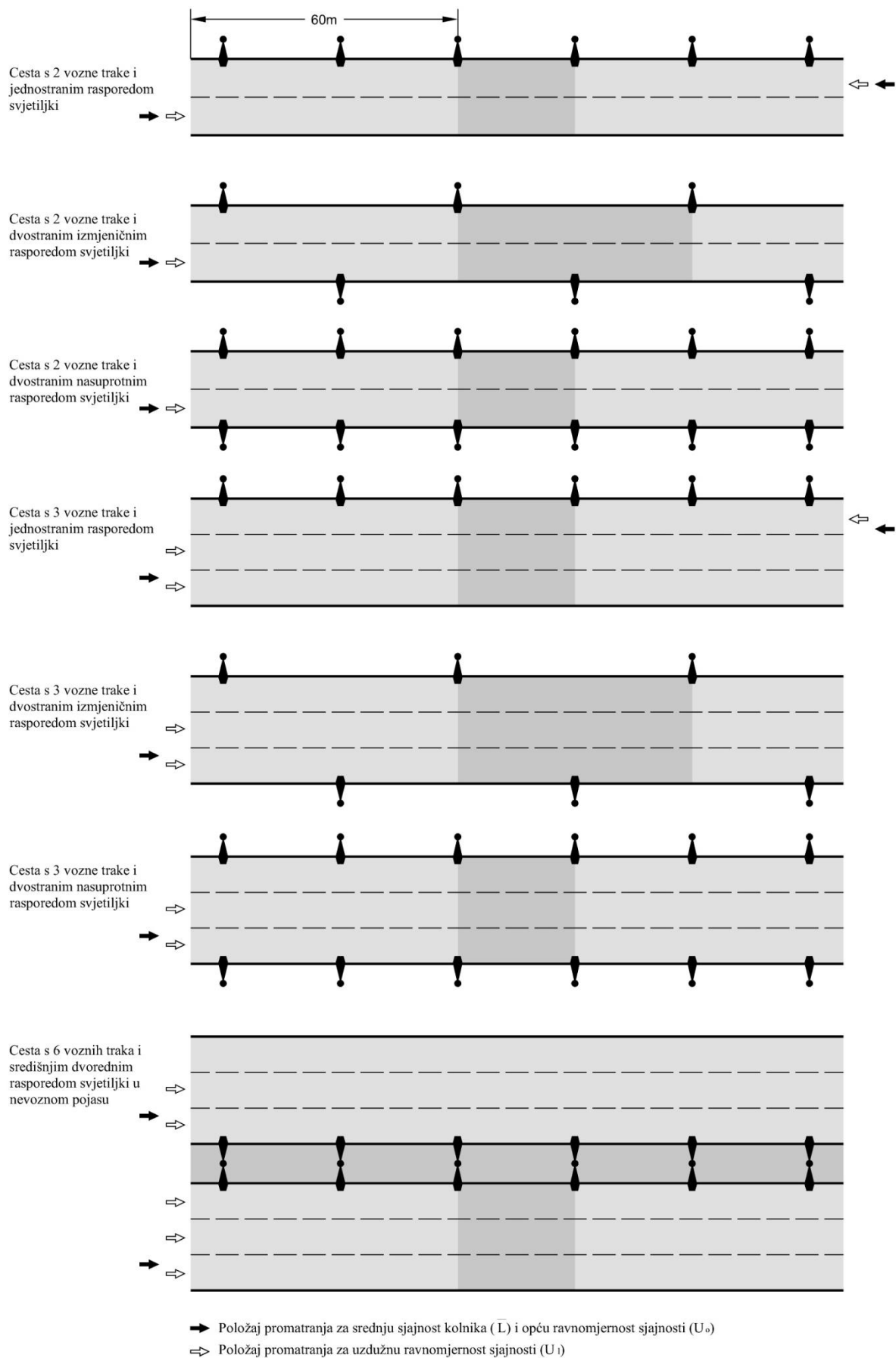
Polje vrjednovanja

Kako se pomicanjem promatrača (vozača) niz kolnik stalno mijenja polje promatranja tako se mijenja i sjajnost kolnika koja ovisi o položaju svjetiljki. To znači da se vozaču tokom vožnje u intervalima između susjednih svjetiljki mijenja slika sjajnosti. U *Preporukama CIE* je stoga uvedeno polje vrjednovanja (slika 4.) koje je definirano kao površina kolnika koja u uzdužnom smjeru obuhvaća dio kolnika između dvije susjedne svjetiljke istoga niza.



Slika 4. Polje vrjednovanja

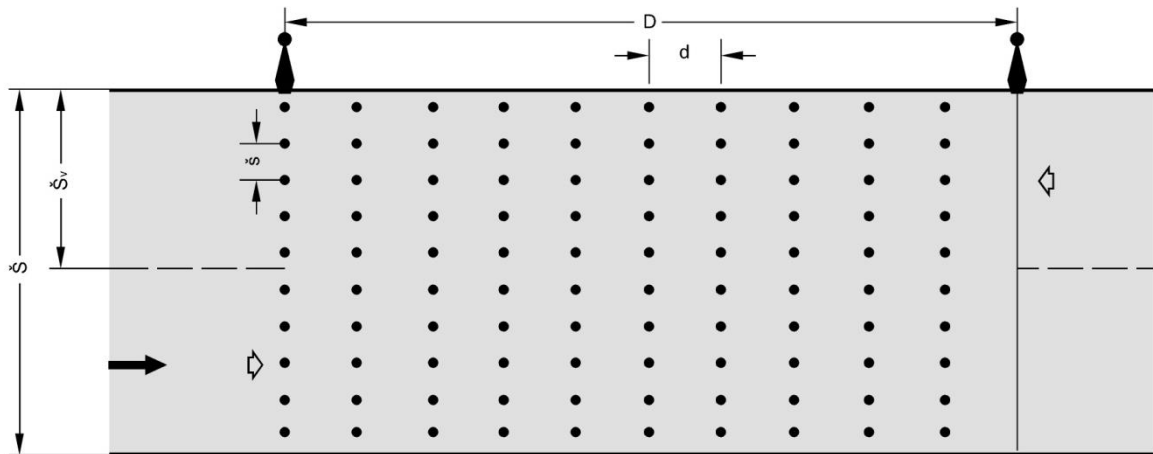
U poprečnom smjeru, ovisno o tome postoji li središnji nevozni pojas ili ne, polje vrjednovanja obuhvaća širinu kolnika za jedan smjer vožnje ili oba. Polje vrjednovanja u pravilu počinje kod svjetiljke, a kod dvostranog naizmjeničnog rasporeda kod svjetiljke lijevog niza u smjeru vožnje (slika 5.).



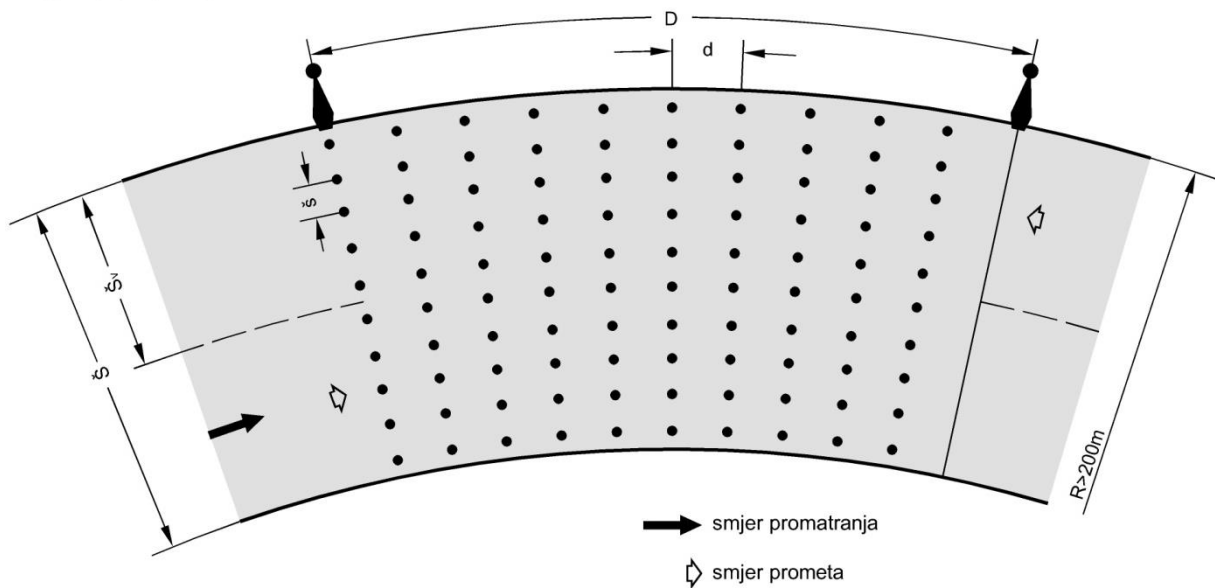
Slika 5. Polja vrjednovanja za različite širine kolnika

Točke vrjednovanja

Točke vrjednovanja su definirane kao ravnomjerno raspoređene točke u polju vrjednovanja na kojima se mjeri sjajnost kolnika (slika 6.). Prema sjajnosti u tim točkama se dobijaju vrijednosti svjetlotehničkih parametara iz tablice 1. (U_o , U_1 i \bar{L}).



Ravni dio kolnika



Zavojiti dio kolnika s radijusom većim od 200m

Slika 6. Točke vrjednovanja

Uzdužni razmak između točaka vrjednovanja se računa formulom:

$$d = \frac{D}{n_1}$$

d – uzdužni razmak između točaka vrjednovanja

D – razmak između dvije susjedne svjetiljke istoga niza

n_1 – broj točaka vrjednovanja po uzdužnom smjeru

Ako je razmak između susjednih svjetiljki manji od 50 m uzdužni broj točaka vrjednovanja mora biti 10. Kada je taj razmak veći od 50 m, uzdužni razmak točaka vrjednovanja ne smije biti veći od 5 m.

