

KAKOVOSTNA CESTNA RAZSVETLJAVA

doc. dr. Grega Bizjak, univ. dipl. inž. el.

Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo, Tržaška 25, Ljubljana
e-mail: grega.bizjak@fe.uni-lj.si

Povzetek

Danes vedno več ljudi čuti potrebo po večji varnosti na cestah in ulicah. Cestna razsvetljava znatno prispeva k večji varnosti, tako prometni kot tudi kriminalni, še posebno če je ustrezno in kakovostno izvedena. Dobra razsvetljava zadovoljuje več kakovostnih meril: prispeva k večji varnosti, je svetlobno-tehnično ustrezna in omogoča ustrezno delovanje našega vida, je ekonomična in okolju prijazna. Kakovostna cestna razsvetljava torej izboljšuje tudi kakovost našega življenja.

1. UVOD

V današnjem času vedno bolj potrebujemo občutek varnosti. Svetloba, oziroma razsvetljava pomaga ustvarjati varnost in to še posebej velja za cestno razsvetljavo. Ustrezna in kakovostna cestna razsvetljava pomeni večjo varnost v prometu in manj kriminala na ulici v nočnem času.

Nekaj dejstev iz nemškega statističnega urada za leto 1997 za podkrepitev gornje trditve:

- Čeprav je v nočnih urah malo prometa (25%), je v tem času 45% vseh smrtnih žrtev v prometu in 35% vseh hujših poškodb.
- Dobra razsvetljava zmanjša število nesreč v povprečju za 30%.
- S povečano osvetljenostjo se zmanjša število kriminalnih dejanj.
- Električna moč, potrebna za obratovanje cestne razsvetljave, znaša 13 W na prebivalca, letna poraba energije za cestno razsvetljavo pa 50 kWh na prebivalca.
- Cestna razsvetljava stane vsakega prebivalca 10 EUR na leto, od tega gre 35% za potrebno električno energijo.

Čeprav navedena dejstva veljajo za Nemčijo, razmere pri nas niso dosti drugačne. Dejstvo je, da kakovostna cestna razsvetljava ni velik porabnik energije, zato pa bistveno lahko zmanjša število nesreč in kriminalnih dejanj na cestah in ulicah.

2. KAKOVOST CESTNE RAZSVETLJAVE

Ko želimo definirati kakovost cestne razsvetljave, ugotovimo da ima le-ta več plati:

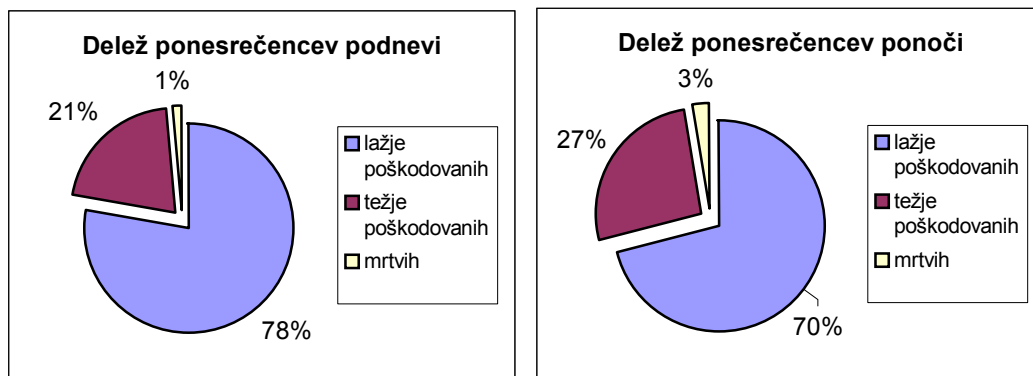
- kakovost življenja: cestna razsvetljava je izključno namenjena izboljšanju kakovosti življenja;
- svetlobno tehnična kakovost: seveda je potrebno kakovost cestne razsvetljave opredeliti tudi z svetlobno-tehničnega vidika, jo torej narediti merljivo in primerljivo;
- finančna kakovost: ker je cestna razsvetljava najprej investicija, nato pa potrebuje še vzdrževanje in električno energijo, je potrebno opredeliti tudi finančno plat cestne razsvetljave;
- ekološka kakovost: cestna razsvetljava ima tudi določen negativen vpliv na okolje, ki ga je potrebno čim bolj zmanjšati.

Tako kot tudi na drugih področjih, se gornje kakovosti med seboj po eni strani dopolnjujejo, po drugi strani pa izključujejo. Zato je potrebno med njimi najti ustrezen kompromis, tako da bodo skupni učinki cestne razsvetljave za celotno družbo čim bolj pozitivni.

2.1. Kakovost življenja

Prometne nesreče so v nočnem času bolj pogoste in težje.

V nočnem času je prometa manj kot podnevi. Po številu prevoženih kilometrov, je promet v nočnem času zastopan s približno 25%, v dnevnem pa s 75%. Kljub temu pa je število smrtnih žrtev prometa v nočnem času skoraj 50%, torej praktično enako kot v dnevnem času. Nekoliko manjše je število težje poškodovanih v nočnem času (35%), vendar pa tudi ta številka odstopa v negativno smer. Seveda niso vse nesreče odvisne samo od vizualnih dejavnikov. Nanje vplivajo tudi drugi faktorji, kot so utrujenost, alkohol, manjša izkušnost voznikov, vremenski pogoji in podobno. Drži pa tudi, da se v temi naše vidne sposobnosti poslabšajo. Zmanjša se ostrina vida, težje ocenimo razdaljo, slabše razločimo barve in bolj smo občutljivi na bleščanje.



Slika 1: Delež mrtvih in težje poškodovanih v nesrečah v dnevnem in nočnem času

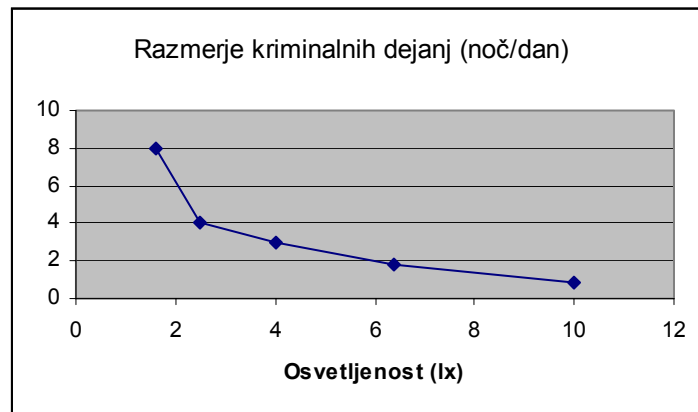
Več svetlobe pomeni manj nesreč.

Z cestno razsvetljavo dvignemo nivo osvetljenosti okolja in tako tudi vidne sposobnosti udeležencev v prometu. Posledično se zmanjša tudi število nesreč. Po nekaterih podatkih iz študije CIE (mednarodna komisija za razsvetljavo), ki je bila izvedena v več državah po celem svetu, se število nesreč po namestitvi kakovostne cestne razsvetljave zmanjša v povprečju kar za 30%, na bolj nevarnih odsekih ter v križiščih pa celo za 45%. Podobne rezultate je dala tudi študija, izvedena v šestih večjih nemških mestih, kjer so ugotovili, da enkratno povečanje svetlosti cestne površine prinese 28% manj nesreč in kar 65% manj nesreč, kjer je eden od udeležencev pešec ali kolesar. Poškodovanih udeležencev v prometu je bilo za 45% manj.

Svetloba varuje tudi pred kriminalom.

Ker lahko pri kakovostni in ustrezni razsvetljavi bolje vidimo, dobra razsvetljava zmanjšuje tudi število kriminalnih dejanj. Iz izkušenj vemo, da se tako telesni napadi kot tudi napadi na lastnino pogosteje dogajajo v temi. Storitci tovrstnih dejanj so namreč bolj pogumni, če je možnost, da jih bo žrtev prepoznala, manjša. Nasprotno pa je žrtev v temi strah, zaradi česar je še bolj ranljiva. Z višjo predvsem vertikalno osvetljenostjo na prometnih površinah, kjer se gibljejo pešci, izboljšamo njihovo vidno zaznavanje in tako omogočimo, da prej opazijo sumljive osebe. To pa pomeni, da imajo več časa pripraviti se na srečanje z njimi oziroma se srečanju izogniti. Da število kriminalnih dejanj s povečano osvetljenostjo prometnih površin

pada, so pokazale številne študije. Ugotovljeno je bilo tudi, da hkrati s tem narašča občutek varnosti prebivalcev, torej se jim izboljšuje tudi kvaliteta življenja.

