

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

6. SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA I OPREMA

6.5. OSVETLJENJE PUTA

BEOGRAD, 2012.

Izdavač: Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd

Izdanja:

Br.	Datum	Opis dopuna i promena
1	30.04.2012	Početno izdanje

SADRŽAJ

6.5.1	UVODNI DEO	1
6.5.1.1	PREDMET POGLAVLJA	1
6.5.1.2	TERMINOLOGIJA	1
6.5.1.3	REFERENTNI NORMATIVI	2
6.5.2	OSNOVNI PRINCIPI PROJEKTOVANJA	2
6.5.2.1	OPŠTE	2
6.5.2.2	SVETLOTEHNIČKI KRITERIJI	3
6.5.2.3	VIDLJIVOST	3
6.5.2.4	VIDNI KOMFOR	3
6.5.2.5	REFLEKSNA SVOJSTVA KOLOVOZNIH POVRŠINA	3
6.5.2.6	POTREBNI PODACI ZA PROJEKTIRANJE	4
6.5.3	SVRSTANJE SAOBRAĆAJNIH POVRŠINA I ZAHTEVI ZA KVALITET RASVETE	4
6.5.3.1	OPŠTE	4
6.5.3.2	RELEVANTNA OBLAST ZA GRUPE POJEDINIH SVETLOTEHNIČKIH SITUACIJA	4
6.5.3.3	OPIS POSTUPKA ZA IZBOR SVETLOTEHNIČKE KLASE	4
6.5.4	SVETLOTEHNIČKE KLASE I ZAHTEVI KOJI SE ODOSE NA OSVETLJENJE	5
6.5.4.1	OPŠTE	5
6.5.4.2	PREGLED SVETLOTEHNIČKIH KLASA	5
6.5.4.3	PREGLED UPOREDIVIH SVETLOTEHNIČKIH KLASA	5
6.5.4.4	OGRANIČAVANJE BLESKA	5
6.5.4.5	IZGLED BOJE	6
6.5.4.6	PROMENLJIVI NIVOI SJAJNOSTI (OSVETLJENOSTI) I OSVETLJENJE NOĆU	6
6.5.4.7	OPTIČKO VOĐENJE	7
6.5.4.8	IZGLED UREĐAJA ZA OSVETLJENJE U TOKU DANA I NOĆI I UTICAJ NA OKOLINU	7
6.5.4.9	ZAHTEVI ZA RASVETU DVIJU SUSEDNIH OBLASTI	7
6.5.5	DODATNO OSVETLJENJE PEŠAČKOG PRELAZA	7
6.5.5.1	OPŠTE	7
6.5.5.2	PEŠAČKI PRELAZI U URBANIM PODRUČJIMA NA MANJE OPASNIM PUTEVIMA	8
6.5.5.3	PEŠAČKI PRELAZI NA GLAVNIM CESTAMA I OBLASTIMA VIŠOM GUSTINOM I BRZINOM SAOBRAĆAJA	8
6.5.6	PRORAČUN OSVETLJENJA PUTA	9
6.5.6.1	PREDMET POGLAVLJA	9
6.5.7	SMERNICE ZA REALIZACIJU PROJEKTA OSVETLJENJA	9
6.5.7.1	OPŠTE	9
6.5.7.2	JEDNOSTRANI RASPORED SVETILJKI	10
6.5.7.3	SREDIŠNJE RASPORED SVETILJKI IZNAD OSOVINE PUTA	10
6.5.7.4	DVOSTRANI NASPRAMNI RASPORED SVETILJKI	10
6.5.7.5	DVOSTRANI POMERENI RASPORED SVETILJKI	11
6.5.7.6	DVOSTRANO SREDIŠNJE NAMEŠTANJE SVETILJKI	11
6.5.7.7	PRELAZ SA OSVETLJENOG NA NEOSVETLJENI DEO PUTA	12
6.5.7.8	RASPODELA RASVETNIH TAČAKA U KRIVINAMA	12
6.5.7.9	RASKRSNICE I PRIKLJUČCI	13

6.5.1 UVODNI DEO

6.5.1.1 Predmet poglavlja

Poglavljje za osvetljenje puta opisuje upotrebu karakteristika rasvete puteva dogovorenim procedurama, specificira svetlosne razrede i daje usmerenje za upotrebu tih razreda. Takođe obuhvata sistem koji definiše spoljno saobraćajno područje sa parametrima koji su relevantni za osvetljenje.

Poglavljem nije određeno za koje puteve je potrebno osvetljenje. Potreba za osvetljenjem je u većini slučajeva navedena u regulatornom aktu i ostaloj dokumentaciji koja se odnosi na bezbednost saobraćaja.

Priručnik može delimično da se upotrebljava za opravdanje potrebe za osvetljenjem.

Poglavljje za osvetljenje puta ne primenjuje se za osvetljenje stanica za naplatu putarine i tunela.

6.5.1.2 Terminologija

Vrsta korisnika: Kategorija lica ili vozila u području saobraćaja.

Motorni saobraćaj (M): Pod motornim saobraćajem se podrazumeva saobraćaj vozilima na motorni pogon koja nisu obuhvaćena kategorijom sporih vozila.

Spora vozila (S): Spora vozila mogu biti vozila na motorni pogon, npr. traktori i poljoprivredne mašine, kao i vozila koje vuku životinje, čija brzina ne prelazi 40 km/h.

Biciklisti (C): Kategorija biciklista obuhvata bicikliste i motocikliste, čija brzina ne prelazi 50 km/h.

Pešaci (P): Ova kategorija obuhvaća pešake i invalide u invalidskim kolicima.

Karakteristična brzina glavne grupe učesnika u saobraćaju: Brzina grupe učesnika u saobraćaju, koja je definisana kao glavna grupa u određenom području. Ukoliko glavna grupa učesnika u saobraćaju predstavlja kombinaciju motornog saobraćaja ili jedne ili više drugih grupa, motorni saobraćaj se smatra glavnom grupom učesnika.

Relevantna oblast: Relevantna oblast predstavlja deo saobraćajnog područja na koje se primenjuju svetlotehnički zahtevi.

Rizično područje: predstavlja područje na kojem se ukrštaju trase vozila, susreću saobraćajni tokovi iz različitih pravca ili područje na kojem se prepliću različite vrste učesnika u saobraćaju.

Primeri rizičnih područja su: kružne raskrsnice, raskrsnice, suženja, prelazi sa dve kolovozne trake na jednu, pristupne tačke, pešački prelazi itd.

Raskrsnice izvan nivoa: Raskrsnice izvan nivoa obuhvataju ulaze i izlaze sa glavnog puta. Saobraćaj se u prosečnom pravcu vrši izvan nivoa glavnog puta.

Raskrsnica, u nivou: Područje na kojem se na istom nivou ukrštaju dva ili više puteva.

Složenost orijentacije: Napor koji vozač ulaže kako bi izabrao pravi put i prilagodio položaj vozila ostalim učesnicima u saobraćaju, s obzirom na stanje u saobraćaju i vizuelne podatke. Vizuelno usmerenje koje obezbeđuju elementi puta kao što je horizontalna signalizacija, itd. sačinjava deo takvih informacija.

Prosečni godišnji dnevni saobraćaj (ADT - PGDS): Prosečni godišnji dnevni saobraćaj predstavlja prosečan dnevni saobraćaj u oba pravca koji se iskazuje na osnovu broja vozila po danu.

Rizik od kriminala: Kriterij predstavlja rizik od kriminala na određenom području, u poređenju sa rizikom od kriminala u širem području.