Poprečni razmak između točaka vrjednovanja se određuje formulom:

$$\check{s} = \frac{\check{S}_v}{5}$$

\check{S}_v – širina vozne trake

\check{s} – poprečni razmak točaka vrjednovanja

Za svaku voznu traku potrebno je predvidjeti 5 točaka vrjednovanja tako da srednja točka leži na središnjoj osi vozne trake, a da su rubne točke udaljene od rubova za 1/10 vozne trake. Ukoliko ne postoji potreba za velikom točnosti ili ako se očekuje dobra ravnomjernost sjajnosti dopušta se u poprečnom smjeru računanje s 3 točke vrjednovanja po voznoj traci.

Položaj promatranja

Položaj promatranja se definira kao točka na kolniku koja je udaljena 60 m od početka polja vrjednovanja i na visini 1,5 m iznad kolnika. U poprečnom smjeru položaj promatranja se može nalaziti na 1/4 širine kolnika od njegovog desnog ruba (za računanje srednje sjajnosti \bar{L} i opće ravnomjernosti sjajnosti U_o) ili u središnjoj osi svake vozne trake u smjeru odvijanja prometa (za računanje uzdužne ravnomjernosti sjajnosti U_l) (*slika 5.*). Za simetrična rješenja osvjetljenja moguće je broj točaka promatranja odgovarajuće smanjiti.

2.2. KRITERIJI KOD PROMETNICA ZA SPORI PROMET

U prometnice za spori promet se ubrajaju sporedne ceste i ulice s vrlo ograničenom brzinom kretanja, parkirališta te sve površine namijenjene pješacima i biciklistima. Za ovu skupinu prometnica najbitniji vidni zahtjev je dobro orijentiranje i siguran promet pješaka i sporih vozila. Svjetlotehnički kriteriji se stoga ne temelje na vidnim uvjetima vožnje i vozača nego pješaka te su shodno tome vezani na dovoljnu vidljivost, a ne na vidni komfor.

2.2.1. Kriterij vidljivosti

Kriterij vidljivosti je vezan na zahtjeve pješaka i temelji se na vidnim funkcijama kotrastne osjetljivosti (raspoznavanje razlike sjajnosti) te oštine vida (raspoznavanje oblika). Kod prometnica za spori promet ne postoji kriterij za brzinom raspoznavanja kontrasta i oblika jer se vidno polje pješaka i sporog vozača rijetko mijenja. Zbog toga položaj promatranja i polje promatranja nisu određeni.

2.2.2. Kriteriji kvalitete osvjetljenja

Iz jedinog kriterija vidljivosti proizlazi da se svjetlotehnički zahtjevi osvjetljenja ne temelje na sjajnosti već se samo na osnovi osvjetljenosti određuju ovi faktori kvalitete: nivo osvjetljenosti, ravnomjernost osvjetljenosti te ograničenje blještanja.



Slika 7. Osvjetljenje pješačke ulice

3. FAKTORI KVALITETE

Prema analiziranim kriterijima za prometnice za motorni i spori promet, ukupno javno osvjetljenje definiraju ovi faktore kvalitete:

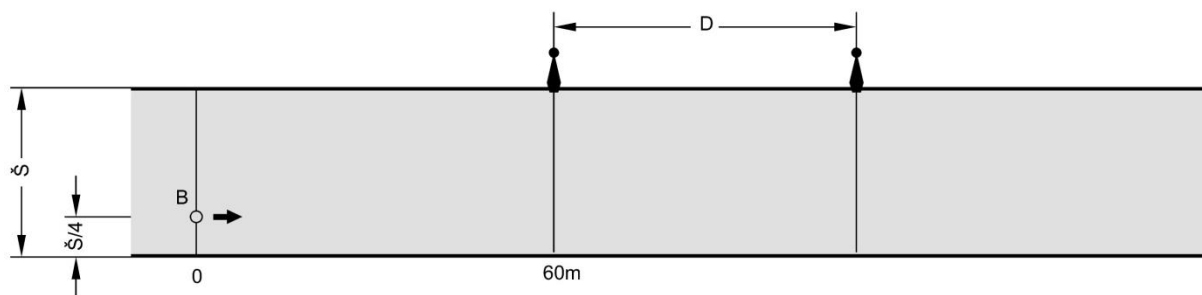
- nivo sjajnosti
- ravnomjernost sjajnosti
- ograničenje blještanja
- optičko vođenje
- nivo osvjetljenosti
- ravnomjernost osvjetljenosti

3.1. NIVO SJAJNOSTI

Sjajnost je jedina svjetlotehnička veličina koju ljudsko oko neposredno razaznaje i zato je nivo sjajnosti osnovni faktor kod osvjetljenja prometnica za brzi promet. Nivo sjajnosti direktno utječe na vidljivost i vidni komfor te pošto njegovim povećanjem rastu kontrastna osjetljivost, oštrina vida i brzina raspoznavanja, poželjno je da je što viši. Dobru vidljivost tijekom vožnje zadovoljava nivo sjajnosti od 2 cd/m^2 što je iz ekonomskih razloga opravdano samo na autocestama, brzim cestama i ostalim vrlo frekventnim cestama. Na ostalim cestama dozvoljen je niži nivo sjajnosti, između $0,5$ i 2 cd/m^2 , ovisno o važnosti prometnice te gustoći i brzini prometa.

Svjetlotehnički parametar koji označava nivo sjajnosti je *srednja sjajnost kolnika* (\bar{L}). Definira se kao pogonska srednja vrijednost sjajnosti na površini suhog kolnika i ovisi o nekoliko elemenata: fotometrijske karakteristike predviđenih svjetiljki, geometrija uređaja osvjetljenja, refleksna svojstva površine kolnika i položaj promatrača.

Nivo sjajnosti se računa u polju vrjednovanja i pri položaju promatranja na $1/4$ širine kolnika od njegovog desnog ruba (*slika 8.*). Srednja sjajnost kolnika (\bar{L}) se računa kao aritmetička srednja vrijednost sjajnosti u svim točkama vrjednovanja jednog polja. Tako izračunata vrijednost se još naziva *dinamička srednja sjajnost kolnika* jer ona odgovara svim srednjim vrijednostima sjajnosti koje vozač raspoznaje tijekom vožnje.



Slika 8. Područje vrjednovanja nivoa sjajnosti

Pri računanju srednje sjajnosti potrebno je uzeti u obzir utjecaj zagađenosti te starenja svjetiljki i izvora svjetlosti pa se kod projektiranja treba povećati vrijednost pogonskih srednjih sjajnosti kolnika (tablica 3.) za 25%.

3.2. RAVNOMJERNOST SJAJNOSTI

Ravnornost sjajnosti je faktor kvalitete za prometnice za motorni promet kojim se pokazuje raspodjela sjajnosti na kolniku. Neposredno utječe na doživljaj o njegovoj svjetlini odnosno i na vidljivost i na vidni komfor. Stoga je poželjna što bolja ravnornost sjajnosti koja se može dobiti smanjenjem razmaka između svjetiljki ili posebnim optičkim sistemom svjetiljki. Ravnornost sjajnosti ovisi o fotometrijskim karakteristikama svjetiljki, geometriji uređaja osvjetljenja, refleksnih svojstava površine kolnika, položaja promatrača te atmosferskih uvjeta.

3.2.1. Opća ravnornost sjajnosti

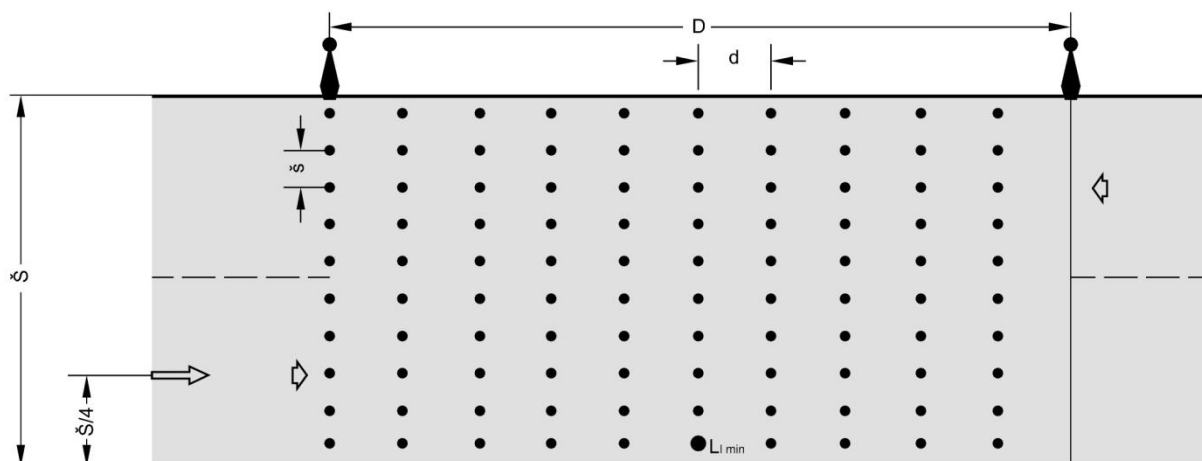
Opća ravnornost sjajnosti (U_o), koja je bitna za dobru vidljivost, definira se jednadžbom:

$$U_o = \frac{L_{min}}{\bar{L}}$$

L_{min} – minimalna sjajnost u polju vrednovanja

\bar{L} – srednja sjajnost u polju vrednovanja

Sjajnost L_{min} i \bar{L} računaju se u polju vrjednovanja pri promatranju s udaljenosti od 1/4 širine kolnika od desnog ruba (slika 9.). L_{min} je sjajnost točke vrjednovanja u kojoj je vrijednost sjajnosti najmanja.