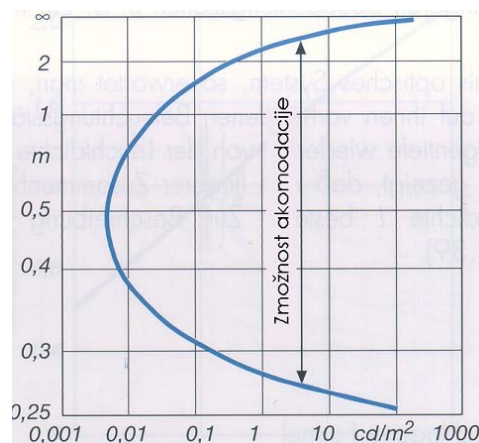


Slika 2: Razmerje med številom kriminalnih dejanj, ki se zgodijo ponoči pri določeni osvetljenosti in številom kriminalnih dejanj podnevi

2.2. Svetlobno tehnična kakovost cestne razsvetljave

Svetloba in vid.

Za preprečevanje nesreč na cestah je dovolj zelo preprosta formula: dobro videti in biti dobro viden. Seveda pa je vid zelo kompleksen čut, odvisen od mnogih dejavnikov, ki se mu mora cestna razsvetljava ustrezno prilagoditi. Dnevna svetloba nam nudi od 5.000 do 100.00 lux-ov osvetljenosti opazovanih površin, v noči z mesečino pa je na voljo le približno 1 lux osvetljenosti. Naš vid oziroma naše oči, zaradi velike zmožnosti prilagajanja različnim svetlobnim razmeram, sicer delujejo v tem celotnem področju, saj lahko našo okolico vidimo tudi ponoči. Vendar pa je sposobnost vida pri manjših osvetljenostih zmanjšana oziroma okrnjena.

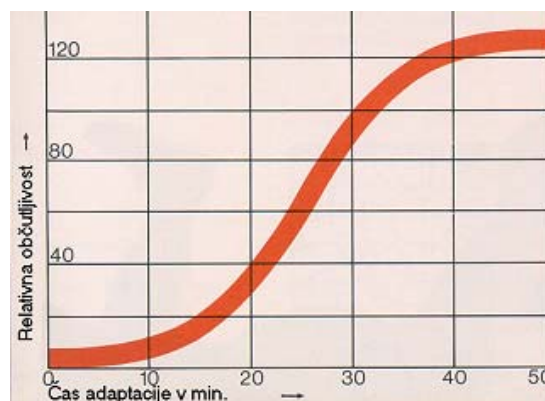


Slika 3: Zmožnost akomodacije očesa (prilagoditev na oddaljenost opazovanega predmeta) je pri majhnih svetlostih okolice zelo okrnjena

Naše oko vsebuje dve vrsti fotoreceptorjev: čepnice in paličnice. Pri dobri osvetljenosti podnevi so aktivne čepnice, ki nam omogočajo največjo ostrino vida, ustrezno globinsko zaznavanje in dobro ločevanje barv. Pri slabših osvetljenostih ponoči pa gledamo s paličnicami. Ostrina vida je zato zmanjšana in ne moremo ločiti barv. V vmesnem področju,

torej v mraku, sta aktivni obe vrsti fotoreceptorjev, vendar pa čepnice ne delujejo s "polno močjo". Če želimo nek predmet opaziti, se mora ločiti oziroma razlikovati od svoje okolice. Razlika je lahko v barvi (barvni kontrast) ali pa v svetlosti (svetlostni kontrast). Da torej predmet opazimo, mora biti (eden ali drug) kontrast dovolj velik, da ga naše oči zaznajo. Vendar pa občutljivost za kontrast z manjšo svetlostjo naše okolice pada. Čim bolj temno je, tem večji kontrast je potreben, da ga naše oči zaznajo. Torej mora opazovani predmet v temnejši okolici imeti ustrezno večji kontrast ali pa večjo velikost, da ga bomo opazili. Podobno z zmanjšanjem svetlosti okolice pada tudi ostrina vida, ki je potrebna, če želimo ustrezno videti tudi detajle v naši okolici, na primer oviro na cestišču.

Obe zgoraj navedeni lastnosti oči, občutljivost za kontraste in ostrina, pogojujeta učinkovitost našega vida. Nanjo pa vpliva tudi čas. Pri predmetih, ki so dalj časa v našem vidnem polju, lažje opazimo obliko, kontrast in detajle. Zato so razmere pri hitri vožnji slabše kot pri hoji. Čas je potreben tudi, da se naše oči privadijo (adaptirajo) na spremenjeno svetlost okolja. Adaptacija na svetlejše okolje je hitra in traja običajno le nekaj sekund, adaptacija na temnejše okolje pa je precej počasnejša in lahko traja tudi več minut. Nivo adaptacije pa pogojuje učinkovitost našega vida. Torej, čim več je svetlobe, tem hitreje se naše oči lahko prilagodijo novim razmeram in nam zagotovijo ustrezno učinkovitost vida. Težave pa nastopijo tudi, ko se svetlobne razmere hitro spreminjajo. Zaradi tega je potrebno v določenih primerih, kot na primer pri cestnih predorih, razsvetljava načrtovati tako, da nudi očem ustrezen čas in pogoje za adaptacijo na svetlo ali na temno.



Slika 4: Človeško oko potrebuje za adaptacijo (prilagoditev na svetlost okolice) določen čas

Zadostna svetlost okolice.

Osnovni pogoj za dober vid je torej ustrezno svetla okolica. Svetlobno tehnično lahko količino svetlobe v okolici definiramo z dvema veličinama:

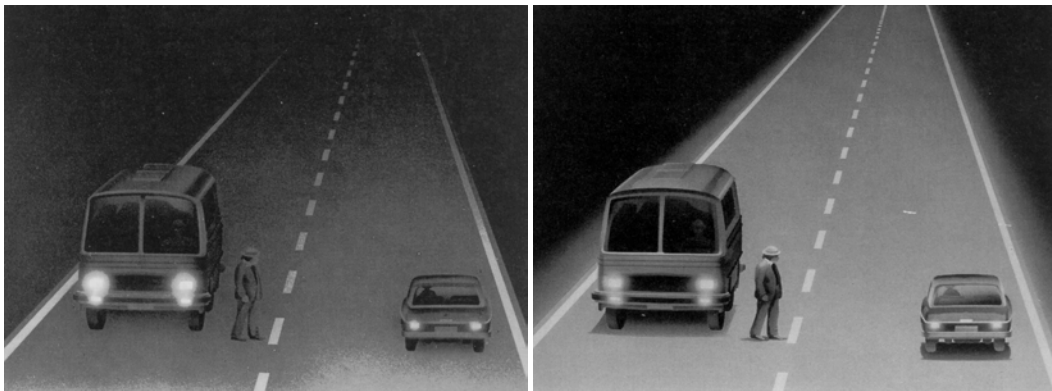
- svetlost (enota: cd/m^2) podaja količino svetlobe, ki se od opazovane površine odbije v naše oko;
- osvetljenost (enota: lux) pa podaja količino svetlobe, ki pade na neko površino.