Složenost vidnog polja: Ukoliko se u vidnom polju vozača pojavljuje mnogo vizuelnih informacija koje dovode do njihove pogrešne procene ili do prekida vizuelne percepcije, takvo stanje se naziva povećana složenost vidnog polja. Primeri prekida vizuelne percepcije su sjaj reklama, vanjsko osvetljenje objekata. Ovi elementi mogu da izazovu probleme sa blagovremenim uočavanjem saobraćajne signalizacije, promene kretanja puta, itd.

Sjajnost okruženja: Procenjen nivo sjajnosti okoline. Tamna okolina odgovara seoskim područjima. Srednje svetla okolina odgovara urbanim područjima. Svetla okolina odgovara urbanim područjima.

Osnovni i specifični parametri: Svetlotehničke zahteve za pojedinu kategoriju saobraćajnice zavise od saobraćajno-tehničkih kriterija, koje opisuju osnovni i specifični parametri.

Osnovni parametri predstavljaju osnovu za određivanje grupe svetlotehničkih situacija, dok se specifični parametri upotrebljavaju za određivanje svetlotehničkih zahteva za odgovarajuću saobraćajno tehničku situaciju.

Optičko vođenje: Optičke i geometrijske mere koje učesnicima u saobraćaju treba da omoguće prijem podataka o situaciji saobraćajnice. Pošto optičko vođenje temelji na dinamičkim uslovima vožnje taj se faktor upotrebljava kod saobraćajnica za motorni saobraćaj.

Prosečnost sjajnosti (na području puta, kolovoznoj traci): Aritmetička srednja vrednost sjajnosti na pojedinim tačkama područja procene.

Opšta ravnomernost sjajnosti (U_o): Opštu ravnomernost sjajnosti površine puta predstavlja odnos između minimalne sjajnosti u bilo kojoj tački područja procene i prosečne sjajnosti tog područja.

Podužna ravnomernost sjajnosti kolovozne trake: Podužna ravnomernost sjajnosti predstavlja odnos između minimalne i maksimalne vrednosti sjajnosti L_{min}/L_{max} na simetrali kolovozne trake.

Podužna ravnomernost sjajnosti kolovoza (U): Najmanja vrednost podužne ravnomernosti sjajnosti svih kolovoznih traka.

Relativni porast praga percepcije (T_l): Relativni porast praga predstavlja kriterij za smanjenu vidljivost koju prouzrokuje bleštanje svetiljki na putu. T_l se navodi u procentima i predstavlja minimalnu vrednost za koju treba da se poveća razina srednje vrednosti sjajnosti kolovoza, u cilju obezbeđenja jednake vidljivosti svih objekata, kao da bleštanje ne postoji.

T_l se izračunava kao najgori mogući scenario, tj. još čiste ili očišćene svetiljke i početni fluks svetlosti rasvetnih tela.

Koeficijent okruženja (SR): Srednja horizontalna osvetljenost traka spolja granica kolovoza u odnosu na srednju horizontalnu osvetljenost na trakama unutar granica kolovoza.

Prosečna osvetljenost područja puta (\bar{E}): Prosečna vrednost horizontalnog osvetljenja područja puta – u području procene.

Opšta ravnomernost (osvetljenja): Odnos između minimalne i prosečne vrednosti.

Održavana vrednost (sjajnosti, osvetljenja, polu-cilindričnog osvetljenja, vertikalnog osvetljenja): Minimalna još dozvoljena vrednost u toku eksploatacije objekta.

Polu-cilindrično osvetljenje (E_{sc}): Odnos između fluksa svetlosti koji pada na zakrivljenu površinu malog polu-cilindra i površinu polu-cilindra. Pravac vertikale na ravninu koja predstavlja zadnju stranu polu-cilindra je pravac orijentacije polucilindra.

Vertikalno osvetljenje (E_v): Osvetljenje na vertikalnoj površini.

Izrazi i definicije navedeni su u skladu sa izrazima, terminologijom i definicijama u dokumentima navedenim u tački 6.5.1.3.

6.5.1.3 Referentni normativi

Normativni dokumenti su Srpski standardi za osvetljenje saobraćajnih trasa, a delimično je u obzir uzeta dokumentacija Međunarodne komisije za osvetljenje (CIE).

Srpski standard za osvetljenje:

- SRPS N.A0.845, Osvetljenje, Termini i definicije.

Srpski standard (preuzeti evropski standard) za osvetljenje saobraćajnih trasa sastoji se od sledećih dokumenata:

- SRPS CEN/TR 13201-1, Osvetljenje puteva – Deo 1: Izbor klasa osvetljenja (tehnička preporuka);
- SRPS EN 13201-2, Osvetljenje puteva – Deo 2: Zahtevane karakteristike;
- SRPS EN 13201-3, Osvetljenje puteva – Deo 3: Proračun karakteristika.

6.5.2 OSNOVNI PRINCIPI PROJEKTOVANJA

6.5.2.1 Opšte

Osnovu za određivanje kvalitetnog i kvantitativnog nivoa vanjskog osvetljenja predstavljaju svetlotehnički zahtevi i zato oni odlučujuće utiču na način razmeštanja

svetlosnih tela, geometriju uređaja osvetljenja te izbor svetlosnih tela i izvora svetlosti.

6.5.2.2 Svetlotehnički kriteriji

Osnovni zadatak osvetljenja je da učesnicima u saobraćaju (vozačima i pešacima) pruža takve vidne uslove koji će u sumraku i tami omogućiti siguran i pravilan tok saobraćaja. Osnovni zadaci osvetljenja saobraćajnica su dobra vidljivost i dovoljan vidni komfor.

Vanjsko osvetljenje popravi noćni izgled neposrednog okruženja puteva i drugih površina koje se osvetljuju. Oba kriterija su važna kako za vozače tako i za pešake. Vidni uslovi, koje nameću zahtevi vožnje ipak su veći i celokupniji od vidnih uslova, koji vrede za pešake.

6.5.2.3 Vidljivost

Vidni uslovi vožnje treba da su vezani za dinamičku posmatranje celokupne saobraćajne situacije koja će omogućiti vozaču da pravovremeno i jasno uoči tok i granice puta, ukrštanja, priključke, odvojke, pešačke prelaze, opasna mesta i saobraćajnu signalizaciju. Posebno je važno, da vozač na vreme uoči i odredi oblik, veličinu, udaljenost, brzinu i pravac kretanja bilo kakve prepreke ili objekta (pešak, vozilo, predmet itd.) na putu.

Dobra vidljivost treba da je obezbeđena u noćnim časovima kada viđenje pada u područje mezopskog viđenja. Osnovni parametri od kojih zavisi dobra vidljivost su nivo sjajnosti, opšta ravnomernost sjajnosti i srednja sjajnost kolovoza. Taj parametar zavisi takođe od refleksivskih svojstava površinskog završnog sloja kolovoza.

Kod saobraćajnica za motorni saobraćaj treba osvetliti neposredno okruženje puta. Time se izbegne da se od jednom na putu pojavi prepreka. Nivo osvetljenja okoline definiše koeficijent okruženja.

Na dobru vidljivost utiče i fiziološko bleštanje. Treba ga svesti u granice prihvatljivog u celokupnom uređaju vanjskog osvetljenja. Kao kriterij fiziološkog bleštanja koristi se relativni porast praga (TI).

6.5.2.4 Vidni komfor

Vidni komfor daje povoljne uslove vožnje. Ovi su povoljni, ako vanjsko osvetljenje deluje tako da smanjuje psihički napon vozača u

saobraćaju, sprečava gubljenje koncentracije i prevremeni zamor vozača. Nivo sjajnosti je osnovni faktor kvalitete vanjskog osvetljenja i time vidnog komfora. Sjajnost je jedina svetlotehnička veličina koju oko čoveka neposredno zaznaje. Sjajnost je odlučujućeg značaja za svetlosni utisak o saobraćajnici.

Drugi faktor, koji značajno utiče na vidni komfor je poduzna ravnomernost sjajnosti, relevantna na simetrali vozne trake. Ona se kao svetlotehnički parametar primenjuje kod dugih neprekinutih deonica puta.