Slika 9. Opća ravnomjernost sjajnosti

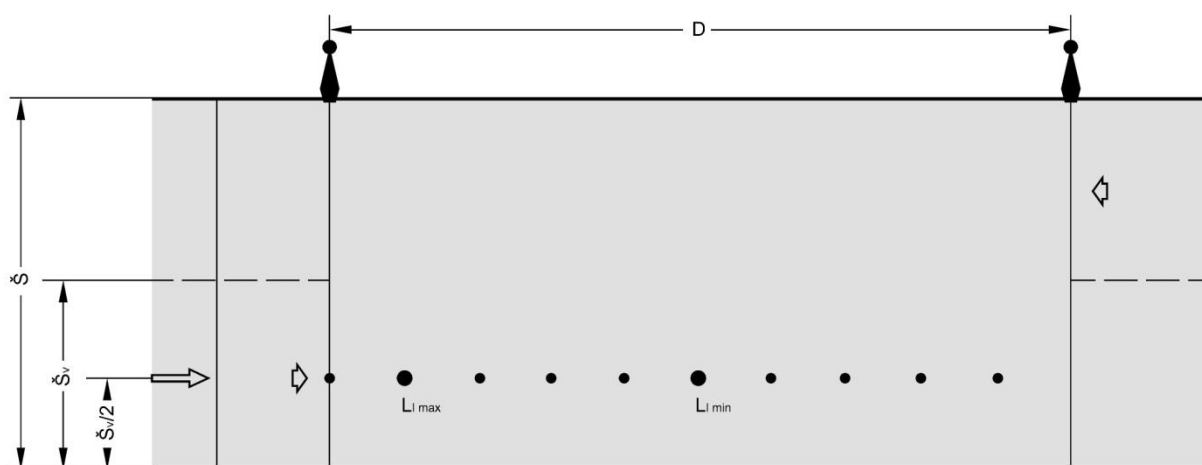
3.2.2. Uzdužna ravnomjernost sjajnosti

Uzdužna ravnomjernost sjajnosti (U_l), koja je bitna za dobar vidni komfor, definira se jednadžbom:

$$U_l = \frac{L_{lmin}}{L_{lmax}}$$

L_{lmin} – minimalna sjajnost na osi vozne trake

L_{lmax} – maksimalna sjajnost na osi vozne trake



Slika 10. Uzdužna ravnomjernost sjajnosti

Sjajnost L_{lmin} i L_{lmax} računaju se u polju vrednovanja pri promatranju s osi vozne trake gdje je L_{lmin} točka s najmanjom, a L_{lmax} s najvećom vrijednosti sjajnosti (slika 10.). Uzdužnu

ravnomjernost sjajnosti je potrebno računati za svaku voznu traku posebno. Minimalne vrijednosti za opću ravnomjernost sjajnosti ($U_{o \min}$) i uzdužnu ravnomjernost sjajnosti ($U_{l \min}$) za različite vrste cesta nalaze se u *tablici 3*.

3.3. OGRANIČENJE BLJEŠTANJA

Blještanje nepovoljno djeluje na vidne uvjete, smanjuje vidljivost i uzrokuje nelagodu, te je nepoželjan za sve vrste prometnica. Prema posljedicama koje blještanje može uzrokovati razlikujemo psihološko i fiziološko blještanje.

3.3.1. Ograničenje psihološkog blještanja

Psihološko blještanje ne utječe na vidljivost već samo smanjuje vidni komfor kod vozača te ju je potrebno ograničiti samo za motorni promet. Kriteriji za ograničenje psihološkog blještanja se temelje na subjektivnoj ocjeni vozača o osjećaju koji uzrokuje blještanje uređaja osvjetljenja. Ocjena tog osjećaja se izražava *indeksom blještanja* (G) te označava stupanj podnošljivosti blještanja. Indeks blještanja može biti od 1 do 9, a što je utjecaj psihološkog blještanja manji, to je indeks blještanja veći (*tablica 2.*).

Utvrđeno je da je vrijednost indeksa blještanja moguće izraziti kao funkciju nekoliko varijabli vezanih na karakteristike svjetlosnih uređaja:

$$G = f(I_{80}, I_{88}, A, \bar{L}, H', p, f_b)$$

I_{80} i I_{88} – svjetlosna jačina svjetiljke kod kuta do 80° i 88° u poluravnini C_0

A – svjetleća površina svjetiljke, projicirana pod kutem od 76° orema vertikali

\bar{L} - srednja sjajnost kolnika

H' – visina svjetiljke umanjena za visinu očista promatrača (1,5 m)

p – broj svjetiljki na kilometar dužine kolnika

f_b – korekcijski faktor za boju izvora svjetlosti

Najmanja dozvoljena vrijednost indeksa blještanja ili *minimalni indeks blještanja* (G_{\min}) ovisi o vrsti ceste, gustoći i važnosti prometa te sjajnosti okoline ceste (*tablica 3.*).

Tablica 2.

INDEKS BLJEŠTANJA (G)	STUPANJ PODNOŠLJIVOSTI BLJEŠTANJA
1	Nepodnošljivo
2	
3	Smetajuće
4	
5	Podnošljivo
6	
7	Zadovoljavajuće
8	
9	Neprimjetno

3.3.2. Ograničenje fiziološkog blještanja

Fiziološko blještanje je, s druge strane, potrebno ograničiti za cjelokupno vanjsko osvjetljenje jer direktno utječe na vidljivost, odnosno smanjuje vidnu sposobnost. Uzrokuju ga previsoke sjajnost izvora svjetlosti što smanjuje kontrastnu osjetljivost promatrača odnosno mogućnost raspoznavanja razlika sjajnosti. Smanjenje vidljivosti uslijed blještanja izražava se svjetlotehničkim parametrom *relativni porast praga* (TI) koji se računa jednadžbom:

$$TI = \frac{\Delta L_b - \Delta L_{min}}{\Delta L_{min}}$$

ΔL_{min} – prag razaznavanja razlike sjajnosti (između sjajnosti nekog vozila, pješaka, prepreke te sjajnosti njegove pozadine)

ΔL_b – prag razaznavanja razlike sjajnosti kod blještanja (povećana razlika između sjajnosti nekog objekta i pozadine uslijed pojave blještećeg izvora svjetlosti)

Relativni porast praga (TI) pokazuje povećanje praga razaznavanja razlika sjajnosti koje je potrebno da neki objekt ima u odnosu na pozadinu, a da bi i u trenucima blještanja imao isti stupanj vidljivosti kao i bez blještanja.

Obzirom da relativni porast praga ima samo fizikalni značaj i ne može se jednadžbom neposredno izračunati, ispitivanjima je utvrđeno da se kod nivoa sjajnosti između 0,5 i 5 cd/m² on može izraziti pomoću funkcije:

$$TI = f(\bar{L}, L_v)$$

\bar{L} – srednja sjajnost kolnika

L_v – ekvivalentna zasljepljujuća sjajnost

Ekvivalentna zasljepljujuća sjajnost (L_v) je svjetlotehnički parametar koji pokazuje efekt koji blještajući izvor svjetlosti uzrokuje kod vozača kada se mogućnost raspoznavanja kontrasta sjajnosti objekta i njegove pozadine smanjuje i ovisi o parametrima u funkciji:

$$L_v = f(E_B, \theta, k_s)$$

E_B – osvjetljenost u očima vozača koju blještajući izvor svjetlosti uzrokuje u ravnini sa smjerom gledanja

θ – kut između smjera gledanja i središta blještajućeg izvora svjetlosti

k_s – konstanta starosti vozača (npr. za 20 godina – 6,3, za 60 godina 17,8, u praksi se obično računa s vrijednošću 10)

Kod nekog rasvjetnog uređaja fiziološko blještanje ostaju u podnošljivim granicama samo ako vrijednost relativnog porasta praga ne prelazi *maksimalni relativni porast praga* (TI_{max}) koji ovisi o vrsti ceste, gustoći i važnosti prometa te sjajnosti okoline ceste (*tablica 3.*).

3.4. OPTIČKO VOĐENJE

Optičko vođenje je faktor kvalitete koji omogućuje sudionicima u prometu jasno razaznavanje toka prometnice i zavoja te orijentaciju pri svim promjenama na trasi (raskrižja, pješački prijelazi, odvojeci...) pri kretanju maksimalno dozvoljenom brzinom. Kako je taj faktor važan pri dinamičkim uvjetima vožnje optičko vođenje se odnosi samo na prometnice za motorni promet.

Za ispravno optičko vođenje važan je ispravan raspored svjetiljki koji treba slijediti tok ceste, a naročito onih s mnogo zavoja i raskrižja. Za ispravno cestovno osvjetljenje prilikom projektiranja treba paziti na optičko vođenje. Na cestama s odvojenim kolnicima preporučeno je da su svjetiljke u središnjem nevoznom pojasu, a na zavojima svjetiljke trebaju biti postavljene uz vanjski rub kolnika. Kod priključaka na ceste poželjno je da se predvide različiti izvori svjetlosni koji tada djeluju kao putokazi.



Slika 11. Optičko vođenje na zavojima i odvojcima

3.5. NIVO OSVJETLJENOSTI

Obzirom da je svjetlotehnička veličina osvjetljenosti ovisna isključivo o karakteristikama rasvjetnog uređaja, a ne položaju promatrača i sjajnosti kolnika, nivo osvjetljenosti je važan samo za kriterij vidljivosti, ne i vidnog komfora. To znači da je taj faktor kvalitete bitan za osvjtljenje prometnica za spori promet.

Parametar koji označava nivo osvjetljenosti je *srednja osvjetljenost* (\bar{E}) definirana kao pogonska srednja horizontalna osvjetljenost na površini prometnice. U *tablici 4.* dane su vrijednosti srednje osvjetljenosti za različite vrste prometnica. Pri računanju srednje osvjetljenosti potrebno je uzeti u obzir utjecaj zagađenosti te starenja svjetiljki i izvora svjetlosti pa se kod projektiranja treba povećati vrijednost pogonskih srednjih osvjetljenosti kolnika (*tablica 4.*) za 25%.

3.6. RAVNOMJERNOST OSVJETLJENOSTI

Ravnomjernost osvjetljenosti je također važno samo za prometnice kod kojih je kriterij vidljivosti mnogo važniji od vidnog komfora (spori promet). Ravnomjernost osvjetljenosti se označava s dva svjetlotehnička parametra E_{\min}/\bar{E} i E_{\min}/E_{\max} .