Svetlost je torej direktno povezana z očmi opazovalca ter s tem tudi z njegovim položajem in smerjo pogleda. Zaradi tega se svetlost kot merilo uporablja pri prometnih površinah, namenjenih hitremu in predvsem motornemu prometu, torej na cestah. V tem primeru imamo namreč tako položaj kot tudi smer pogleda opazovalca (voznika) precej točno definirano. Svetlost prometne površine je seveda odvisna od razsvetljavne naprave (količina oddanega svetlobnega toka, smer svetlobe) pa tudi od same prometne površine (odsevnost). Nasprotno pa je pri ulicah ter pri površinah namenjenih pešcem in kolesarjem težko definirati tako

položaj kot tudi smer pogleda opazovalca. V teh primerih kot merilo za svetlost okolice raje uporabljamo osvetljenost. Običajno se podaja horizontalna osvetljenost na samih tleh. Pri prometnih površinah, kjer pričakujemo več pešcev, pa je pomembna tudi vertikalna osvetljenost, oziroma njen pol-cilindrični del v višini obraza (običajno upoštevamo višino 1,5 m).

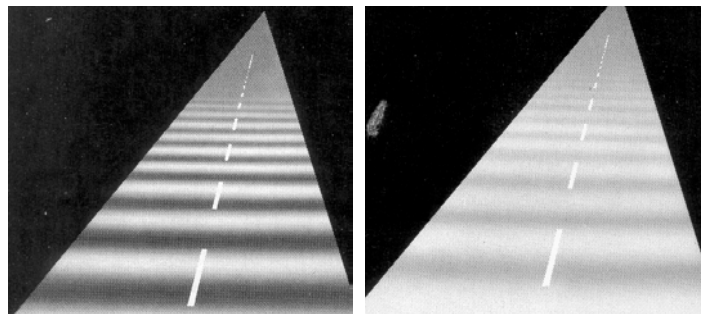
Kaj je torej pomembno pri cestni razsvetljavi?

Najprej ustrezen nivo svetlosti oziroma osvetljenosti. Razsvetljavno napravo je potrebno načrtovati tako, da bodo svetlobno-tehnični parametri (svetlost, osvetljenost) v mejah vrednosti, ki jih podajajo priporočila in standardi. Nova razsvetljavna naprava bo tako ob ustrezni izvedbi dajala tudi ustrezen nivo svetlosti oziroma osvetljenosti. S časom pa se svetilke zaprašijo, svetlobni viri pa začnejo odpovedovati, zaradi česar se svetlobni nivo znižuje. Da se izognemo prepogostim dragim vzdrževalnim delom na cestni razsvetljavi, se razsvetljavne naprave lahko planirajo za nekoliko višje vrednosti svetlosti oziroma osvetljenosti, kot so priporočene. Upoštevana rezerva je običajno 25%, tako da se vzdrževalna dela lahko izvajajo v večjih časovnih razmakih. Razsvetljavno napravo potrebno obnoviti, ko nivo svetlosti oziroma osvetljenosti pade na 70% priporočene vrednosti. Vzdrževanje običajno zajema čiščenje svetilk ter zamenjavo nedelujočih sijalk, po potrebi pa tudi predstikalnih naprav.



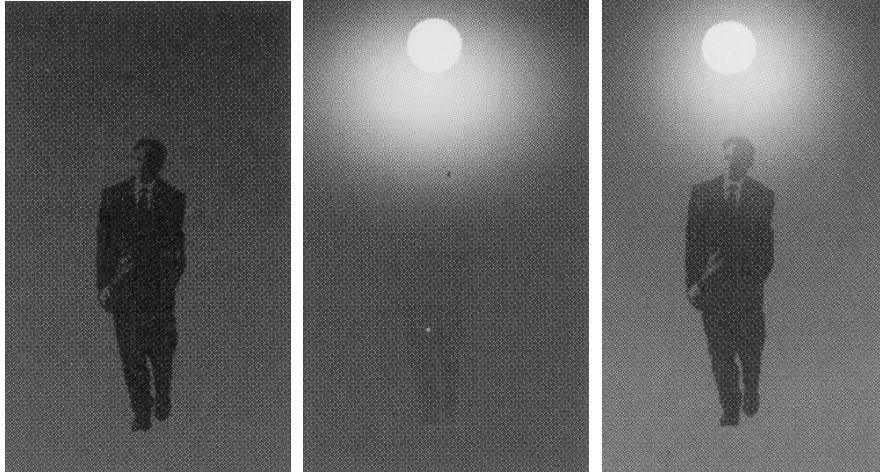
Slika 5: Pri večji svetlosti ozadja (cestne površine) je kontrast večji kar znatno olajša zaznavanje ovir na cestišču

Kakovost cestne razsvetljave je odvisna ne samo od svetlosti oziroma osvetljenosti ampak tudi od njune enakomernosti. Če je prometna površina neenakomerno svetla, je v temnejših predelih precej težje ali pa sploh nemogoče opaziti morebitne ovire in nevarnosti. Take temne cone lahko nastanejo, če so svetilke preveč razmaknjene med seboj, ali če nekaj svetilk ugasnemo na primer zaradi varčevanja z električno energijo, ali pa, če ugasnejo zaradi okvare.



Slika 6: Osvetljenost z vzdolžno enakomernostjo 0,4 (levo) in 0,7 (desno)

Pri načrtovanju cestne razsvetljave moramo paziti tudi na omejevanje bleščanja. Preveč svetli predmeti v našem vidnem polju namreč motijo, tako da lahko pride do zmanjšane vidne funkcije (fiziološko bleščanje) oziroma do povečane utrujenosti (psihološko bleščanje). Do fiziološkega bleščanja pride zaradi zelo svetlih površin ali prevelikih kontrastov v vidnem polju. Oči se zaradi tega adaptirajo na višji nivo, zaradi česar se poslabša zaznavanje manjših kontrastov. Čim večja je svetlost motečega objekta oziroma čim bolj je objekt blizu smeri pogleda, tem večje je bleščanje. Bleščanju se pri cestni razsvetljavi ne moremo nikoli povsem izogniti, lahko pa ga s primerno izbiro in namestitvijo zmanjšamo na sprejemljivo raven.



Slika 7: Bleščanje zmanjša zaznavanje kontrastov. Na levi sliki je kontrast dovolj velik, da opazimo pešca, na srednji sliki pa ga zaradi bleščanja le težko opazimo. Na desni sliki je kontrast zaradi povečane svetlosti okolice večji in pešca ponovno lahko opazimo.

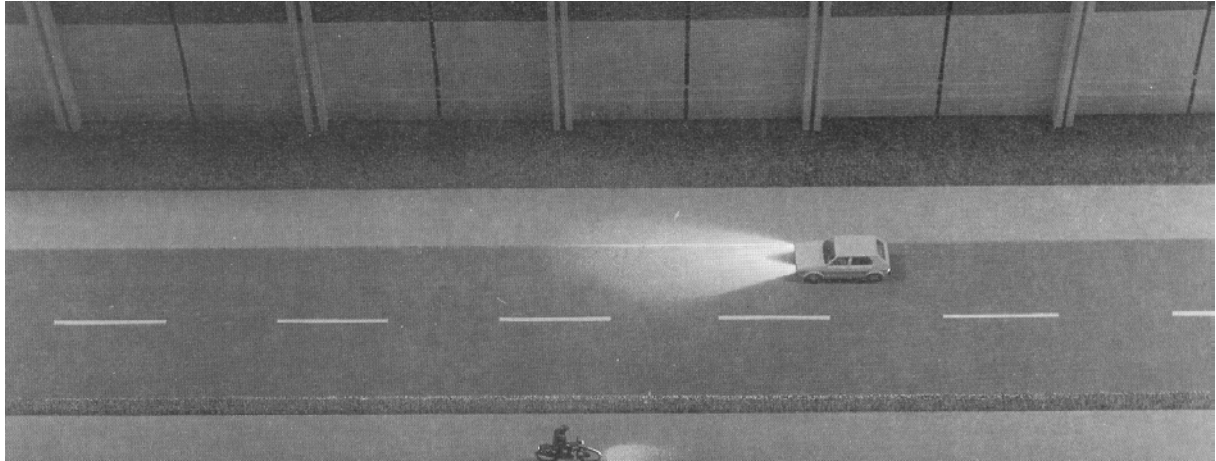
Pomembni pa sta tudi smer svetlobe in pa njena barva oziroma spektralna sestava. Smer svetlobe pogojuje obliko in velikost senc, ki lahko motijo ustrezno zaznavanje okolice. V določenih predelih prometne površine, na primer med parkiranimi vozili, lahko zaradi senc pride do enakomerne svetlosti oziroma osvetljenosti in s tem povezanih težav. Zaradi tega je potrebno take površine včasih še dodatno osvetliti. Barva svetlobe oziroma njena spektralna vsebina (ki jo običajno opišemo z faktorjem reprodukcije barve) pa podaja sposobnost svetlobe ustrezno reproducirati barve. Ustrezno zaznavanje barv v cestni razsvetljavi sicer ni prioritarna naloga, tako da je ta lastnost cestne razsvetljave potisnjena bolj v ozadje. Vendar pa je pri virih z višjim faktorjem reprodukcije barve zaznavanje barv lažje s tem pa dobimo tudi več informacij iz okolja. Tako so nizkotlačne natrijeve sijalke, ki zaznavanja barv sploh ne omogočajo, za splošno cestno razsvetlavo neprimerne in jih uporabljamo samo za razsvetlavo tunelov, prehodov za pešce ali pristanišč.