Kriterij za ograničenje psihološkog bleštanja izlazi iz vidnih uslova vozača (dinamičko posmatranje situacije) i odnosi se na osvetljenje saobraćajnica za motorni saobraćaj. Sistemi osvetljenja koji zadovoljavaju kriterijum ograničenja fiziološkog bleštanja, po pravilu zadovoljavaju i kriterijum psihološkog bleštanja.

Optičko vođenje treba da učesnicima u saobraćaju omogući tačnu predstavu o toku puta, brzo uočavanje nailaska krivina, i ostalih promena na trasi (priključci, odvojci, prelazi, ukrštanja, opasna mesta itd.). Optičko vođenje pre svega ovisi od pravilnog rasporeda svetlosnih tela. Treba uzeti u obzir:

- na putevima sa odvojenim kolnicima sa nevoznim razdvojnim pojasom, stubovi rasvete se postavljaju u osi razdvojnog pojasa;
- u krivini stubove treba postaviti duž spoljne ivice kolovoza;
- za usmeravanje saobraćaja na pojedinim delovima puta (priključci, odvojci), kod ukrštanja saobraćajnih tokova (raskrsnice, kružni tokovi, pešački prelazi itd.) preporučuje se primena izvora svetlosti različitih boja.

6.5.2.5 Refleksna svojstva kolovoznih površina

Površina kolovoza predstavlja površinski završni sloj kolovoznog pokrivača. Refleksna svojstva kolovoznih površina jako utiču na nivo i raspodelu na kolovoznim površinama. Faktori, koji karakterišu refleksna svojstva kolovoza su: površinski sloj, (material, izrada, zrnatost), ishabanost i stepen zagađenosti vozne površine, suvo ili mokro stanje i temperatura.

Površina kolovoza se može opisati preko kombinacija makro i mikro teksture:

- hrapava – gruba;
- hrapava – uglačana;

- glatka – gruba i
- glatka - uglačana.

Kolovozne površine u građevinskom smislu su obrađene u glavi 8. Konstruktivni elementi puta.

6.5.2.6 Potrebni podaci za projektovanje

Pre početka izrade projekta treba da se pre prikupi određene podatke od projektanta građevinskog dela i projektanta saobraćajnog dela:

- urbanistička situacija gde su vidljivi: trasa puta, njegova okolina, karakteristični detalji trase i okoline (ukrštanja, priključci, odvojeci, drvoredi, staze za pešake i bicikliste, granice parcela itd.);
- saobraćajna situacija;
- karakteristične profile puta i dimenzije;
- podatke o površinskom sloju puta;
- sadašnji i perspektivni značaj puta i priključaka;
- prosečni godišnji dnevni saobraćaj;
- učesnici u saobraćaju;
- karakteristična brzina glavne grupe učesnika u saobraćaju;
- podatke i specifične zahteve investitora i ostalih delatnosti koji utiču na izvedbu projektovanog uređaja osvetljenja izbor i lokacija svetlosnih tela, izbor stubova itd.).

6.5.3 SVRSTANJE SAOBRAĆAJNIH POVRŠINA I ZAHTEVI ZA KVALITET RASVETE

6.5.3.1 Opšte

Zahtevi za kvalitetu osvetljenja zavise od zadataka kod vožnje noću a kod površina za pešake da omogući njihovu ličnu bezbednost i bezbednost kretanja. Da se odredi kvalitet osvetljenja saobraćajne površine treba poznati bazne parametre: tipična brzina glavnih učesnika u saobraćaju, tipovi svih učesnika (M – motorni saobraćaj, C – biciklisti, P – pešaci, S – spora vozila) u tom saobraćaju i odgovarajuću svetlotehničku situaciju. Ovi parametri služe da se na njihovoj osnovi, s obzirom na bezbednost osoba i imanja odredi odgovarajuća situacija osvetljenja i svetlotehnička klasa.

Svetlotehnička klasa osvetljenja predstavlja skup zahteva koji se odnose na kvalitet osvetljenja, koje osvetljenje na određenoj lokaciji mora da ispunjava.

6.5.3.2 Relevantna oblast za grupe pojedinih svetlotehničkih situacija

Ako uz kolovoznu površinu ne postoje pešačke ili biciklističke staze, relevantnu oblast predstavlja kolovoz. Kolovoz može da ima i trake za zaustavljanje.

Relevantna oblast treba da se odredi i u slučaju postojanja geometrijskih mera za usporavanje saobraćaja i kod pešačkih prelaza.

Opis svetlotehničkih situacija i relevantnih oblasti obuhvaća SRPS CEN/TR 13201-1, tačka 5. Svaka od navedenih oblasti ima specifične zahteve s obzirom na kvalitet osvetljenja puta ili područja.

6.5.3.3 Opis postupka za izbor svetlotehničke klase

Svetlotehničku klasu može da se bira kad su skupljeni svi potrebni podaci za projektovanje (tačka 6.5.2.6) koji karakterišu saobraćajnicu.

Koraci za izbor svetlotehničke klase:

1. korak: Odrediti relevantnu oblast: SRPS CEN/TR 13201-1, tačka 5.3.

2. korak: Odrediti situaciju osvetljenja: SRPS CEN/TR 13201-1, tabela 1.

3. korak: Upotrebiti tabele za situacije osvetljenja: tabelu za preporučeni opseg svetlotehničkih klasa (SRPS CEN/TR 13201-1, Aneks A).

4. korak: Izabrati odgovarajuću grupu od tri svetlotehničke klase: tabela za preporučeni opseg svetlotehničkih klasa (SRPS CEN/TR 13201-1, Aneks A).

5. korak: uz pomoć tabele za izbor svetlotehničke klase iz preporučenog opsega izabrati svetlotehničku klasu (SRPS CEN/TR 13201-1, Aneks A).

6. korak: Izabrati zahteve za rasvetu koje odgovaraju svetlotehničkoj klasi (SRPS EN 13201-2, tabele 1 do 6).

7. korak: proceniti opšte preporuke (SRPS CEN/TR 13201-1, paragraf 6).

SRPS CEN/TR 13201-1 je uređen na način da korak po korak sledi postupku za izbor svetlotehničke klase tako da pristize do odgovarajućih svetlotehničkih preporuka.

Dokument u tački 4 podaje opis za izbor svetlotehničke klase.

6.5.4 SVETLOTEHNIČKE KLASSE I ZAHTEVI KOJI SE ODOSE NA OSVETLJENJE

6.5.4.1 Opšte

Predmet ovog poglavlja su zahtevi koji se odnose na kvalitet osvetljenja, a koje osvetljenje u određenom području mora da ispunjava.

Kriteriji za vrednovanje osvetljenja su različiti za pojedinu svetlotehničku klasu osvetljenja i odgovaraju specifičnim saobraćajnim uslovima. Opis svetlotehničkih klasa podat je u SRPS EN 13201-2.

6.5.4.2 Pregled svetlotehničkih klasa

Klase ME su predviđene za osvetljenje saobraćajnica gde su vidna rastojanja dovoljno velika za upotrebu koncepta sjajnosti. Ograničeno mogu se upotrebiti i za rasvjetu stambenih područja.

Klase MEW dopunjavaju klase ME i primenjuju se u klimatskim uslovima gde su putevi u glavnom mokri.

Klase CE su predviđene za osvetljenje konfliktnih oblasti gde su vidna rastojanja premala za primenu koncepta sjajnosti. Ove klase određuju se na osnovu horizontalnog osvetljenja. Ova klasa izabira se i za rizična područja, kod saobraćajnica u trgovskim centrima i ulica sa velikom gustinom pešaka. Za područja sa sporim saobraćajem može se izabrati svetlotehničku klasu nižu za jedan stepen.