Parametar E_{\min}/\bar{E} je količnik minimalne i srednje horizontalne osvjetljenosti na površini prometnice, a E_{\min}/E_{\max} količnik minimalne i maksimalne horizontalne osvjetljenosti na površini prometnice. Minimalne vrijednosti ovih parametara se nalaze u *tablici 4.*

4. PREPORUKE ZA JAVNO OSVJETLJENJE

Preporukama za javno osvjtljenje se određuju vrijednosti faktora kvalitete koje sustav osvjtljenja treba zadovoljiti. Brojčane vrijednosti iz preporuka kvantitativno i kvalitativno definiraju nivo javnog osvjtljenja, odnosno potrebne karakteristike rasvjetnih uređaja. Preporuke su prema svjetlotehničkim kriterijima podijeljeni u dvije osnovne skupine: osvjtljenje prometnica za motorni i za spori promet, koje su dane u *tablicama 3. i 4.*

4.1.PREPORUKE ZA OSVJETLJENJE PROMETNICA ZA BRZI (MOTORNI) PROMET

Tablica 3.

KLASA CESTE	NAZIV CESTE	OKOLINA CESTE (svijetla – naseljena gradska područja, tamna – nenaseljena i seoska područja)	NIVO SJAJNOSTI Pogonska srednja sjajnost suhog kolnika \bar{L} (cd/m ²)	RAVNOMJERNOST SJAJNOSTI		OGRANIČENJE BLJEŠTANJA	
				Minimalna opća ravnornjnost $U_{o\ min}$	Minimalna uzdužna ravnornjnost $U_{l\ min}$	Minimalan indeks blještanja G_{\min}	Maksimalan relativni porast praga TI_{\max} (%)
A	Autocesta	-	2	0,4	0,7	6	5
B	Brza cesta	svijetla	2	0,4	0,7	5	10
		tamna	1			6	5
C	Glavna cesta	svijetla	2	0,4	0,5	5	10
		tamna	1			6	10
D	Gradska cesta	svijetla	2	0,4	0,5	4	20
E	Sabirna cesta	svijetla	1	0,4	0,5	4	20
		tamna	0,5	0,3		5	10

4.2.PREPORUKE ZA OSVJETLJENJE PROMETNICA ZA SPORI PROMET

Tablica 4.

VRSTA PROMETNICE ILI PROMETNE POVRŠINE	POVRŠINSKI SLOJ PROMETNICE	NIVO OSVJETLJENOSTI Pogonska srednja horizontalna osvijetljenosti E (lx)	RAVNOMJERNOST OSVJETLJENOSTI	
			Razmjer ravnomjernosti E_{\min}/\bar{E}	Razmjer ravnomjernosti E_{\min}/E_{\max}
Sporedne ceste i ulice u stambenim četvrtima	svijetao	3 – 6	0,25	-
	taman	6 – 12		
Sporedne gradske ceste i ulice	svijetao	3 – 6	0,25	-
	taman	6 – 12		
Industrijske ceste	svijetao	6	0,25	-
	taman	12		
Parkirališta izvan prometnica	-	10 – 20	0,33	-
Biciklističke staze	svijetao	6	0,25	-
	taman	12		
Pješački putovi i šetališta	-	1	-	-
Parkovne staze	-	1	-	-
Nadzemne pješačke zone	-	1	-	0,33
Podzemne pješačke zone	-	120	-	0,33
Pješački pothodnici	-	60 – 120	-	-

5. SMJERNICE ZA JAVNO OSVJETLJENJE

Osnovna načela osvjetljavanja javnih prometnica i prometnih površina obuhvaćaju:

- parametre geometrije rasvjetnih uređaja
- smjernice za rasporede svjetiljki (standardni i specifični rasporedi)
- smjernice za izbor odgovarajućeg sustava javnog osvjetljenja
- svjetlotehničke zahtjeve
- smjernice za izbor optimalnih svjetiljki i izvora svjetlosti

Razmotrena su načela osvjetljavanja cesta, parkirališta, pješačkih prijelaza, pothodnika, zona i putova.

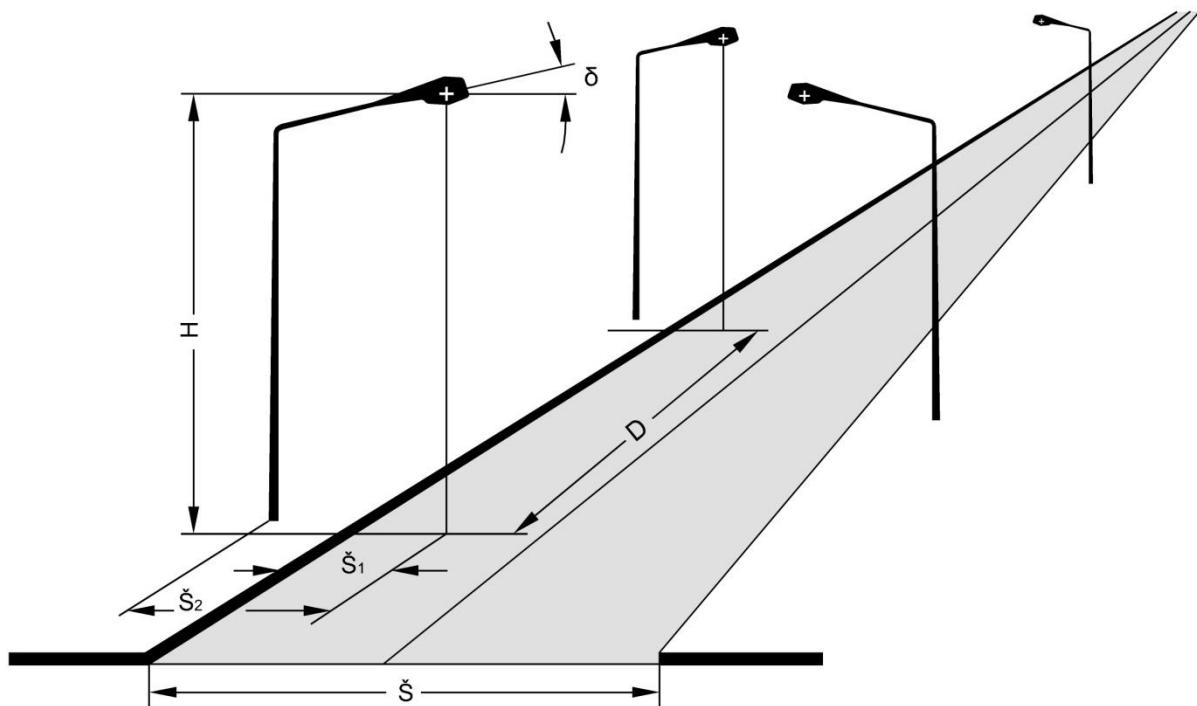
5.1. CESTE

U ceste se s prometno-tehničkog stajališta ubrajaju sve javne prometnice namijenjene isključivo motornom prometu te miješanom motornom i pješačkom prometu. Smjernice za javno osvjetljenje cesta prilikom izvođenja sustava osvjetljenja uključuju geometriju uređaja osvjetljenja, standardni raspored svjetiljki i specifične primjere rasporeda svjetiljki.

5.1.1. Geometrija uređaja osvjetljenja

Geometrija uređaja osvjetljenja (*slika 12.*) odnosi se na geometrijsku relaciju kolnika, svjetiljki i rasvjetnih stupova te je definirana ovim parametrima:

- visina montaže svjetiljke
- razmak između svjetiljki
- širina kolnika
- prevjes svjetiljke
- istak svjetiljke
- nagib svjetiljke.



Slika 12. Geometrija uređaja osvjjetljenja

Visina montaže svjetiljke (H) je vertikalni razmak između optičkog središta svjetiljke i ravnine kolnika. Potrebna visina ovisi o širini kolnika te rasporedu svjetiljki i njihovih svjetlosnih snaga. Uobičajena visina za standardnu širinu kolnika i geometriju sustava osvjjetljenja iznosi od 7,5 do 10 metara. Za šire kolnike visina raste na 12 i više metara, dok se na velikim raskrižjima, petljama, parkiralištima i sl. visina montaže svjetiljki penje na 20 metara i više.

Razmak između svjetiljki (D) je horizontalni razmak dviju susjednih svjetiljki na istoj strani kolnika izmjeren po osi kolnika. Širina kolnika (\mathring{S}) je razmak između vanjskih rubova kolnika (rubnjaka).

Prevjes svjetiljke (\mathring{S}_1) je horizontalan razmak između vertikalne projekcije izvora svjetlosti i ruba kolnika na strani svjetiljke. Prevjes se izvodi ovisno o svjetlotehničkim karakteristikama svjetiljke i raspodjeli sjajnosti na kolniku. Kod podesivih optičkih sustava svjetiljke prevjes nije potreban, a ako se ipak svejedno izvodi, treba paziti da pješачke i biciklističke staze uz kolnik ne ostanu slabo osvjjetljene.

Istak svjetiljke (\check{S}_2) je horizontalni razmak između vertikalne projekcije izvora svjetlosti i vertikalne osi rasvjetnog stupa (ili ruba zida kod konzolnih svjetiljki). Istak svjetiljke ne smije biti veći od 1/4 visine montaže svjetiljke. Rasvjetni stupovi iz sigurnosnih razloga trebaju biti dovoljno udaljeni od ruba kolnika.