Pri razsvetljavi površin namenjenih pešcem pa moramo paziti še na eno lastnost in sicer na vertikalno osvetljenost. Samo pri zadostni vertikalni osvetljenosti lahko pešci dovolj zgodaj opazijo in tudi prepoznajo osebe, ki jim prihajajo nasproti in temu ustrezno pravočasno reagirajo.

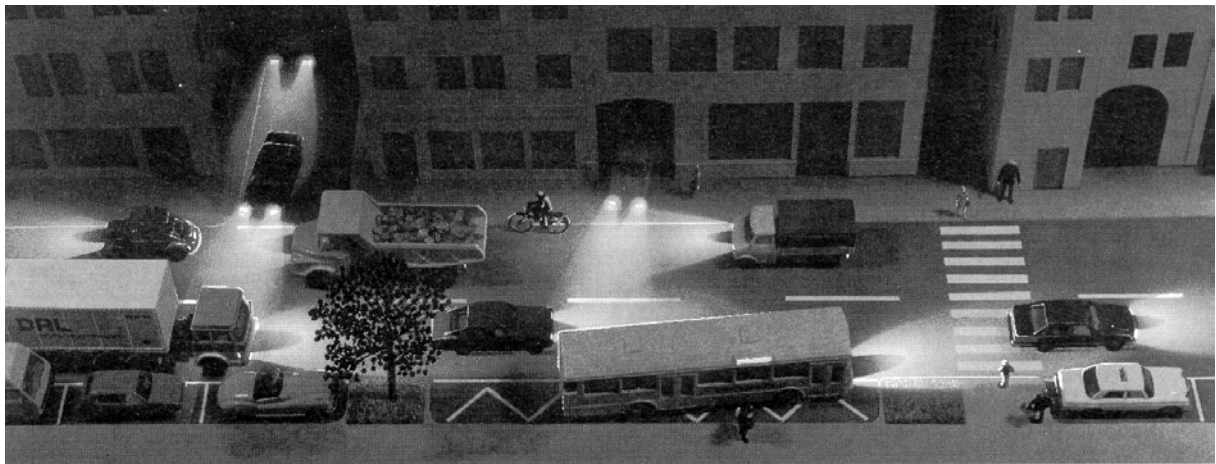
Potencialna nevarnost določa kriterije cestne razsvetljave.

Svetlobnotehnični parametri, ki jih mora na določeni prometni površini zagotoviti cestna razsvetljava, so odvisni od prometne (ne)varnosti na tej prometni površini. V prvi vrsti je potencialna nevarnost odvisna od velikosti prometa v nočnem času. Nevarnost je seveda pri večje prometu večja. Poveča pa se tudi, če so v promet vključeni udeleženci različnih velikosti ter z različnimi hitrostmi, ki so ponavadi tudi različno opazni: tovorni promet,

osebna vozila, kolesarji, pešci. Določen vpliv na varnost pa ima tudi preglednost oziroma gradbeni parametri same cestne površine. Pri določevanju ustrezne oziroma minimalne svetlosti (osvetljenosti) ceste moramo zato upoštevati tako prometne dejavnike (promet v eno ali v obe smeri, cestišča ločena z vmesnim pasom ali brez, povprečna gostota prometa, največja dovoljena hitrost udeležencev) kot tudi gradbene dejavnike (prečni profil cestišča, cesta v naselju ali izven njega, površina ob cesti je pozidana ali ne, s parkirnimi mesti ob vozišču ali brez) prometne površine.



Slika 8: Cesta nima dovozov in mirujočega prometa, gostota prometa je nizka, zato so tudi zahteve za razsvetljava nizke



Slika 9: Cesta z dovozi, mirujočim prometom, pešči, kolesarji in veliko gostoto prometa. Zahteve za razsvetljava so v tem primeru velike.

Cestna razsvetljava mora biti tako izvedena, da omogoča udeležencem v prometu videti oziroma opaziti površino, potek in meje cestišča, dovoze in križišča, ovire na vozišču ter položaj in premike drugih udeležencev v prometu. Na ta način s cestno razsvetljava zagotovimo tekoč in nemoten potek prometa.

Ustrezne minimalne vrednosti svetlosti oziroma osvetljenosti za posamezne primere podajajo mednarodna priporočila in standardi (Priporočila SDR: Cestna razsvetljava, različne CIE publikacije, DIN 5044, EN 13201). Pri tem se za ceste z več prometa in določeno smerjo vožnje (avtoceste, regionalne in lokalne ceste, večje prometnice v mestih in naseljih) podajajo minimalne svetlosti, medtem ko se za cestne površine, kjer je prometa manj, podajajo

minimalne vrednosti osvetljenosti (manjše ceste in ulice v naseljih, prometne površine za kolesarje in pešce).

Naloge razsvetljave in kriteriji ocenjevanja za ceste

Pri razsvetljavi cest, torej prometnih površin z večjo gostoto pretežno motornega prometa, morajo biti svetlobne razmere prilagojene vidnim zahtevam, ki so postavljene pred voznike motornih vozil. Ti morajo biti sposobni prepoznati in oceniti potek ceste, meje voznega pasu, druge udeležence v prometu ter morebitne ovire na cestišču. Osnovno merilo za tehnično kvaliteto razsvetljave je v tem primeru svetlost prometne površine, ki pa je poleg od razsvetljave odvisna tudi od cestne obloge oziroma njenih optičnih lastnosti.

Poleg tega mora biti cestna razsvetljava postavljena tako, da optično vodi in opozarja voznika. Optično vodenje dosežemo z ustrezno postavitvijo stebrov, na bolj nevarne odseke (križišča, dovozi, prehodi za pešce) pa lahko opozorimo z spremembo barve svetlobe (bela namesto rumene ali obratno). Paziti moramo tudi na to, da prehodi med osvetljenim in neosvetljenim delom (na primer izven naselja) ceste niso preostri oziroma prehitri, ker lahko drugače nastopijo težave z adaptacijo oči. Pred prehodom na temno področje je zato potrebno svetlost prometne površine postopno zmanjševati, tako da imajo oči voznika dovolj časa, da se adaptirajo na nove razmere.