Klase S i A se upotrebljavaju za osvetljenje područja sa sporim saobraćajnim tokovima tj. pešačke i biciklističke površine, zaustavne trake, ulice i puteve u stambenim područjima, parkirališta itd. Klasa S određuje se na osnovu horizontalnog osvetljenja a klase A na osnovu polusfernog osvetljenja. Ove klase vode poreklo iz Skandinavskih zemalja.

Klase ES predviđene su kao dodatne svetlotehničke klase, uključujući zahteve osvetljenja za područja sa većim zahtevima koji se odnose na prepoznavanje lica i objekata, kao i za područja na kojima postoji veliki rizik od kriminala. Nivo polu-cilindričnog osvetljenja se primenjuje kao kriterij.

Klase EV predstavljaju dodatnu grupu svetlotehničkih klasa u kojima su kombinovani zahtevi za područja sa većim zahtevima koji se odnose na uočavanje vertikalnih površina (stanice za naplatu putarine, rampe, itd.). Osnovni kriterij za procenu osvetljenja je nivo vertikalnog osvetljenja.

6.5.4.3 Pregled uporedivih svetlotehničkih klasa

Bez obzira na činjenicu da su pojedine grupe svetlotehničkih klasa predviđene za vrednovanje oblasti sa različitim saobraćajno tehničkim i bezbednosnim zahtevima, pojedine klase je moguće upoređivati s obzirom na kvalitet osvetljenja. Pregled klasa sa uporedivim zahtevima koji se odnose na osvetljenje podaje SRPS CEN/TR 13201-1, tačka 6.3.

U slučaju da na relevantnom području postoji viši nivo rizika od kriminala (potreba za prepoznavanjem lica) ili potreba za određivanjem vertikalnih površina kvalitet osvetljenja je potrebno proveriti sa obzirom na dodatne kriterije, uzimajući u obzir vertikalno ili polu-cilindrično osvetljenje. U tim slučajevima, svetlotehničke klase EV i ES se upotrebljavaju kao dodatne grupe ka osnovnim svetlotehničkim klasama CE i S.

6.5.4.4 Ograničavanje bleska

Za svetlotehničke klase ME zahtevi koji se odnose na ograničavanje bleska dati su u obliku maksimalnog dozvoljenog TI (relativni porast praga).

Za svetlotehničke klase CE, osnovnu smernicu za ograničavanje bleska predstavlja vrednost TI, vrednost TI treba da se izračuna za sve moguće položaje posmatrača.

U slučaju da TI nije moguće izračunati ili ga je teško izračunati zbog konfiguracije tačaka osvetljenja, ograničavanje bleska treba postići upotrebom svetiljki sa graničnim vrednostima jačine svetlosti u C-sistemu ravni za navedene uglove vektora jačine svetlosti u odnosu na vertikalnu ne sme da prelazi vrednosti navedene u tabeli Aneksa A SRPS EN 13201-2 gde su podani zahtevi za ograničenje bleštanja i nametljive svetlosti.

Za grupe svetlotehničkih klasa P (saobraćajne površine predviđene za pešake i bicikliste), primenjuje se klasifikacija predstavljena u tabeli A 2 Aneksa A SRPS

EN 13201-2 (klase D), u cilju određivanja psihološkog (neprijatnog) bleska.

orijentaciju vozača i pešaka (na primer: naglašavanje vizuelnog vođenja, prepoznavanje saobraćajnih znakova);

6.5.4.5 Izgled boje

Pored ostalih svetlotehničkih parametra na izgled boje predmeta, objekata ili lica utiče i boja izvora svetlosti uređaja za osvetljenje. Izgled boje treba uzeti u obzir u svakoj tehničkoj situaciji osvetljenja, i može da odgovara jednoj od sledećih kategorija:

- A) Nema posebnih zahteva koji se odnose na izgled boje;
- B) Uređaji za osvetljenje treba da omoguće nivo izgleda boje koji omogućava

C) Uređaji za osvetljenje treba da omoguće nivo izgleda boje koji omogućava prepoznavanje lica ili objekata (primer: prepoznavanje parkiranih vozila, prepoznavanje lica u područjima sa povećanim rizikom od kriminala).

Tabela 6.5.1 podaje zahteve u vezi sa izgledom boje za pojedina relevantna područja i u odnosu na vizuelne zadatke, koji se mogu javiti tokom noćne vožnje.

Tabela br. 6.5.1: Zahtevi koji se odnose na izgled boje

Uslov	Kategorija potrebnog izgleda boje
Relevantno područje je rizično	B¹
Primenjene mere za usporavanje saobraćaja	
Složeniji vizuelni zadaci (orijentacija)	
Mirujući saobraćaj (parkirana vozila)	C¹
Potrebno prepoznavanje lica	
Povećan rizik od kriminala	

¹Napomena: U cilju postizanja potrebnog nivoa izgleda boje, u određenim slučajevima treba izabrati tehničku klasu osvetljenja koja je za jedan nivo viša od najniže potrebne tehničke klase osvetljenja.

6.5.4.6 Promenljivi nivoi sjajnosti (osvetljenosti) i osvetljenje noću

Osvetljenje saobraćajnice se projektuje za najnepovoljnije uslove. Zahtevi za osvetljenje, mora da su ispunjeni uvek kada relevantni parametri traže određen nivo osvetljenja. U slučajevima kada se, npr., gustina saobraćaja ili sjajnost okruženja, kao relevantni parametri, menjaju u toku noći, a izmenjene vrednosti odgovaraju različitim tehničkim klasama osvetljenja, preporučuje se da se nivo osvetljenja prilagodi izmenjenim uslovima u toku noći.

U praksi, izmenjeni uslovi u većini slučajeva podrazumevaju smanjenu gustinu saobraćaja u kasnim noćnim satima, što znači da je prikladna svetlotehnička klasa osvetljenja sa nižim nivoom sjajnosti (osvetljenosti). Potrebno je zadržati projektovane vrednosti ravnomernosti sjajnosti (osvetljenosti).

Ukoliko saobraćajno tehnički uslovi dozvoljavaju klasu sa nižim nivoom sjajnosti moguće je primeiti različite uređaje za regulaciju svetlosnog fluksa izvora svetlosti.

Smanjenje isključenjem svake druge svetiljke nije dozvoljeno jer se tako smanjuje odnos uzdužne ujednačenosti sjajnosti ispod dozvoljenog nivoa.

Za smanjenje fluksa svetlosti moguće je primeniti sledeća rešenja:

- upotreba svetiljki sa po dva izvora, od kojih se jedan isključuje u periodu smanjenja fluksa svetlosti;
- upotreba dvostepenih prigušnica;
- upotreba uređaja sa centralnom regulacijom fluksa svetlosti i
- upotreba uređaja za pojedinačnu kontinuiranu regulaciju fluksa svetlosti pojedinog izvora svetlosti.

6.5.4.7 Optičko vođenje

Pored zahteva za optičko vođenje podatih u tački 6.5.2.4 treba u vezi sa svetlotehničkim klasama naglasiti sledeće. Optičko vođenje je u većini slučajeva obezbeđeno na osnovu odgovarajućeg rasporeda svetiljki. Na put koji inače nije osvetljen u određenim slučajevima preporučuje se da se postavi sijalično mesto ili nekoliko svetlosnih mesta u cilju obezbeđenja optičkog vođenja. Takvi primeri su odvojci na glavnim putevima sa većim brzinama vožnje, odvojci i priključci na oblastima sa čestim pojavom magle, itd.

Ukoliko je optičko vođenje izvedeno jednom svetiljkom ili malim brojem svetiljki, osvetljenje treba da odgovara svetlotehničkoj klasi osvetljenja ES7 ili A6. U obzir treba da se uze zahteve koji se odnose na ograničenje bleska.