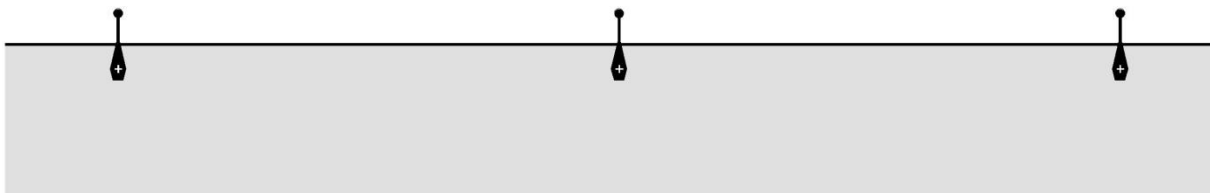
Nagib svjetiljke (δ) je kut ravnine otvora optičkog sustava svjetiljke i ravnine kolnika. Prilikom projektiranja svjetiljki treba paziti da nagib svjetiljke na krivinama, raskrižjima i cesta s nagibom ne prouzroči blještanje.

5.1.2. Standardni rasporedi svjetiljki

Bez obzira na način montaže svjetiljke, stupovi (kandelabri), zatege (čelične razupore) ili konzolno na zidu, sa svjetlotehničkog gledišta bitan parametar je samo položaj svjetiljke u odnosu na kolnik. Standardni rasporedi svjetiljki uključuju: jednostrani, osni, dvostrani izmjenični (cik-cak), središnji dvoredni i dvostrani nasuprotni raspored.

Jednostrani raspored

Jednostrani raspored svjetiljki (*slika 13.*) se najčešće koristi kod cesta sa širinom kolnika manjom od 10 m. Visina montaže svjetiljki treba biti jednaka ili veća od širine kolnika. Kod ovakvog rasporeda sjajnost kolnika je veća na strani na kojoj su svjetiljke, što se može poboljšati povećanjem prevjesa i nagiba svjetiljke ili upotrebom podesivog optičkog sustava.



Slika 13. Jednostrani raspored

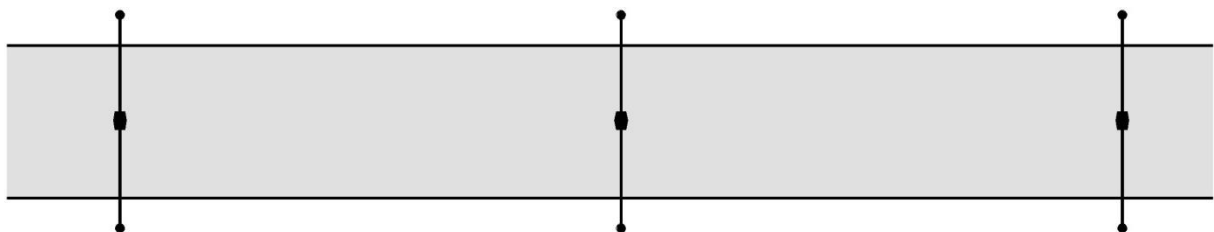
Uglavnom se upotrebljava kod:

- jednosmjernih cesta kada se preferira raspored s desne strane u odnosu na smjer vožnje
- dvosmjernih cesta s jednim kolnikom kada se svjetiljke raspoređuju na stranu s gušćim prometom
- krivina gdje su svjetiljke postavljene na vanjskom luku.

U slučaju da se s jedne strane kolnika nalaze zgrade, rasvjetne stupove je poželjno postaviti na strani suprotnoj od zgrada, osim kada se koriste niski stupovi do 6 m visine.

Osni raspored

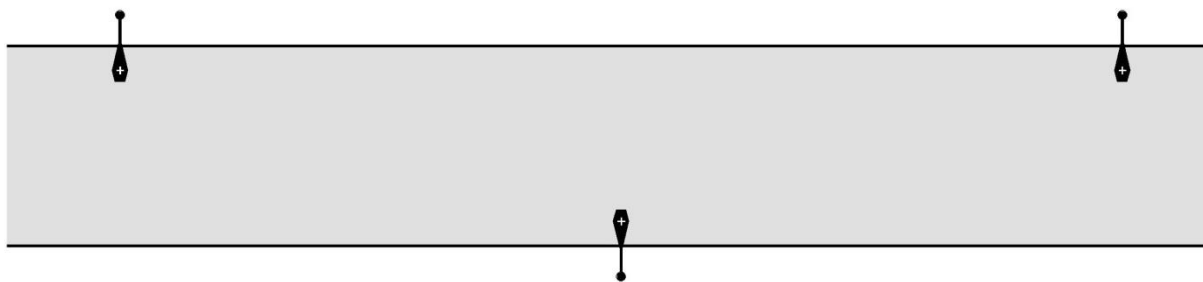
Osni raspored (*slika 14.*) se većinom koristi kod cesta s obostranim nizom zgrada. Kod ovakvog rasporeda visina montaže svjetiljki mora biti jednaka ili veća od širine kolnika. Zbog središnjeg položaja svjetiljki, bolja je raspodjela sjajnosti kolnika u odnosu na jednostrani raspored. Glavni nedostatak osnog rasporeda je njihanje svjetiljki uslijed vjetra, ako su montirane na zategama, što uzrokuje promjene sjajnosti i blještanje. Također, servisiranje sustava osvjjetljenja otežava promet.



Slika 14. Osni raspored

Dvostrani izmjenični raspored

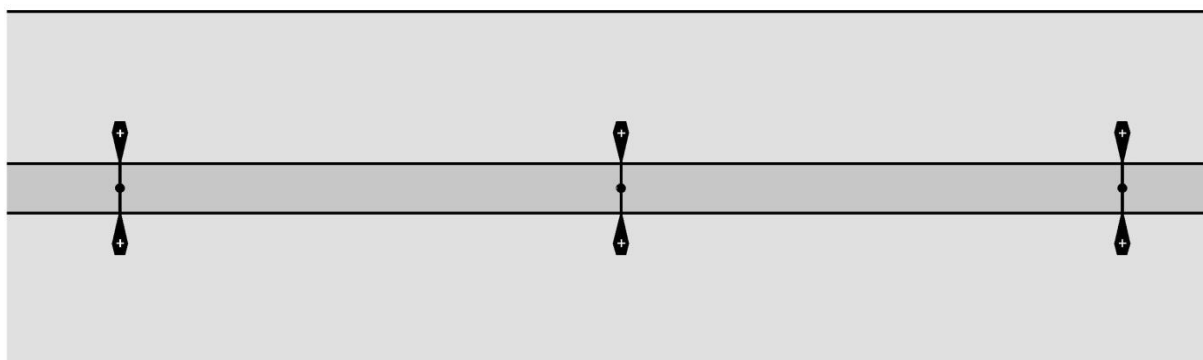
Dvostrani izmjenični (cik-cak) raspored (*slika 15.*) se primjenjuje kod kolnika širih od 10 metara. Svjetiljka mora biti montirana na visinu nižu od širine kolnika kako bi se zadovoljila zahtijevana ravnomjernost sjajnosti. Kada omjer širine kolnika i visine montaže svjetiljki prelazi 1,5 treba primijeniti dvostrani nasuprotni raspored.



Slika 15. Dvostrani izmjenični raspored

Središnji dvoredni raspored

Središnji dvoredni raspored (*slika 16.*) se upotrebljava kod odvojenih protusmjernih kolnika širine do 10 m sa središnjim nevoznim pojasom širine od 2 do 6 m. U osi tog nevoznog pojasa je postavljen niz dvokrakih rasvjetnih stupova. Raspodjela sjajnosti svakog od odvojenih kolnika je slična kao kod jednostranog rasporeda, osim što se u obzir kod proračuna treba uzeti da svjetiljke jednog kolnika osvjetljavaju i drugi kolnik.

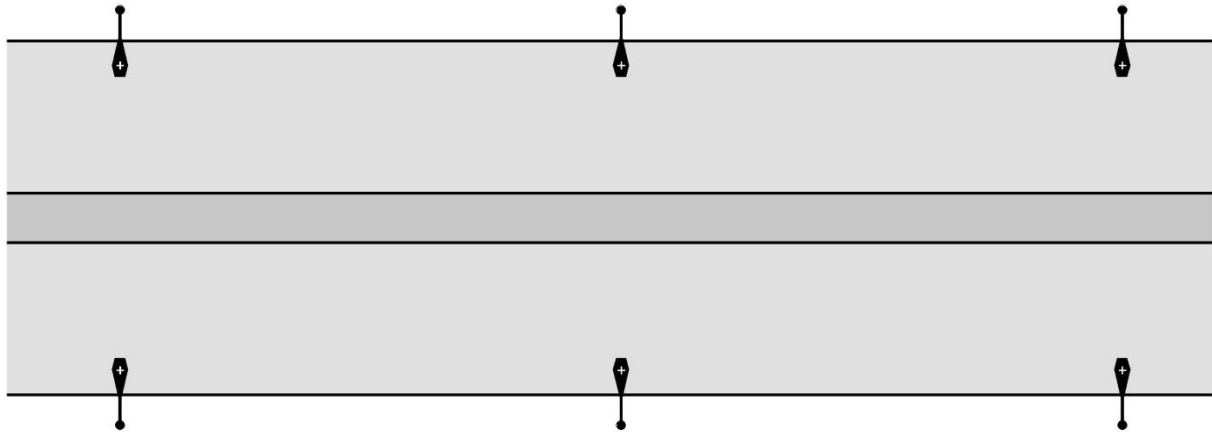


Slika 16. Središnji dvoredni raspored

U slučaju da je širina kolnika šira od 10 m, središnji raspored se nadopunjuje s nizom svjetiljki na vanjskim rubovima kolnika. Ti nizovi mogu biti postavljeni kao izmjenični ili nasuprotni, prema navedenim kriterijima koji vrijede za dvosmjerne kolnike. Ako je, uz uvjet da je širina dvaju kolnika veća od 10 m, i središnji nevozni pojas veći od 6 m, tada se na svaki od kolnika primijenjuje dvostrani izmjenični ili dvostrani nasuprotni raspored.

Dvostrani nasuprotni raspored

Dvostrani nasuprotni raspored (*slika 17.*) se koristi za ceste s dva odvojena protusmjerna kolnika kod kojih je ssredišnji nevozni pojas uži od 2 m. Prednost ovog rasporeda je u tome što su svjetiljke raspoređene s desne strane gledano u smjeru vožnje, odnosno veća je sjajnost desne vozne trake, što je s prometnog aspekta pogodnije rješenje. Održavanje svjetiljki kod ovakvog tipa rasporeda je lakše jer se radovi mogu vršiti izvan kolnika bez ometanja prometa.