Svetlost prometne površine, ki jo z neko razsvetljavo dosežemo, je odvisna od položaja opazovalca, od razvrstitve svetilk in njihovih svetlobno tehničnih lastnosti, od skupnega svetlobnega toka virov v svetilki ter od optičnih lastnosti cestne obloge. Minimalne priporočene oziroma predpisane vrednosti so odvisne od gostote prometa ter od drugih razmer in znašajo od 0,3 do 2 cd/m². Poleg ustrezne svetlosti pa je potrebno zagotoviti tudi ustrezno skupno in vzdolžno enakomernost svetlosti ter ustrezno omejiti bleščanje.

ločitev smernih vozišč	razdalje med priključki	število križišč na km	povprečni letni dnevni promet		
			<15.000	15.000 do 25.000	>25.000
da	> 3 km		0,75	1,00	1,00
	< 3 km		1,00	1,00	1,50
		< 3	0,75	0,75	1,00
		> 3	0,75	1,00	1,50
ne	> 3 km		1,00	1,50	1,50
	< 3 km		1,50	1,50	1,50
		< 3	0,75	1,00	1,50
		> 3	1,00	1,50	1,50

Tabela 1: Minimalne svetlosti vozišča (v cd/m²) za različne vrste cest in gostote prometa po priporočilih SDR: Cestna razsvetljava

Naloge razsvetljave in kriteriji ocenjevanja za ulice

Promet na ulicah je precej bolj raznolik kot na cestah. Če na slednjih prevladujejo motorna vozila, na ulicah srečamo tudi pešce in kolesarje. Zaradi tega mora biti razsvetljava ulic izvedena tako, da čim bolj zmanjšamo nevarnosti, ki preživijo na "najslabše" udeležence v prometu, torej v prvi vrsti na pešce in kolesarje. Poleg tega naj bi razsvetljava ulic oziroma stanovanjskih naselij, prispevala tudi k zmanjšanju kriminala, pa tudi k lepšemu izgledu naselja.

Ker pri uporabnikih ulic smer pogleda ni tako zelo definirana, kot pri uporabnikih cest, je v tem primeru kriterij za načrtovanje razsvetljave osvetljenost in ne svetlost. Priporočila in standardi podajajo srednje vrednosti horizontalne osvetljenosti tal med 2 in 15 lux-i, odvisno od gostote prometa. Pomembna pa je tudi enakomernost osvetljenosti ter v predelih z več pešci tudi njena vertikalna komponenta. Razsvetljava ulic tudi ne sme biti omejena samo na cestno (prometno) površino, ampak mora zajeti tudi sosednje površine (pločnike, kolesarske steze, dovoze na dvorišča, ...). Pri tem pa ne sme moteče osvetljevati fasad oziroma oken stanovanjskih stavb. Seveda je tudi v tem primeru potrebno ustrezno omejiti bleščanje.

		Pogostost pešcev in kolesarjev	
		običajna	večja
mirujoči promet	zahtevnost orientacije		
ne	običajna	3,0	5,0
	višja	5,0	7,5
da	običajna	5,0	7,5
	višja	7,5	10,0

Tabela 2: Minimalne osvetljenosti tal (v lx) za različne vrste ulic glede na zahtevnost orientacije in udeležence v prometu po priporočilih SDR: Cestna razsvetljava

2.3. Finančna kakovost cestne razsvetljave

Finančna kakovost cestne razsvetljave je direktno povezana s stroški za njeno izgradnjo in obratovanje. Zato na prvi pogled izgleda, da je s finančnega stališča najkakovostnejša razsvetljava tista, ki je sploh ni, oziroma, tista, ki ne sveti (celo noč ali samo del noči). Vendar pa je tako razmišljanje napačno. Zaradi neizgrajene razsvetljave oziroma zaradi uganjene razsvetljave lahko nastanejo drugi stroški, ki so običajno večji kot stroški za njeno normalno obratovanje.

V Nemčiji na primer je država oziroma lokalna skupnost dolžna poskrbeti za cestno razsvetljava v naseljih in na nevarnih cestnih odsekih. Zaradi tega lahko tisti, ki smatrajo da so bili zaradi neosvetljene (ali premalo osvetljene) cestne površine oškodovani (poškodovani v prometni nesreči, lastniki poškodovanega premoženja) sprožijo proti odgovornim odškodninski postopek in zahtevajo povračilo škode. Ustreznost razsvetljave se v takih primerih določa glede na prej omenjene standarde. Zanimivo pa je tudi to, da nosijo odgovornost tudi lastniki razsvetljalnih naprav, ki niso bile postavljene zaradi dolžnosti (poskrbeti za cestno varnost) ampak zaradi drugih vzrokov ali vzgibov.

Nepostavljena oziroma nedelujoča cestna razsvetljava torej ne pomeni, da z njo ni stroškov. Če k stroškom, ki nastanejo zaradi konkretnih odškodninskih zahtevkov, prištejemo še stroške, ki nastanejo zaradi izpada narodnega dohodka, kot posledica poškodb v prometnih nesrečah v nočnem času, se pokaže da je obratujoča razsvetljava precej cenejša kot izklopljena.

Poleg tega pa cestna razsvetljava sploh ni draga. V Nemčiji recimo stane vzdrževanje cestne razsvetljave približno 6,5 EUR letno na prebivalca, stroški za električno energijo pa znesejo še približno 3,5 EUR na prebivalca in leto. Letni strošek za cestno razsvetljava na prebivalca je tako komaj 10 EUR.

Pri nas so omenjeni stroški v določenih občinah nekoliko večji (v srednje velikih občinah z nekoliko večjim urbanim jedrom so letni stroški za električno energijo, potrebno za cestno razsvetljavo, okoli 4 do 6 EUR na prebivalca) kar je posledica zastarele in energetske potratne cestne razsvetljave, ki je v uporabi. Lokalne skupnosti se namreč težko odločijo za modernizacijo cestne razsvetljave, ker je povezana s precejšnjimi investicijami. Tudi takšno razmišljanje ni najbolj na mestu, saj se naložba v modernizacijo cestne razsvetljave v večini primerov povrne že v nekaj letih (od 2 do 6 let) samo ob upoštevanju stroškov za električno energijo. Ker pa se poleg stroškov za električno energijo zmanjšajo tudi stroški za vzdrževanje (moderne sijalke imajo daljšo življenjsko dobo, svetilke so bolj kvalitetne in potrebujejo manj vzdrževanja, ...) se doba vračanja investicije še skrajša. Seveda pa po odplačani investiciji ostanejo vse prednosti nove razsvetljavne naprave: manjši stroški vzdrževanja in obratovanja, boljši svetlobno-tehnični parametri, večja ekološka sprejemljivost, ... Poleg tega se doba vračanja take investicije ustrezno skrajšuje tudi zaradi stalnega naraščanja cene električne energije.

2.4. Ekološka kakovost cestne razsvetljave

Cestna razsvetljava ima tudi določen vpliv na okolje, večinoma seveda negativen. Torej je potrebno cestno razsvetljavo ocenjevati tudi z ekološkega vidika.

Poraba energije

Cestna razsvetljava je porabnik energije (električne energije). Ker pa pri proizvodnji električne energije nastajajo določeni vplivi na okolje (emisije toplogrednih plinov, degradacija okolja, ...) moramo del teh vplivov pripisati tudi cestni razsvetljavi. Vendar pa je cestna razsvetljava majhen porabnik energije, saj se v te namene porabi (podatki so ponovno za Nemčijo, leto 1993) le 0,1% porabljene končne energije oziroma 0,7% porabljene električne energije. Celo če upoštevamo samo električno energijo, porabljeno za razsvetljavo (poslovnih in stanovanjskih prostorov ter cest), jo cestna razsvetljava porabi le 6,2%. Poleg tega ta procent iz leta v leto pada zaradi uvedbe varčnejših svetlobnih virov ter sanacije starejših razsvetljavnih naprav.

Svetlobno onesnaženje

Cestna razsvetljava okolje tudi svetlobno onesnažuje. Po eni strani gre za svetlobo, ki sveti v bivalne prostore ob prometnih površinah in moti stanovalce, po drugi strani pa za svetlobo, ki sveti ali se odbija v nebo in povzroča svetljenje nočnega neba. Pri nas še nimamo sprejetega ustreznega zakonskega akta, ki bi obravnaval to področje, vendar je ustrezna "Uredba o svetlobnem onesnaževanju okolja" že v pripravi. Namen uredbe je zmanjšati emisije svetlobe tako v stanovanja kot tudi v nebo. Omejitve, ki jih po uredbi podajala, se bodo nanašale tako na cestno razsvetljavo kot tudi na osvetljevanje stavb, reklam in podobnega. Seveda pa je potrebno tudi pri omejevanju emisije svetlobe v okolje še vedno obdržati ustrezne svetlosti oziroma osvetljenosti prometnih površin. Zaradi tega bo v letih po sprejemu uredbe potrebno zamenjati neprimerne svetilke cestne razsvetljave in jih nadomestiti s takimi, ki imajo bistveno manjšo emisijo svetlobe v okolico prometne površine oziroma v nebo.