6.5.4.8 Izgled uređaja za osvetljenje u toku dana i noći i uticaj na okolinu

Uređaji za osvetljenje imaju značajan uticaj na izgled puta, u toku dana kao i u toku noći. Prilikom izbora i projektovanja uređaja za osvetljenje treba da se u obzir uzmu faktori koje podaje SRPS EN 13201-2.

U poslednje vreme je zagađenje svetlošću veoma značajan problem. Osnovno pravilo je svetlost mora da se usmeri tamo gde je potrebna. Činjenica je da svetlost koja se reflektuje od osvetljene površine puta takođe doprinosi stvaranju tzv. sjaju neba. Međutim veći deo svetlosti koja zagađuje okolinu potiče od nezasićenih svetiljki (npr. svetiljke s oblikom kugle koje zrače u sve pravce).

Ograničenje neposrednog zračenja u nebo i time sjaja neba moguće je postići izborom zasićenih svetiljki (SRPS EN 13201-2, dodatak A) kojima se smanjuje i bleštanje kao i nametljiva svetlost..

Problem zagađenja svetlošću izraženiji je u područjima sa velikim stepenom zagađenja gde se svetlost reflektuje od zagađenih čestica vazduha.

6.5.4.9 Zahtevi za rasvjetu dviju susednjih oblasti

Preporučuje se da svetlotehnički zahtevi koji se odnose na osvetljenje dva susedna područja nisu udaljeni više od dve uporedive svetlotehničke klase. Ovo pravilo je izuzetno značajno za puteve kod kojih se sa paralelnim područjima, koja su susedna područja, npr. kolovozi, biciklističke staze, staze za pešake, postupa odvojeno.

6.5.5 DODATNO OSVETLJENJE PEŠAČKOG PRELAZA

6.5.5.1 Opšte

Osvetljenje pešačkih prelaza vrlo kratko opisuje SRPS EN 13201-2 u aneksu B. U tom slučaju se primenjuju savremena tehnička rešenja osvetljavanja pešačkih prelaza.

Zahtevi koji se odnose na osvetljenje pešačkog prelaza primenjuju se na prelazima van područja raskrsnica. Same raskrsnice su rizična područja, a pešački prelazi u području raskrsnice su predmet zahteva svetlotehničkih klasa CE. Pešački prelazi su opasna mesta, sa aspekta saobraćajne bezbednosti. U toku noći, osvetljenje puta treba da obezbedi vizuelne uslove, koji omogućavaju bezbednu vožnju dozvoljenom brzinom na određenoj deonici puta. Ukoliko osvetljenje puta nije dovoljno za obezbeđenje vizuelnih uslova za mogućnost percepcije pešaka na prelazima, navedene prelaze je potrebno dodatno osvetliti, tako da su pešaci osvetljeni iz pravca vožnje i da ima veću sjajnost od sjajnosti kolnika. Dobije se **pozitivan kontrast** pešaka s obzirom na okruženje / deonicu puta posle pešačkog prelaza.

Dodatno osvetljenje obezbeđuje vizuelne uslove za sledeće:

- percepciju;
- prepoznavanje;
- reakcije vozača usmerenih vidom.

Funkcija dodatnog osvetljenja pešačkih prelaza mora da obrati pažnju na mesto prelaza. Na prelaz se upozorava:

- drugačijom bojom svetlosti na mestu prelaza;
- višim nivoom osvetljenja kolovoza na mestu prelaza.

Na mestu prelaza mogu da su u kombinaciji sa osvetljenjem namešteni svetlosni uređaji za opozorenje. Ovi uređaji nisu predmet ove smernice.

Zahtevi koji se odnose na osvetljenje pešačkih prelaza se razlikuju s obzirom na

lokaciju prelaza, brzinu odvijanja saobraćaja i ostale potencijalne opasnosti.

6.5.5.2 Pešački prelazi u urbanim područjima na manje opasnim putevima

Za prelaze koji se nalaze u područjima sa manje opasnim putevima i ulicama (stambena područja u gradovima, industrijska područja) primenjuju se zahtevi navedeni u Tabeli 6.5.2.

Tabela br. 6.5.2: Zahtevi koji se odnose na osvetljenje pešačkih prelaza u gradskim područjima

	Prosečno E_h	Minimalno E_h	Minimalno E_{SC}
Trgovačka i industrijska područja	30 lx	15 lx	15 lx
Stambena područja	20 lx	6 lx	10 lx

E_h ... Horizontalno osvetljenje

E_{SC} ... Polu-cilindrično osvetljenje

Najmanja tražena vrednost polucilindričnog osvetljenja (E_{SC}) mora da se postigne na visini od 0,5 m do 1,5 m iznad razine kolovoza.

Prosečna horizontalna osvetljenost ne sme da bude niža od 1,5 puta prosečne horizontalne osvetljenosti kolovoza prije i posle pešačkog prelaza. Viši nivoi osvetljenja od 50 lx su potrebni u mešovitim saobraćajnim situacijama (npr. oblast škole, obdaništa itd.).

6.5.5.3 Pešački prelazi na glavnim cestama i oblastima višom gustinom i brzinom saobraćaja

U cilju postizanja dovoljnog pozitivnog kontrasta, u području vrednovanja treba obezbediti minimalnu srednju vrednost osvetljenja, koja iznosi 40 lx 1 m iznad kolovoza, s tim da vrednost osvetljenja ne sme ni u jednoj tački područja procene biti ispod 5 lx.

Kod puteva na kojima se odvija saobraćaj u oba pravca, potrebnu vrednost srednjeg vertikalnog osvetljenja za svaki pravac vožnje moguće je postići samo upotrebom dve svetiljke, koje se postavljaju ispred prelaza, posmatrano iz pojedinog pravca vožnje (prikaz – Prilog 1). Vertikalna osvetljenost će biti na pešacima optimalna samo tada, kada je svetiljka postavljena, da je horizontalno rastojanje (a) između vertikalne osi kroz

svetiljku i osi simetrale pešačkog prelaza iznosi:

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

pri čemu je h visina montaže svetiljke.

Ako se za dodatno osvetljenje pešačkog prelaza upotrebe svetiljke prilagođene za te svrhe, onda treba da se postupa prema uputama za nameštanje proizvođača.

Dodatno osvetljenje pešačkih prelaza nije potrebno, ukoliko je na delu puta na kojem se nalazi prelaz, postavljeno osvetljenje puta obezbeđuje sledeće vrednosti 50 m pre i posle prelaza:

- održavani srednji nivo sjajnosti kolovoza je 2 cd/m²;
- podužna ravnomernost sjajnosti je 0,7;
- opšta ravnomernost sjajnosti je 0,4;
- ograničenje bleska: TI u području prelaza treba da iznosi do 10% ili je potrebno koristiti zasenjene svetiljke (svetiljke koje odgovaraju klasama bleska između G3 i G6).

Područje vrednovanja

Kriterij za procenu dodatnog osvetljenja pešačkih prelaza na putevima sa velikom gustinom saobraćaja predstavlja vrednost vertikalnog osvetljenja za pojedine pravce vožnje.

U cilju postizanja jedinstvene metodologije proračuna i merenja na području pešačkog

prelaza, potrebno je odrediti područje vrednovanja. Prikaz područja vrednovanja predstavljen je u Prilogu 1. Područje vrednovanja treba da bude ograničeno sa dve paralele koje su poprečne na smer vožnje (početak i kraj prelaza), dok su područja vrednovanja uzdužno ograničena paralelama, čiji je razmak jednak širini kolovoza i širini područja za čekanje.

Širine mogućih parkirališta i biciklističkih staza ne treba uzeti u obzir, s obzirom na područje vrednovanja.