Slika 17. Dvostrani nasuprotni raspored

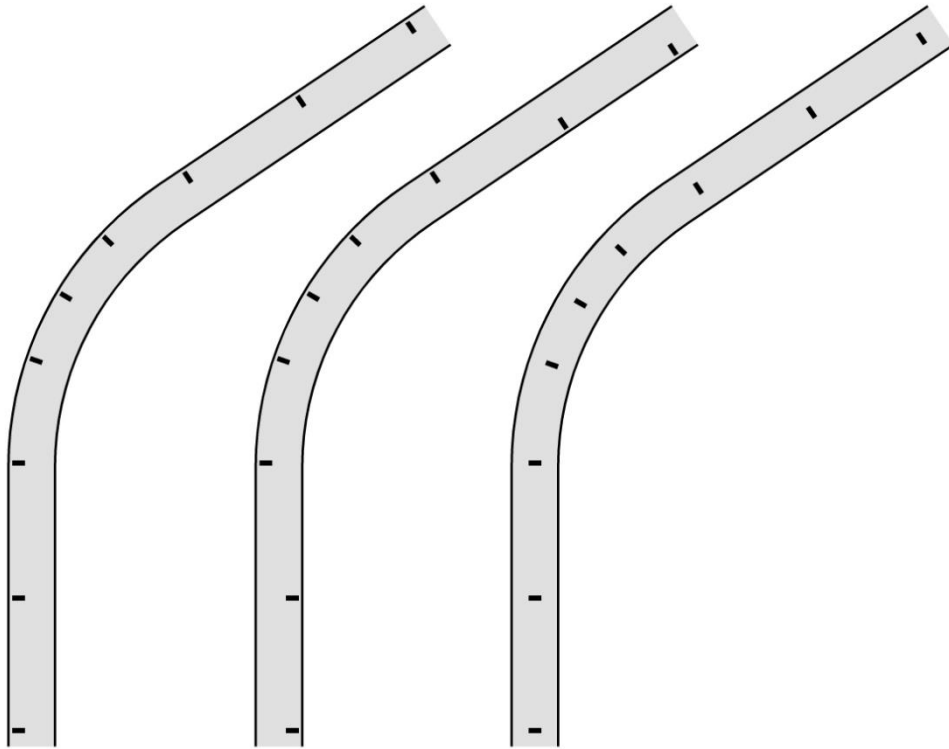
5.1.3. Posebni primjeri rasporeda svjetiljki

Poseban raspored svjetiljki je potreban kod sljedećih prometnih površina: zavoji, raskrižja, priključci, odvojeci, prometna čvorišta, petlje, mostovi i nadvožnjaci. Potrebno je da u noćnim satima vozač jasno raspozna tok prometnice (optičko vođenje), tj. da raspored svjetiljki prati tok kolnika. Osim usmjeravanja, osvjetljenje ima funkciju i upozoravanja vozača na opasna mjesta na cesti (raskrižja, pješački prijelazi, mostovi itd).

Zavoji

Optimalni raspored svjetiljki na zavojima (*slika 18.*), ako to širina kolnika dopušta, je jednostrani niz na vanjskom luku zavoja. Taj se raspored treba predvidjeti bez obzira na kojoj su strani svjetiljke na ravnom dijelu ceste. Kod osnog rasporeda svjetiljke ostaju u središnjem položaju. Izbjegavaju se dvostrani cik-cak rasporedi jer oni nepovoljno djeluju na optičko

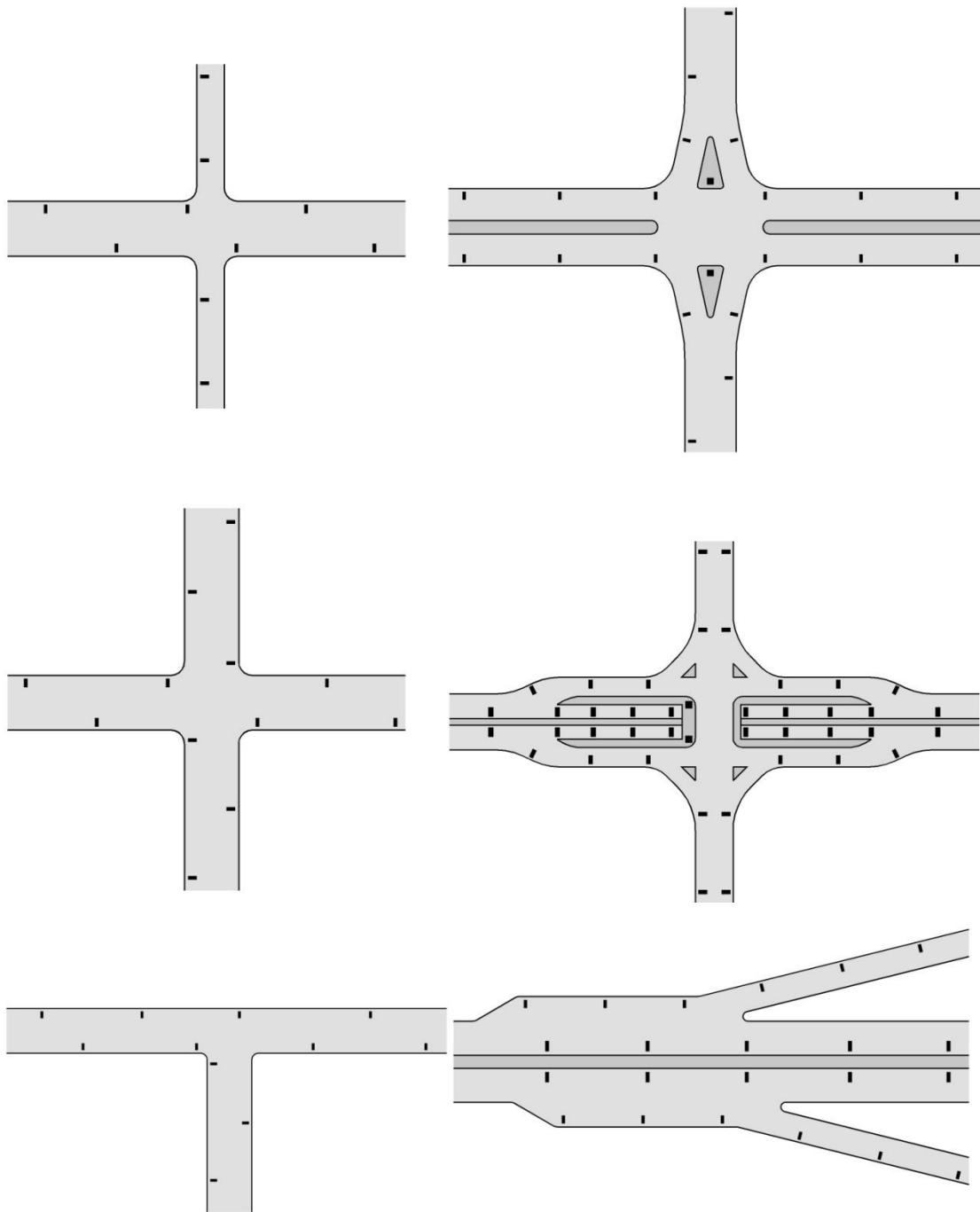
vođenje u zavojima. Na zavojima s radijusom manjim od 300 m potrebno je koristiti gušći raspored svjetiljki, tako da su razmaci manji 25 do 50% nego na ravnom dijelu.



Slika 18. Varijante rješenja rasporeda sovjeljenja na zavojima

Rakrižja, priključci i odvojeci

Kod ovih dijelova cesta je važno da ih vozač na vrijeme jasno opazi što se postiže posebnim pristupima osvjetljenju (*slika 19.*). Na tim dijelovima je poželjno da sjajnost kolnika bude gotovo dvostruka veća, što se postiže gušćim rasporedom svjetiljki ili jačim izvorima svjetlosti. Raspored i geometrija rasvjetnih uređaja priključnih cesta se treba razlikovati od glavne ceste, a poželjno je i da se razlika između cesta istakne promjenom boje izvora svjetlosti.

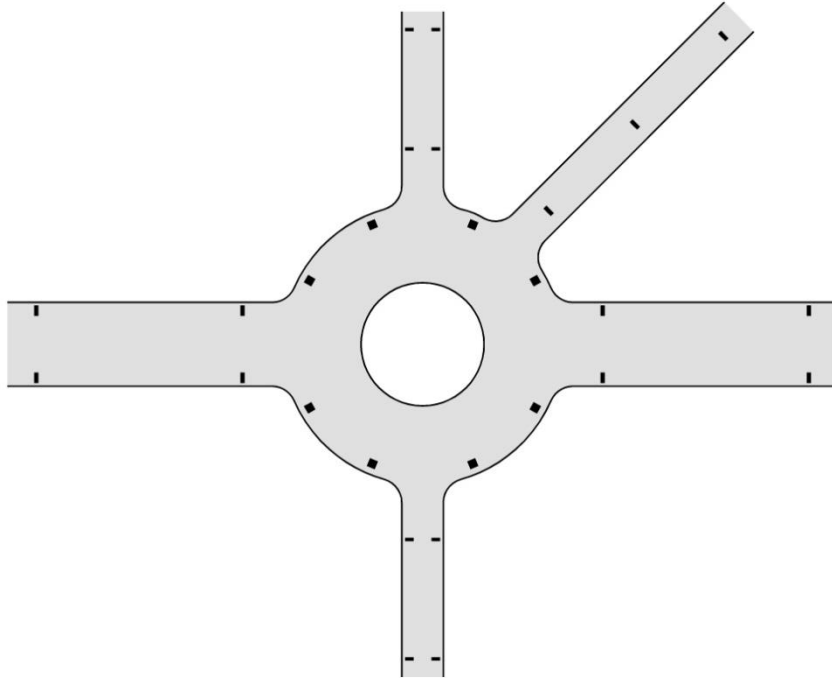


Slika 19. Rješenja osvijetljenja na raskrižjima i odvojcima

Prometna čvorišta i petlje

Prometna čvorišta (slika 20.) i petlje su sa svjetlotehničkog stajališta vrlo kompleksne prometne površine. Najvažnije je osigurati vozaču da se može brzo uključiti u ostali promet, a da pritom ne ugrožava druge sudionike u prometu. Zbog toga sjajnost čvorišta i petlji treba biti dvostruko veća od osvijetljenja priključnih cesta. Na glavnim prolaznim cestama

osvjetljenost treba ostati nepomijenjena da bi se jasno razaznao daljnji tok ceste, te se one mogu bojom svjetlosti razlikovati od priključnih.