Recikliranje svetlobnih virov in svetilk

Tako svetlobni viri kot svetilke vsebujejo različne snovi (v sijalkah najdemo skoraj 2/3 vseh elementov periodnega sistema), ki so bodisi koristen odpadek, bodisi strupene oziroma nevarne za okolje. Z ustreznim recikliranjem svetlobnih virov tako lahko odpravimo škodljive vplive na okolico ter pridobimo dragocene surovine za ponovno uporabo v proizvodnji svetlobnih virov ali drugje. Zaradi tega je ustrezno zbiranje in recikliranje za določene vrste

svetlobnih virov (sijalke) predpisano, za ostale pa zaželeno. V kratkem bo tako zbiranje organizirano tudi pri nas, strošek pa bo v končni fazi bremenil proizvajalce sijalk.

Vpliv na insekte

Kot je dobro znano, umetna svetloba privlači insekte. Zaradi tega vedno obstaja nevarnost, da cestna razsvetljava zmoti naravni življenjski ritem različnih vrst (tudi zaščitnih) insektov. Oči oziroma vidni organi insektov so nekoliko drugače občutljivi za svetlobo kot človeške oči. Privlači jih predvsem svetloba vijolične oziroma modre barve (krajše valovne dolžine), medtem ko so na rdečo, oranžno oziroma rumeno svetlobo precej manj občutljivi kot mi. Zaradi tega so za insekte najbolj nevarni svetlobni viri z hladno belo svetlobo kot na primer visokotlačne živosrebrne ali metalhalogenidne sijalke ter fluorescenčne sijalke. Precej manj moteče oziroma nevarne pa so natrijeve visokotlačne ali nizkotlačne sijalke.

3. ZAKLJUČKI

Cestna razsvetljava je praktično že več kot 100 let nepogrešljivi sestavni del našega življenja. Z njo je možno bistveno povečati varnost na cestah in ulicah ter tako izboljšati kakovost življenja prebivalcev. Kakovostna cestna razsvetljava pa ima še druge prednosti: omogoča ustrezno vidno zaznavanje, je energetska učinkovita in ne posega preveč v naravno okolje.

Žal pa je pri nas marsikje cestna razsvetljava bolj sama sebi namen. Tako kot v drugih vejah tehnike tudi tu namreč velja, da je kakovost odločilno povezana z modernostjo. Stara cestna razsvetljava nudi le malo varnosti, poleg tega pa je tudi energijsko potratna in ekološko sporna. S slabim vzdrževanjem pa se razmere samo poslabšujejo. Ob ustreznem načrtovanju nove cestne razsvetljave bi bilo zato potrebno razmišljati tudi o ustrezni obnovi stare.

4. VIRI IN LITERATURA

- [1] SDR Slovensko društvo za razsvetljavo: Priporočila SDR - Cestna razsvetljava: Razsvetljava in signalizacija za promet PR 5/2, Maribor 2000, ISBN 864350355x
- [2] DIN 5044: Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung; Beleuchtung von Strassen für den Kraftfahrzeugverkehr
- [3] Fördergemeinschaft Gutes Licht: Gutes Licht für Sicherheit auf Strassen, Wegen, Plätzen, Frankfurt am Main, ISBN 3926193034
- [4] H.-J. Hentschel: Licht und Beleuchtung; Hüthig Verlag, Heidelberg, 2002, ISBN 3778528173

Kakovostna cestna razsvetljava

doc. dr. Grega Bizjak, u.d.i.e.

Dejstvo



Dobra razsvetljava pomeni manj nesreč (glede na rezultate raziskav tudi do 30% manj).

Kakovostna cestna razsvetljava

4

Cestna razsvetljava



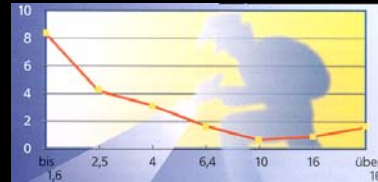
V današnjem svetu vedno bolj potrebujemo občutek varnosti. Svetloba oziroma razsvetljava prispeva k večji varnosti.

Kakovostna cestna razsvetljava

2

Dejstvo

Povečana osvetljenost pomeni manj kriminalnih dejanj.



Razmerje med številom kriminalnih dejanj ponoči in podnevi pri določeni osvetljenosti ponoči.

Kakovostna cestna razsvetljava

5

Dejstvo



V nočnem času je prometa manj kot podnevi (25%), vendar je nesreč s smrtnim izidom ali težjo poškodbo več (45% smrtnih žrtev prometa je v nočnem času).

Kakovostna cestna razsvetljava

3

Dejstvo



Potrebna električna moč za cestno razsvetljavo na prebivalca (Nemčija 1997): 13W oziroma 50 kWh letno.

Kakovostna cestna razsvetljava

6

Dejstvo



Cestna razsvetljava stane na prebivalca letno 10 EUR (od tega 3,5 EUR za električno energijo).

Kakovostna cestna razsvetljava

7

Kakovost cestne razsvetljave



Kakovostna cestna razsvetljava

10

Kakovost življenja: cestna razsvetljava je namenjena izboljšanju kakovosti življenja.

Kakovost cestne razsvetljave

Kakovost cestne razsvetljave ima več plati:



Kakovostna cestna razsvetljava

8

- življenjsko,
- tehnično,
- finančno in
- ekološko.

Kakovost življenja

Prometne nesreče so v nočnem času bolj pogoste in s težjimi posledicami kot v dnevnem času.



Kakovostna cestna razsvetljava

11

Kakovost cestne razsvetljave

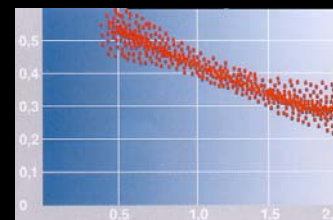
Kakovost življenja

Kakovostna cestna razsvetljava

9

Kakovost življenja

Več svetlobe na prometnih površinah pomeni manj nesreč.



Razmerje med številom nesreč z poškodbami udeležencev ponoči in podnevi pri določeni svetlosti v cd/m^2 .

Kakovostna cestna razsvetljava

12

Kakovost življenja



Kakovostna cestna razsvetljava

Svetloba varuje pred kriminalom. S povečano osvetljenostjo površin v stanovanjskih naseljih število kriminalnih dejanj pade.

13

Svetlobno-tehnična kakovost

Osnovni moto: dobro videti in biti dobro viden.

Pri 50km/h velja: $15m + 25m = 40m$
Reakcijska pot + Zavorna pot = Pot zaustavitve



Kakovostna cestna razsvetljava

16

Kakovost cestne razsvetljave

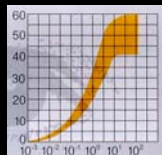
Svetlobno-tehnična kakovost

Kakovostna cestna razsvetljava

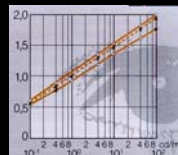
14

Svetlobno-tehnična kakovost

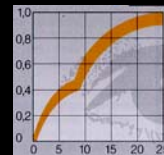
Vidna sposobnost ljudi je odvisna od količine svetlobe v naši okolici.



Občutljivost na kontrast ($L/\Delta L$) v odvisnosti od svetlosti okolice



Ostrina vida v odvisnosti od adaptacijske svetlosti



Relativna občutljivost vida v odvisnosti od časa adaptacije v min.

Kakovostna cestna razsvetljava

17

Svetlobno-tehnična kakovost

Osnovni moto: dobro videti in biti dobro viden.



Kakovostna cestna razsvetljava

15

Svetlobno-tehnična kakovost

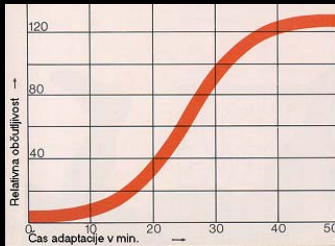
Razpoznavanje oblik je odvisno od kontrastov: naj si bo od kontrasta svetlosti ali od barvnega kontrasta.