Tačke vrednovanja treba da budu na simetrali kolovoza, posmatrano poprečno na pravac vožnje. Početna tačka treba da bude u sredini kolovoza, a naredne tačke na simetrali prelaza u razmaku od 1 m, u pravcu prema ivici kolovoza.

S gledišta dobrog optičkog vođenja treba da se boja svetlosti svetiljke na pešačkom prelazu razlikuje od boje svetlosti uređaja za osvetljenje puta.

Osvetljenje pre i posle pešačkog prelaza

Ukoliko je srednja vrednost sjajnosti kolovoza pre i posle pešačkog prelaza manja od $0,3 \text{ cd/m}^2$, treba postaviti 100 m pre i 100 m posle prelaza osvetljenje puta, koje obezbeđuje minimalnu prosečnu vrednost sjajnosti kolovoza od $0,3 \text{ cd/m}^2$ sa opštom ravnomernošću sjajnosti $U_0 \geq 0,3$.

Dodatno osvetljenje pešačkih prelaza treba da je aktivirano za vreme čitavog mračnog razdoblja. Period mraka smatra se kao period u kojem je prosečna vrednost vertikalnog osvetljenja, koje nastaje kao rezultat dnevne svetlosti u području pešačkog prelaza, manja od 40 lx.

Kriteriji za uključivanje i isključivanje dodatnog osvetljenja pešačkog prelaza može da se razlikuje od kriterija za uključivanje i isključivanje opšte rasvete puta, te se preporučuje da se uključivanje i isključivanje dodatnog osvetljenja izvodi pomoću samostalnih preciznih setova foto ćelija. Primenom u praksi je utvrđeno da su najbolje foto ćelije one čija je sonda postavljena posebno na vrh rasvetnog stuba, smanjujući tako negativne uticaje okoline na minimum.

6.5.6 PRORAČUN OSVETLJENJA PUTA

6.5.6.1 Predmet poglavlja

U ovom poglavlju su opisani matematički postupci i pravila za proračunavanja u vezi sa osvetljenjem puta. Cilj usklađivanja postupaka je obezbeđenje uporedivosti proračuna za koje postoje različiti izvori ulaznih podataka.

Proračun karakteristika osvetljenja puteva u potpunosti opisuje SRPS EN 13201-3.

6.5.7 SMERNICE ZA REALIZACIJU PROJEKTA OSVETLJENJA

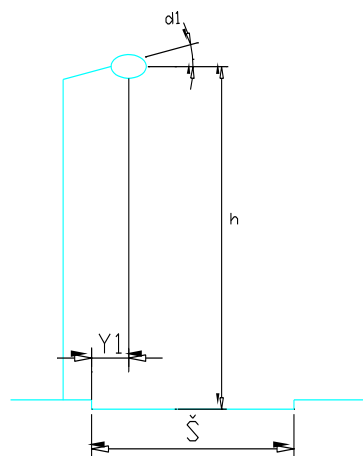
6.5.7.1 Opšte

Zahteve za geometriju uređaja za osvetljenje određuju:

- situacija puta;
- svetlotehnički zahtevi;
- karakteristike saobraćaja;
- okolina (zgrade, pejzažno uređenje itd.).

Osnovni podaci koji se odnose na geometriju rasvetnih uređaja su sledeći:

- a) visina instalacije svetiljke h ;
- b) rastojanje između stubova d ;
- c) širina puta \check{s} ;
- d) previs svetiljke $Y1$;
- e) nagib svetiljke $\delta 1$.



Slika 6.5.1: Prikaz geometrije rasvetnog uređaja

Postoji više sistema nameštanja rasvetnih tela uz put. Najčešće rasporede prikazuju slike br. 6.5.2 do 6.5.6.

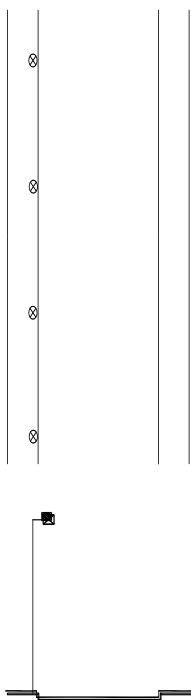
6.5.7.2 Jednostrani raspored svetiljki

U praksi se najčešće javljaju jednostrani raspored svetiljki. Kod ove vrste rasporeda sjajnost na strani puta koja je udaljenija od svetlosnih tela je obično niža nego na strani puta koja je bliža svetiljkama.

Na takvoj saobraćajnici je potrebno obezbediti dobru opštu ravnomernost sjajnosti saobraćajnice i osvetljenja područja uz put (koeficijent osvetljenja okoline, pešačke i biciklističke staze itd.), preporučuje se da visina instalacija svetiljke bude približno jednaka efektivnoj širini puta. Druga je mogućnost da se poveća previs svetiljke.

Kod jednostranih nameštanja svetiljki, se uslovi osvetljenja (L_{sr} , U_o , U_l i T_l) razlikuju za različite položaje posmatrača. Na primer, na putevima sa dve saobraćajne trake vrednosti se razlikuju za položaj posmatrača na jednoj ili na drugoj kolovoznoj traci.

Jednostrani raspored svetiljki obezbeđuje dobro optičko vođenje.



Slika 6.5.2: Jednostrani raspored svetiljki

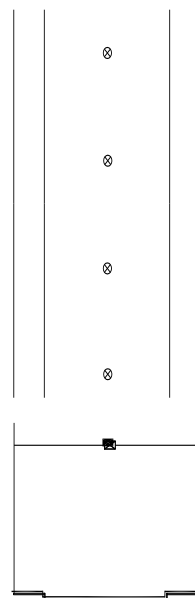
6.5.7.3 Središnje raspored svetiljki iznad osovine puta

Središnji raspored svetiljki iznad osovine puta je prikladan za gradska područja gde je svetiljke moguće pričvrstiti na čeličnu užad između zgrada duž puteva.

Visina instalacije svetiljki treba da bude približno jednaka širini puta.

Takvim rasporedom svetiljki se postiže veoma dobru opštu ravnomernost sjajnosti, dobro optičko vođenje, dok lošu stranu predstavlja moguće ljuljanje svetiljki na jakom vetru i složeno održavanje rasvetnih uređaja, jer vozilo za održavanje ometa saobraćaj.

Središnji raspored u nekim slučajevima predstavlja dobro rešenje za puteve i ulice duž kojih je zasađeno drveće.

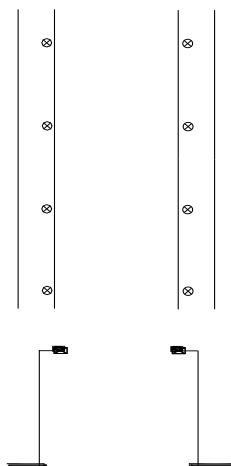


Slika 6.5.3: Središnji raspored svetiljki iznad osovine puta

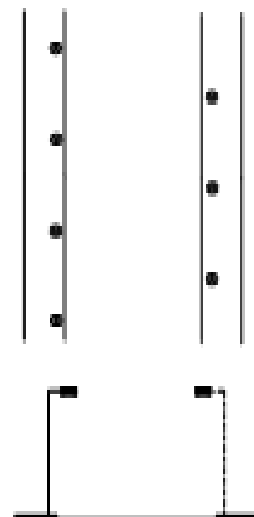
6.5.7.4 Dvostrani naspramni raspored svetiljki

Dvostrani naspramni raspored preporučuje se za puteve veće širine. Odnos između visine nameštanja svetiljke i širine puta treba da bude manji od 1.

S obzirom na optičke karakteristike svetiljke, preporučeni odnos između visine nameštanja svetiljke i efikasne širine puta (h/\bar{s}) treba da bude između $2/3$ i $2/5$.