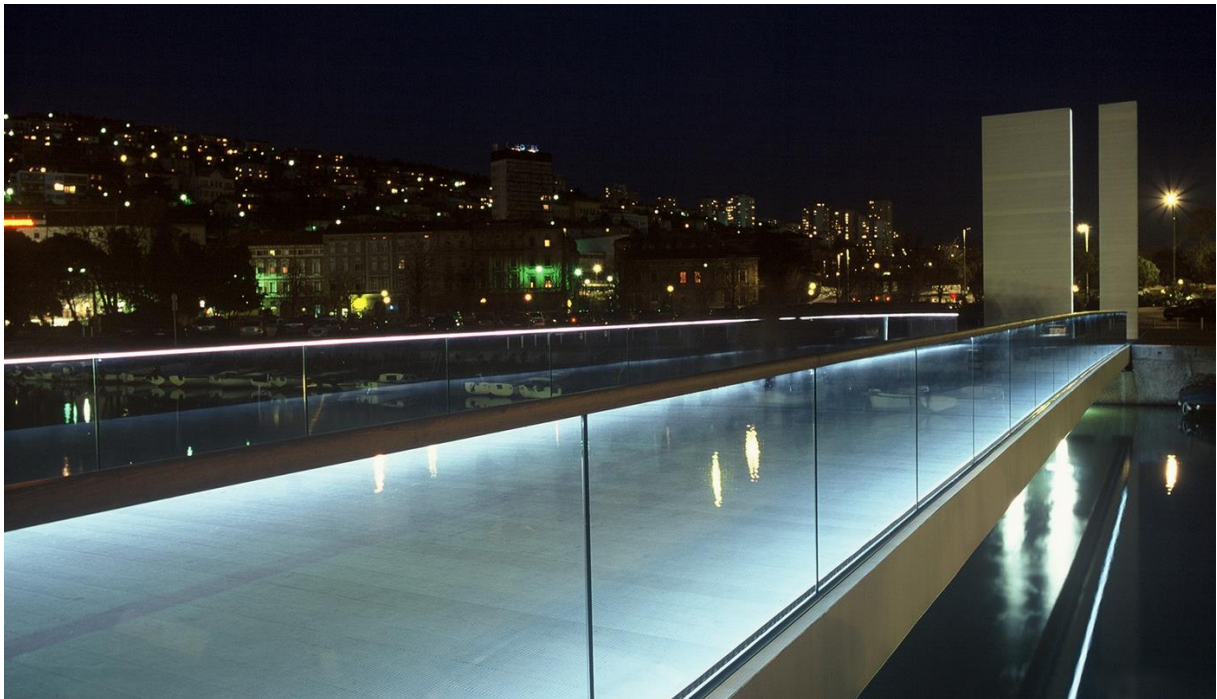
Slika 20. Primjer osvjetljenja prometnog čvorišta (kružni tok)

Zbog svjetlotehničkih, prometnih i ekonomskih razloga, kod čvorišta i petlji uobičajena je upotreba sustava s manjim brojem visokih rasvjetnih stupova (*slika 1.*). Osvjetljenje s većim brojem manjih stupova je nepovoljnije jer može nepovoljno utjecati na optičko vođenje, a kod petlji s više razina može uzrokovati blještanje.

Mostovi i nadvožnjaci

Osvjetljenje mostova i nadvožnjaka može biti izvedeno sa ili bez promjene u odnosu na pristupnu cestu. U slučaju da je kolnik na mostu istog profila kao na pristupnim cestama, raspored svjetiljki se ne mijenja. Ukoliko se profil mijenja (širi ili sužava), nivo sjajnosti kolnika na mostu ili nadvožnjaku se treba povećati te, ako je moguće, osvijetliti ga drugačijim rasporedom rasvjete. Na cijeloj dužini mosta je potrebno jasno osvijetliti rub kolnika i ograde, kao i naglasiti početak i kraj mosta ili nadvožnjaka.

Za osvjtljenje mostova i nadvožnjaka uobičajeno je koristiti dvostrani raspored svjetiljki na stupovima standardne visine, zatim sustav s manje visokih stupova, te posebne sustave integrirane u ogradama (*slika 21.*). Kod osvjtljenje nadvožnjaka ili mostova iznad plovni voda treba ograničiti blještanje zasjenjivanjem izvora svjetlosti koje bi ometalo cestovni i vodeni promet na nižoj razini.



Slika 21. Most Hrvatskih branitelja u Rijeci s rasvjetnim sustavom integriranim u ogradi

5.2. PARKIRALIŠTA

Parkirališta mogu biti smještena uz cestu i izvan ceste, a osvjtljenje za obe vrste treba omogućiti jasno razaznavanje rasporeda i granica parkirališnih mjesta, znakova i zapreka. Parkirališta uz cestu su sastavni dio ceste te su i osvjtljeni cestovnim osvjtljenjem pa obično za njih nije potrebno zasebno osvjtljenje. Ako je to iz nekih razloga potrebno (velika širina kolnika i sl.) dodatno osvjtljenje ne smije blještanjem ometati vozače na cesti.

Za parkirališta izvan ceste je predviđena razina osvijetljenosti između 10 i 20 luxa, a ravnomjernost osvijetljenosti veća od 0,33 (*tablica 4.*). Na blještanje treba obratiti pažnju ako se parkiralište nalazi uz brzu prometnicu gdje bi moglo ometati ili krivo navoditi vozače. Iz

prometnih razloga najbolji sustav za parkirališta izvan ceste je osvjetljenje na visokim stupovima koji se obično postavljaju na prometnim otocima ili rubovima parkirališta (*slika 22.*).



Slika 22. Osvjetljenje parkirališta

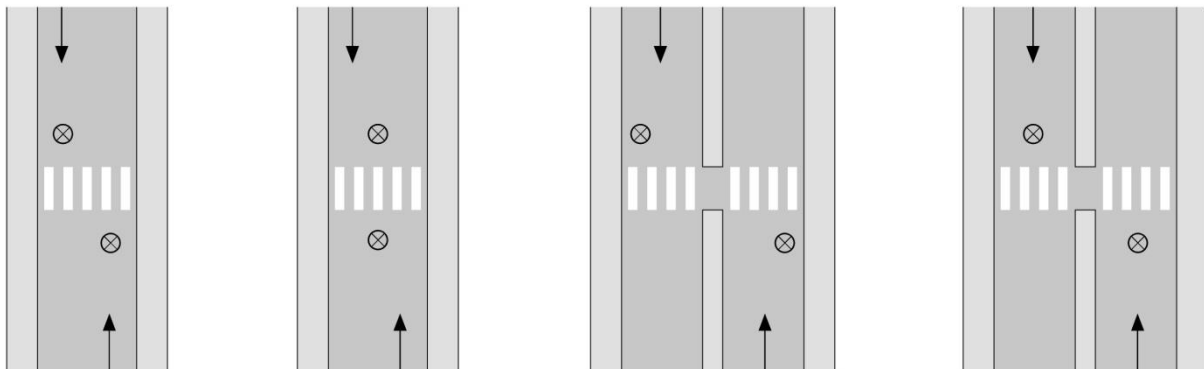
5.3. PJEŠAČKI PRIJELAZI

Pješački prijelaz je posebno označen dio kolnika na kojem je važno u noćnim satima ispuniti uvjete kojima će vozač brzo prepoznati pješake koji prelaze kolnik. Prepoznavanje pješaka na pješačkom prijelazu može se temeljiti na negativnom ili pozitivnom kontrastu.

Negativan kontrast (*slika 23.*) nastaje kad vozač vidi pješaka kao tamnu siluetu o udnosu na svijetli kolnik u pozadini. Da bi se ispunili uvjeti za negativan kontrast potrebno je da je srednja sjajnost kolnika u području 50 m ispred i iza prijelaza veća od 2 cd/m^2 , da je ispravna ravnomjernost sjajnosti i ograničenje blještanja (*tablica 4.*) i da zona minimalne sjajnosti nije na pješačkom prijelazu.