Kakovostna cestna razsvetljava

18

Svetlobno-tehnična kakovost



Za adaptacijo oči (prilagoditev na določeno svetlost okolice) je potreben čas.

Svetlobno-tehnična kakovost

Kaj je torej pomembno pri cestni razsvetljavi?

Svetlobno-tehnična kakovost



Osnovni pogoj za dober vid je torej ustrezna svetlost okolice. Definiramo jo s pomočjo:

- svetlosti (v cd/m^2)
- osvetljenosti (v lx)

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

Ustrezen nivo svetlosti oziroma osvetljenosti (priporočila in standardi).



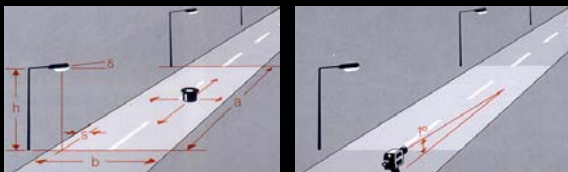
Pri cestah razsvetljavo načrtujemo glede na zahtevano svetlost.



Pri ulicah razsvetljavo načrtujemo tako, da dosežemo ustrezno osvetljenost.

Kakovost cestne razsvetljave

Svetlobno-tehnična kakovost: razsvetljava mora ustrezati določenim standardom in priporočilom.



Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

Ustrezena enakomernost svetlosti oziroma osvetljenosti prometne površine.



V primeru ugasnitve ali okvare ene svetilke, je cestna površina osvetljena zelo neenakomerno, kar lahko predstavlja določeno nevarnost za udeležence v prometu.

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



Omejevanje bleščanja.



Kakovostna cestna razsvetljava

25

Svetlobno-tehnična kakovost

Potencialna nevarnost določa kriterije cestne razsvetljave:

- velikost prometa
- udeleženci v prometu
- hitrost prometa
- gradbeni parametri ceste



Kakovostna cestna razsvetljava

28

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



Smer svetlobe in sence ter barva svetlobe.

Kakovostna cestna razsvetljava

26

Svetlobno-tehnična kakovost

Cestna razsvetljava mora udeležencem v prometu omogočiti, da vidijo:

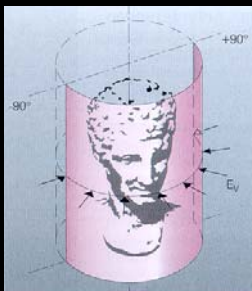
- površino, potek in meje cestišča,
- dovoze in križišča,
- ovire na cestišču ter
- druge udeležence v prometu.



Kakovostna cestna razsvetljava

29

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



Pri površinah za pešce je pomembna tudi vertikalna (polcilindrična) osvetljenost na višini obraza.

Kakovostna cestna razsvetljava

27

Svetlobno-tehnična kakovost

Ustrezne svetlosti oziroma osvetljenosti cestišča podajajo:

- priporočila SDR,
- dokumenti CIE,
- standardi DIN (5044),
- standardi EN (13201).



Kakovostna cestna razsvetljava

30

Svetlobno-tehnična kakovost Ceste



Kakovostna cestna razsvetljava

Naloga razsvetljave in kriteriji ocenjevanja za ceste:

- smer opazovanja je znana (koncept svetlosti);
- gostota prometa;
- naloge: opaziti potek ceste, meje cestišča, morebitne ovire in druge udeležence v prometu.

31

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

Razredi omejevanja bleščanja.



RAZRED OMEJITVE BLEŠČANJA	maks. cd/klm pri kotih:			Ostale zahteve
	70°	80°	90°	
G1		200	50	Ni
G2		150	30	Ni
G3		100	20	Ni
G4	500	100	10	Svetlinost v smeri nad 95° mora biti G
G5	350	100	10	Svetlinost v smeri nad 95° mora biti G
G6	350	100	0	Svetlinost v smeri nad 90° mora biti G

Kakovostna cestna razsvetljava

34

Svetlobno-tehnična kakovost Ceste



Kakovostna cestna razsvetljava

Optično vodenje:

- svetilke morajo biti tako postavljene, da sledijo poteku ceste;
- z drugo barvo svetlobe lahko opozorimo na povečano nevarnost (križišča, prehodi za pešce, ...).

32

Svetlobno-tehnična kakovost Ulice



Kakovostna cestna razsvetljava

Naloga in kriteriji ocenjevanja za ulice:

- bolj redek vendar bolj raznolik promet;
- smer opazovanja je zelo različna (koncept osvetljenosti);
- naloge: zmanjšati nevarnosti, ki prežijo na najbolj šibke udeležence v prometu (pešce, kolesarje);
- izgled naselja.

35

Svetlobno-tehnična kakovost Ceste

Priporočila in standardi podajajo minimalne svetlosti (v cd/m²) v odvisnosti od parametrov prometa in ceste.

ločitev smerih vozil	razdalje med priključki km	število križišč na km	povprečni letni dnevni promet		
			<15.000	15.000 do 25.000	>25.000
da	> 3 km	≤ 3	0,75	1,00	1,00
			> 3	1,00	1,00
	≤ 3 km	≤ 3	0,75	0,75	1,00
		> 3	0,75	1,00	1,50
ne	> 3 km	≤ 3	1,00	1,50	1,50
		> 3	1,50	1,50	1,50
	≤ 3 km	≤ 3	0,75	1,00	1,50
		> 3	1,00	1,50	1,50

Kakovostna cestna razsvetljava

33

Svetlobno-tehnična kakovost Ulice

Standardi in priporočila podajajo osvetljenosti (v lux-ih) v odvisnosti od razmer.

mirujoči promet	zahtevnost orientacije	Pogostost pešcev in kolesarjev	
		običajna	večja
ne	običajna	3,0	5,0
	višja	5,0	7,5
da	običajna	5,0	7,5
	višja	7,5	10,0

Kakovostna cestna razsvetljava

36

Kakovost cestne razsvetljave

Finančna kakovost

Kakovostna cestna razsvetljava

37

Finančna kakovost



Kakovostna cestna razsvetljava

Najcenejša je
tista cestna
razsvetljava, ki je
sploh ni ?!

Ni vedno res!

40

Kakovost cestne razsvetljave



Kakovostna cestna razsvetljava

38

Finančna kakovost:
čim manjša poraba
električne energije in
čim manjši stroški za
investicije in
vzdrževanje.

Finančna kakovost

Cestna razsvetljava je razmeroma poceni:
10 EUR letno na prebivalca od tega:
• 6,5 EUR za investicije in vzdrževanje;
• 3,5 EUR za porabljeno električno energijo.



Kakovostna cestna razsvetljava

41

Finančna kakovost



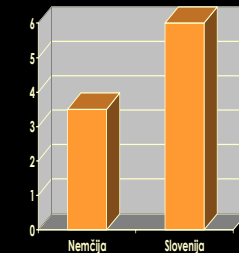
Kakovostna cestna razsvetljava

39

**Stroški za cestno
razsvetljavo:**

- strošek investicije za
izgradnjo;
- stroški vzdrževanja;
- stroški za porabljeno
električno energijo
(tokovina).

Finančna kakovost



Kakovostna cestna razsvetljava

42

V Sloveniji so ti stroški
(predvsem za
porabljeno električno
energijo - tokovina)
nekoliko višji: 4 do 6
EUR letno na
prebivalca.

Finančna kakovost



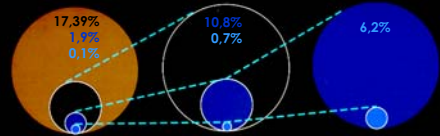
Zmanjšanje stroškov za porabljeno električno energijo in za vzdrževanje je možno. Doba vračanja investicije: od 2 do 6 let.

Kakovostna cestna razsvetljava

43

Ekološka kakovost

Poraba električne energije: proizvodnja električne energije prispeva k izpustom v okolje.



Poraba: celotne energije, električne energije, el. en. za razsvetljavo

Kakovostna cestna razsvetljava

46

Kakovost cestne razsvetljave

Ekološka kakovost

Kakovostna cestna razsvetljava

44

Ekološka kakovost



Recikliranje virov in svetilk: viri in svetilke vsebujejo različne (tudi strupene in škodljive snovi) ter predstavljajo potencialen vir surovin, zato jih je potrebno reciklirati.