Slika 6.5.4: Dvostrani naspramni raspored svetiljki



Slika 6.5.5: Dvostrane izmeštene instalacije svetiljki

6.5.7.5 Dvostrani pomereni raspored svetiljki

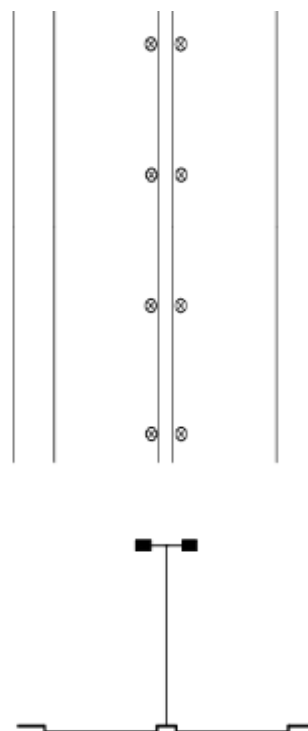
Dvostrani pomereni raspored svetiljki se primenjuje u slučajevima kada odnos između širine puta i visine rasvetnih tačaka ($\frac{\text{š}}{\text{h}}$) iznosi između 1 i 2,5.

Loša strana takvog rasporeda je loša podužna ravnomernost sjajnosti na putu, usled pomeranja svetlosnih tačaka. Uopšte se preporučuje dvostrana naspramna nameštanja svetiljki ili jednostrane instalacije sa višim stubovima.

6.5.7.6 Dvostrano središnje nameštanje svetiljki

Ova Nameštanja imaju prednosti uglavnom na širokim putevima sa razdelnim zelenim pojasom. Na taj način može da se postigne dobra dobra ravnomernost sjajnosti i dobro optičko vođenje.

Po dve svetiljke se nameštaju na jedan dvokraki stub. Na taj način jednostavnije može da se realizira električna instalacija. U cilju obezbeđenja dobre ravnomernosti sjajnosti na putu, visina instalacije treba da prelazi širinu puta.



Slika 6.5.6: Dvostrane središnje nameštanje svetiljki

6.5.7.7 Prelaz sa osvetljenog na neosvetljeni deo puta

Kod prelaza sa osvetljenog na neosvetljeni deo puta u toku noći, i kod većih brzina kretanja, situacija može biti jednaka vožnji kroz tunel u toku dana. Stoga je potrebno omogućiti postepeni prelaz sa osvetljenog područja u mrak, ukoliko je brzina vožnje veća od 50 km/h i ukoliko postoji uslov da nivo sjajnosti na osvetljenom delu puta iznosi ili bude veći od 1 cd/m^2 .

Prelaz može biti postepen primenom rasvetnih tela sa manjim svetlosnim fluksom, a u alternativnim slučajevima osvetljenje je moguće realizovati na delu puta koji u suprotnom ne bi bio osvetljen, čime se obezbeđuje oko 1/3 osvetljenja normalno osvetljenog dela. Potrebna dužina prelaznog područja zavisi od dozvoljene brzine vožnje. Pregled preporučenih udaljenosti predstavljen je u tabeli 6.5.3.

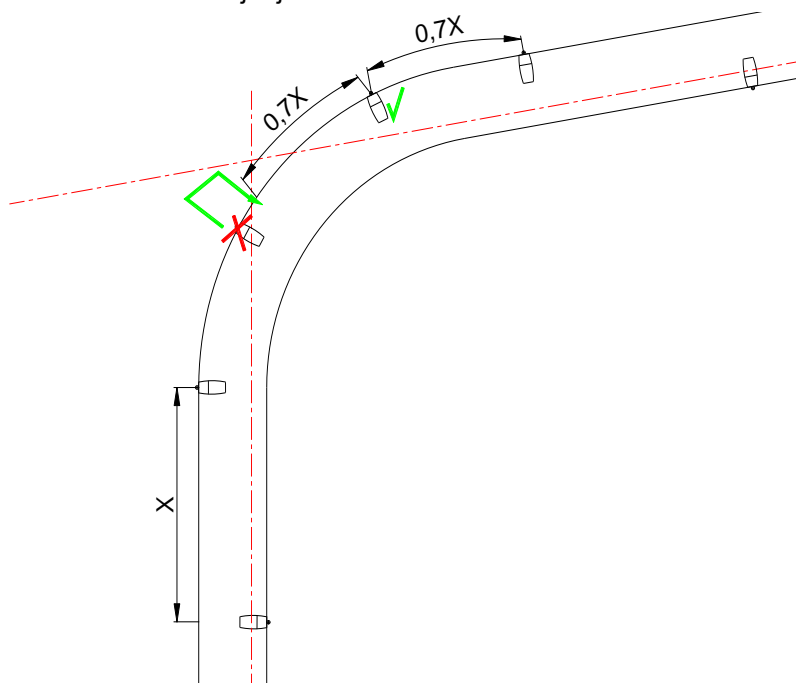
Tabela br. 6.5.3: Potrebna dužina prelaznog osvetljenja s obzirom na dozvoljenu brzinu vožnje

Brzina (km/h)	Potrebna dužina prelaznog osvetljenja (m)
50	80
60	110
70	140
80	170
90 i više	200

6.5.7.8 Raspodela rasvetnih tačaka u krivinama

Sa krivinama čiji je radijus veći od 500 m postupamo jednako kao sa ravnim deonicama puta. Dok je kod krivina sa manjim radijusom potrebno smanjiti udaljenost između tačaka osvetljenja.

S obzirom na tehnički aspekt osvetljenja bolje je da svetiljke budu postavljene sa spoljne strane krivine, jer se na taj način postiže veći nivo sjajnosti (uglavnom za vreme oborina).



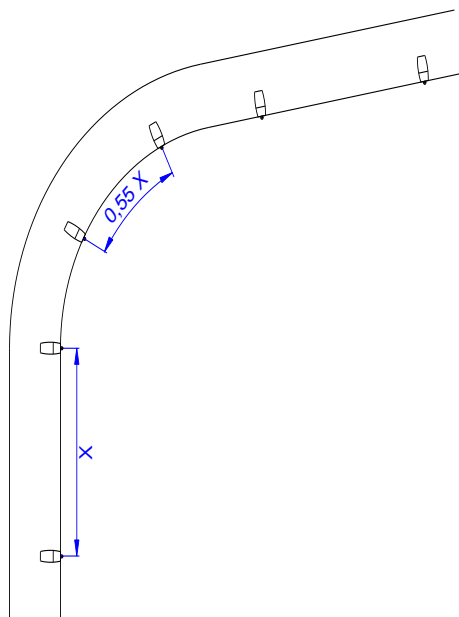
Crtež 6.5.7: Postavljanje svetiljki u serpentinama – svetiljke sa spoljne strane krivine

Međutim, svetiljke i stubovi osvetljenja, koji se nalaze sa spoljne strane krivine mogu, u slučaju saobraćajne nesreće, prouzrokovati ozbiljne povrede. Zato se u takvom slučaju stubovi rasvete štite zaštitnom ogradom. Zaštitne ograde su obrađene u glavi 6.3 Oprema za bezbednost saobraćaja.

Stoga je bolje da se na crnim tačkama rasvetni stubovi postavljaju sa unutrašnje strane krivina, uprkos lošijim tehničkim

karakteristikama osvetljenja i lošijem vizuelnom vođenju. Preporučene udaljenosti između rasvetnih tačaka u slučaju serpentine, za oba načina postavljanja rasvetnih stubova, predstavljene su na crtežima 6.5.7 i 6.5.8.

Tamo gde se svetiljke postavljaju sa spoljne strane krivine raspored rasvetnih tela mora da izbegne pogrešnu predstavu o toku saobraćaja.