Slika 23. Primjer pješačkog prijelaza s osvjetljenjem na temelju negativnog kontrasta



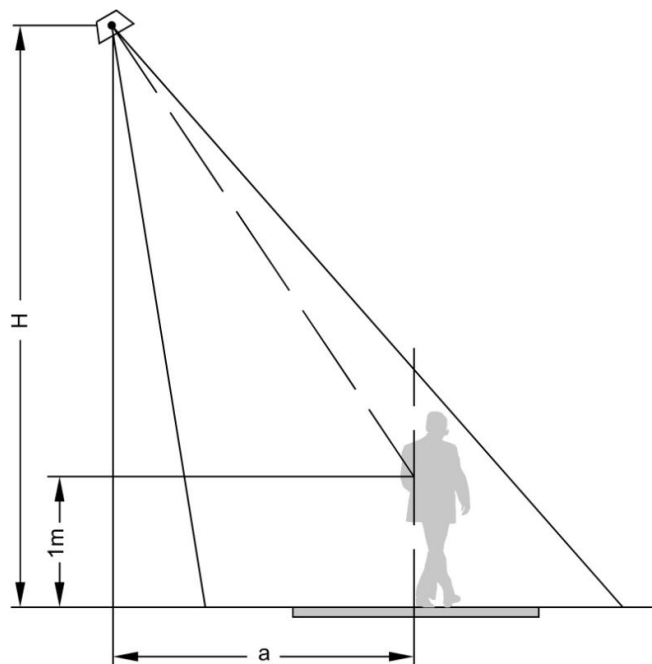
Slika 24. Tlocrtni položaj uređaja osvjetljenja kod pješačkih prijelaza

Pozitivan kontrast (slika 24.) se koristi kada nivo sjajnosti kolnika prije i poslije prijelaza je manji od 2 cd/m^2 . Temelji se na osvjetljavanju pješaka iz smjera vožnje tako da je njegova sjajnost veća od sjajnosti kolnika (svijetli objekt na tamnoj pozadini). Ti uvjeti će biti ispunjeni samo ako se za svaki smjer vožnje predvidi zasebno osvjetljenje, koje je postavljeno ispred pješačkog prijelaza (slika 25.). Osvjetljenost pješaka će biti optimalna kada je svjetiljka postavljena prema formuli:

$$a = 0,7 \cdot (H - 1)$$

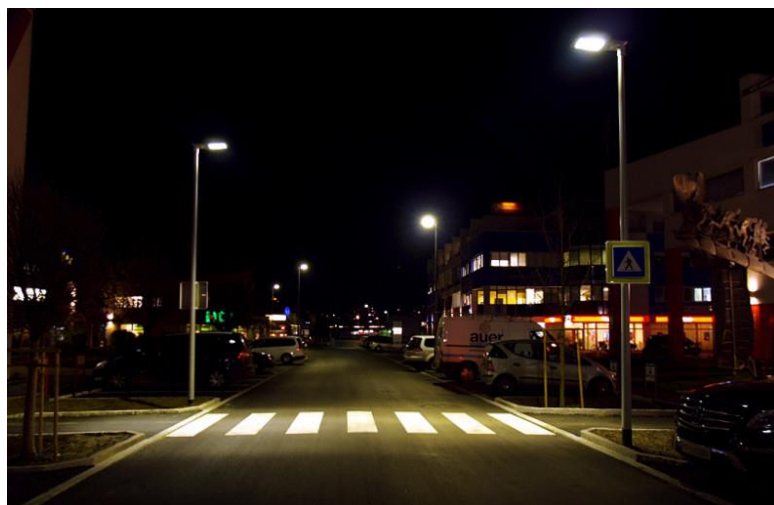
a – horizontalna udaljenost između pješaka i vertikalne projekcije svjetiljke

H – visina montaže svjetiljke



Slika 25. Mjere za izračun položaja uređaja osvjetljenja kod pješačkih prijelaza

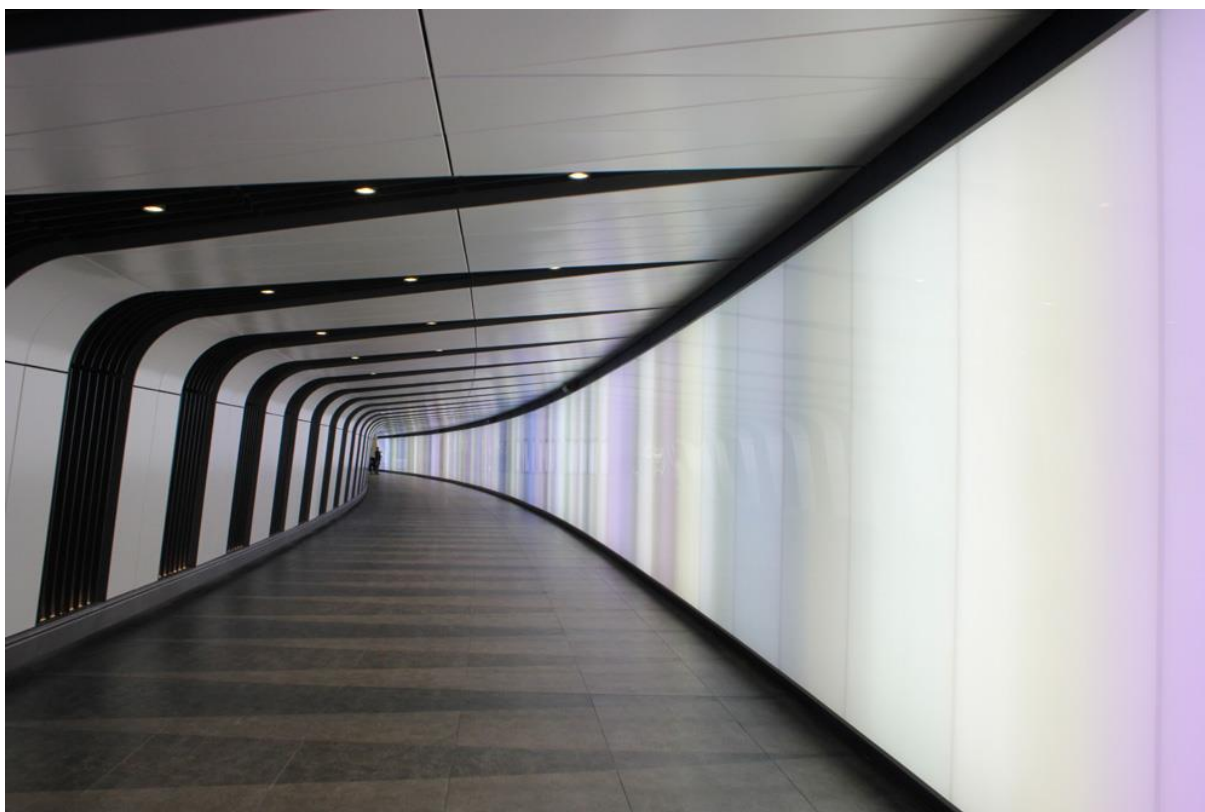
Dovoljan pozitivan kontrast je moguće postići samo kada je srednja vertikalna osvjetljenost (lx) u osi pješačkog prijelaza na visini od 1 m približno 50 puta veća od srednje sjajnosti kolnika (cd/m^2). Uz to srednja vertikalna osvjetljenost u osi ne bi smjela biti manja od 40 luxa, a ni na jednom mjestu na prijelazu (uključujući pristupna mjesta na pločnicima) manja od 10 luxa. Zato te svjetiljke trebaju biti opremljene posebnim optičkim sustavom koji će kvalitetno raspodijeliti osvjetljenost po cijelom prijelazu. Bolje prepoznavanje pješačkog prijelaza moguće je ostvariti drugom bojom svjetlosti.



Slika 26. Ispravno osvjetljenje pješačkog prijelaza na temelju pozitivnog kontrasta

5.4. PJEŠAČKI POTHODNICI

Rasvjeta u pješačkim pothodnicima (*slika 27.*) treba biti raspoređena tako da nema tamnih zona (iz sigurnosnih razloga) i da ne uzrokuje blještanje i sjene (posebno kod stepenica). Nivo osvjetljenosti ovisi o duljini i frekventnosti pothodnika i kreće se od 60 do 120 luxa.



Slika 27. Pješački pothodnik

5.5. PJEŠAČKE ZONE

Osvjetljenost velikih gradskih površina (*slike 1. i 7.*) u kojima je dozvoljeno samo kretanje pješaka ovisi o važnosti i lokaciji tih zona. Za nadzemne pješačke zone (ulice, trgovi) nivo osvjetljenosti ovisi o važnosti i sjajnosti okoline te o reprezentativnim zahtjevima. Geometriju i izgled svjetiljki određuju arhitektonsko-urbanistički zahtjevi i najčešće se koriste stupovi visine 3 do 5 m opremljeni raznim izvorima svjetlostima.

5.6. PJEŠAČKI PUTOVI

Pješački putevi, kako oni uz ceste, tako i oni zasebni unutar naselja i parkova (*slika 28.*) moraju omogućiti ispravnu orijentaciju i sigurnost pješaka. Nivo osvjetljenosti ovisi o sjajnosti okoline puta, a minimalna srednja horizontalna osvjetljenost površine puta u tamnoj okolini ne bi smjela biti ispod 1 luxa. Nivo osvjetljenja se treba povećati ovisno o frekventnosti i reprezentativnosti puta ili ako se nalazi u svijetlijoj okolini.



Slika 28. Osvjetljenje pješačke staze u parku

6. ZAKLJUČAK

Vanjsko javno osvjetljenje je važan dio komunalne infrastrukture. Kvalitetnim vanjskim osvjetljenjem se podiže kvaliteta života te je važno da je na tehnički ispravan i estetski ugodan način projektirana i izvedena. Osvjetljenje noću osigurava vidljivost i sigurnost te stvara ugodnu atmosferu. Danju je važno da rasvjetni sustavi čine jedinstvenu cjelinu s okolinom i doprinose stvaranju identiteta nekog ambijenta.

Prilikom projektiranja, odabira rasvjetnih uređaja i izvođenja vanjskog osvjetljenja potrebno je pratiti suvremene tehničke i dizajnerske trendove koji su u stalnom razvoju. To se posebno odnosi na aspekt ekologije i efikasnosti koji se u projektima javnog osvjetljenja nastoje ostvariti energetske štedljivijim sustavima rasvjete sa što manjim svjetlosnim zagađenjem.



Slika 29. Suvremena rješenja vanjskog osvjetljenja (LED rasvjeta, iskorištavanje obnovljivih izvora energije)

7. LITERATURA

- [1] http://www.regea.org/assets/files/1_publicacije/Svijetlotehnicki-prirucnik_Varcuj-Stedi.pdf ,pristupljeno 09.01.2018.
- [2] <http://www.telekra.hr/site/cestovna-rasvjeta/> ,pristupljeno 11.01.2018.
- [3] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_02_23_484.html ,pristupljeno 11.01.2018.
- [4] http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/javna_rasvjeta/ ,pristupljeno 18.01.2018.
- [5] <http://www.prometna-signalizacija.com/oprema-cest/cestovna-rasvjeta/> ,pristupljeno 20.01.2018.