Crtež 6.5.8: Postavljanje svetiljki u serpentinama – svetiljke sa unutrašnje strane krivine

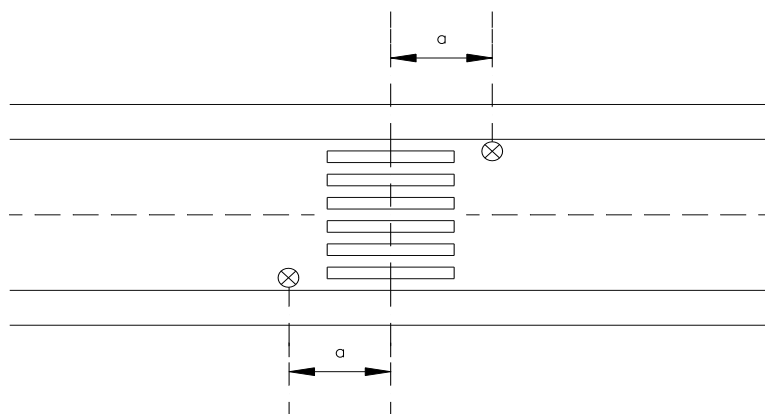
6.5.7.9 Raskrsnice i priključci

Raskrsnice, priključci i područja suženja predstavljaju rizična područja na kojima su pored zahteva koji se odnose na viši nivo osvetljenja takođe veoma značajni zahtevi koji se odnose na optičko vođenje.

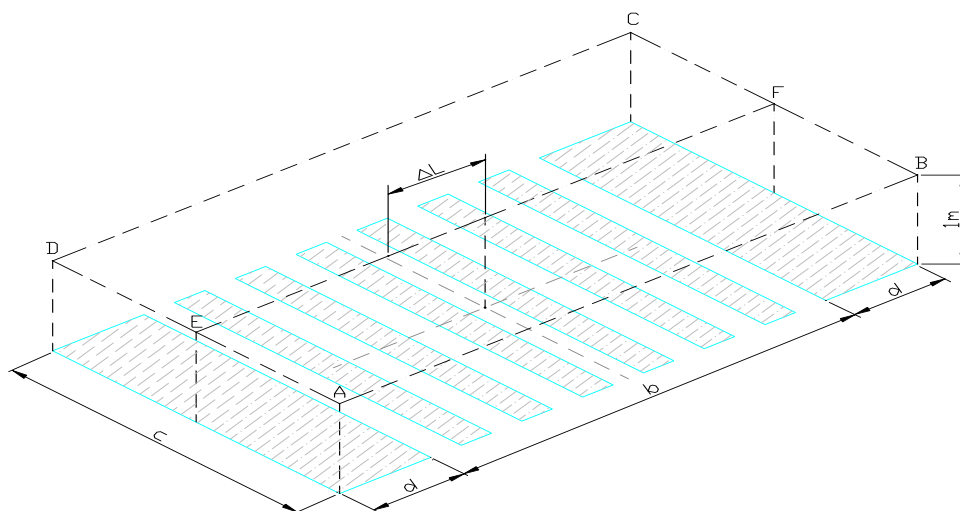
Primeri raspodele rasvetnih tačaka za određene konfiguracije raskrsnica i priključaka prikazani su u Prilogu 2.

Preporučuje se da se uređaj osvetljenja postavi na celokupnom području raskrsnica i priključaka. Ukoliko postavljanje osvetljenja na čitavom području nije predviđeno, potrebno je obezbediti delimično osvetljenje kritičnih tačaka u područjima u kojima su učestale magle i u područjima sa većim zahtevima u vezi sa orijentacijom.

PRILOG BR. 1



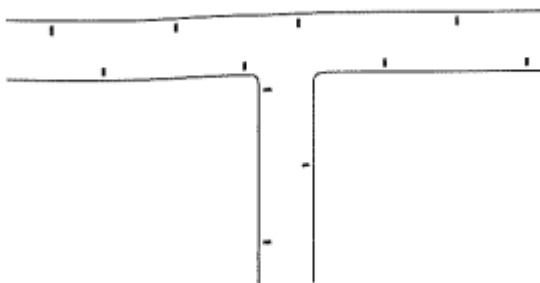
Slika 6.5.9: Postavljanje svetiljki na pešačke prelaze



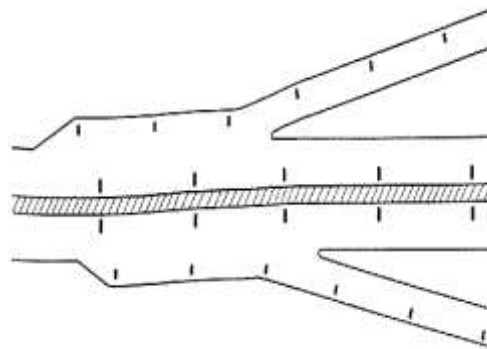
Slika 6.5.10: Prikaz područja procene na pešačkom prelazu

PRILOG BR. 2

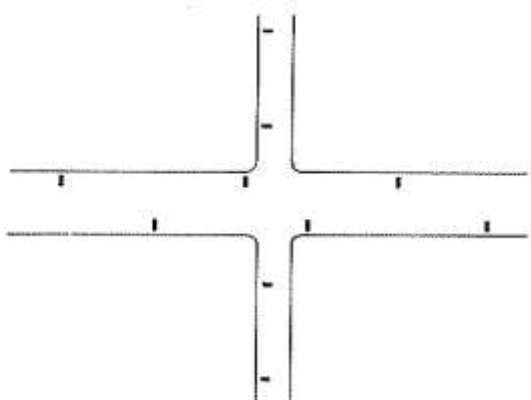
Primeri rasporeda svetiljki uz put i rasvetu raskrsnica i priključaka.



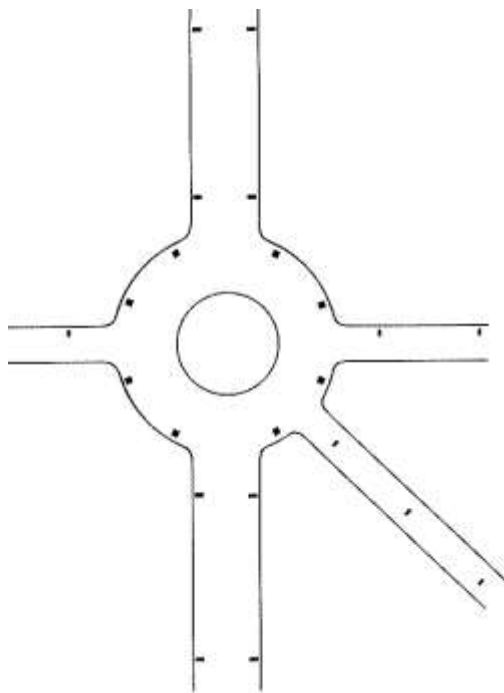
Slika 6.5.11: »T« raskrsnica



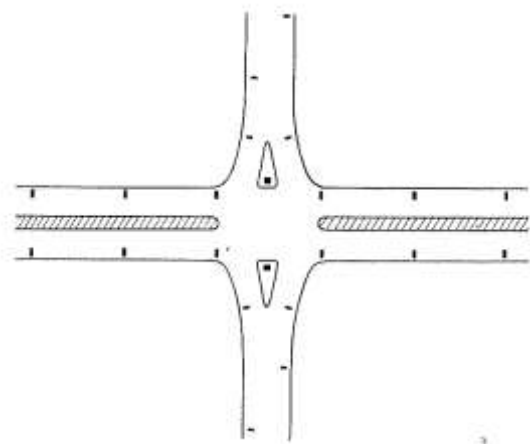
Slika 6.5.14: priključci (ulazi i izlazi)



Slika 6.5.12: raskrnica između glavnog i stranskog puta



Slika 6.5.15: saobraćajno čvorište



Slika 6.5.13: raskrnica između glavnog i stranskog puta (varianta)