Kakovostna cestna razsvetljava

47

Kakovost cestne razsvetljave

Ekološka kakovost: vplive na okolje je potrebno čim bolj zmanjšati.



Kakovostna cestna razsvetljava

45

Ekološka kakovost

Vpliv na insekte, živali in ljudi: umetna svetloba v nočnem času lahko zmoti življenjski ritem različnih organizmov.



Kakovostna cestna razsvetljava

48

Ekološka kakovost



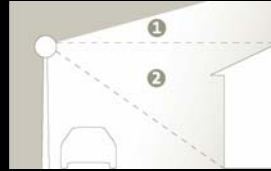
Svetlobna imisija

Kakovostna cestna razsvetljava

49

Ekološka kakovost

Primer cestne razsvetljave



- Sevanje v nočno nebo (1)
- Nadlegovanje stanovalcev (2)
- Večja poraba energije

Kakovostna cestna razsvetljava

52



- Brez sevanja v nočno nebo
- Nemoženo spanje stanovalcev
- Maksimalni izkoristek

Ekološka kakovost

Osvetlitev zvezdnega neba

Svetlobna imisija

Osvetlitev življenjskega prostora ljudi in živali

Bleščanje

- v sosednje stanovanske predele („svetlobni stolp“)
- udeležencem v prometu



Učinek privabljanja ogroža nočni mrčes

Izgube zaradi razsipanja povečujejo obratovalne stroške, zapravljajo energijo, obremenjujejo okolje

Kakovostna cestna razsvetljava

50

Ekološka kakovost

Primer osvetlitve objekta

- Sevanje v nočno nebo (1)
- Slab estetski učinek
- Večja poraba energije



- Svetloba usmerjena natančno na objekt
- Manjša svetlobna imisija
- Boljši estetski učinek
- Manjša poraba energije

Kakovostna cestna razsvetljava

53

Ekološka kakovost

Nastanek svetlobne imisije

Javno/komercialno področje

- Razsvetljava (cest, igrišč, stadionov, industrijskih zgradb)
 - osvetlitev zgradb, mostov, spomenikov
 - Razsvetljeni prostori
 - svetlobne reklame
 - efektna razsvetljava
 - Privatno področje
 - razsvetljava vhodov
 - osvetlitev v vrtu
 - razsvetljeni prostori
- nezatemnjena nadsvetloba v stanovanjskih hišah
 - avtomobilska razsvetljava

Kakovostna cestna razsvetljava

51

Ekološka kakovost

Nastanek svetlobne imisije

Javno/komercialno področje

- Razsvetljava (cest, igrišč, stadionov, industrijskih zgradb)
 - osvetlitev zgradb, mostov, spomenikov
 - Razsvetljeni prostori
 - svetlobne reklame
 - efektna razsvetljava
 - Privatno področje
 - razsvetljava vhodov
 - osvetlitev v vrtu
 - razsvetljeni prostori
- nezatemnjena nadsvetloba v stanovanjskih hišah
 - avtomobilska razsvetljava

Kakovostna cestna razsvetljava

54

Ekološka kakovost

Svetlobno imisijo v okolje lahko uspešno zmanjšamo z ustrezno izbiro svetilk

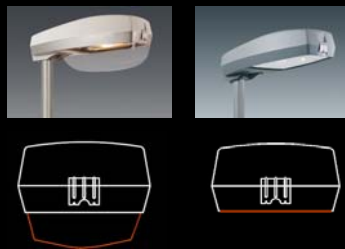


Kakovostna cestna razsvetljava

55

Ekološka kakovost

Primer: Siteco CX



Kakovostna cestna razsvetljava

58

Ekološka kakovost

Vrste svetilk

nezasenčene
visoka svetlobna imisija

delno zasenčene
zmanjšana svetlobna imisija

zasenčene
minimalna svetlobna imisija

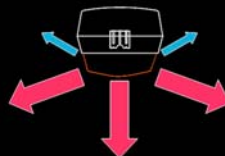


Kakovostna cestna razsvetljava

56

Ekološka kakovost

Siteco CX,
izbočena kapa iz
PMMA



- Direktno sevanje (0,6%) v zgornji polprostor zaradi odboja in sipanja v kapi.

+ Zelo široka karakteristična sevanja: I_{max} pri 60° .

Kakovostna cestna razsvetljava

59

Ekološka kakovost

"Ni vse zlato, kar se sveti"

Svetilka, ki seva del svetlobnega toka v zgornji polprostor ni vedno ekološko slabša od tiste, ki seva celotni svetlobni tok v sponji polprostor. Potrebno je upoštevati tudi druge parametre (odbita svetloba, izkoristek, potrebno število svetilk, ...)



Kakovostna cestna razsvetljava

57

Ekološka kakovost

Siteco CX,
kapa PMMA, VTNa 250W, 33.000 lm

Izkoristek: 83,3%
nad 90° : 0,6%
 I_{max} : 60°

dober izkoristek, široka porazdelitev I

Sevanje v območje fasad:
nad višino montaže svetilk do 3 lx
• pod višino montaže svetilk do 10 lx

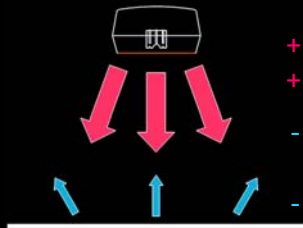
Širina ceste: 7,5m
Širina pločnika: 1,5m
Višina svetilk: 10m
Nagib svetilk: 7°

Kakovostna cestna razsvetljava

60

Ekološka kakovost

Siteco CX, ravno varnostno steklo



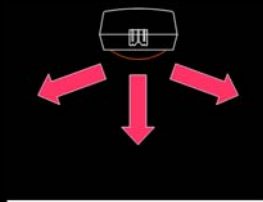
- + Brez direktnega bleščanja v zgornji polprostor.
- + Izpolnjuje najzahtevnejši razred omejitve bleščanja G6 (0% pri kotu => od 85°).
- Ožja karakteristika sevanja (I_{max} pri 35°) zahteva večje število instaliranih svetilk in s tem viša ceno investicije ter povzroča večjo porabo energije.
- Zaradi ožje karakteristike obstaja večja verjetnost odboja svetlobe od cestne površine v zgornjo polravnino.

Kakovostna cestna razsvetljava

61

Ekološka kakovost

Siteco CX, izbočeno varnostno steklo



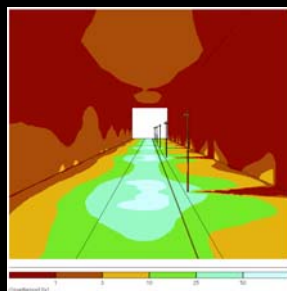
- + Brez direktnega bleščanja v zgornji polprostor.
- + Izpolnjuje najzahtevnejši razred omejitve bleščanja G6 (0% pri kotu => od 85°).
- + Enako široka karakteristika sevanja, kot pri svetilki s kapo (L_{max} pri 60°).
- + Širša karakteristika zahteva manj svetilk v primerjavi z ravnim steklom in s tem zagotavlja manjšo porabo energije.
- + Zaradi širše karakteristike je verjetnost odboja svetlobe od ceste površine manjša kot pri ravnem steklu.

Kakovostna cestna razsvetljava

64

Ekološka kakovost

Siteco CX, ravno steklo, VTNa 250W, 33.000 lm



Izkoristek: 79,7%
nad 90°: 0,0%
L max: 35°
slabši izkoristek, ožja porazdelitev I

- Sevanje v območje fasad:
- nad višino montaže svetilk do 1 lx
 - pod višino montaže svetilk do 3 lx
 - posamezna mesta (lise) do 10 lx

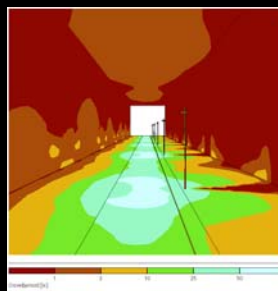
Širina ceste: 7,5m
Širina pločnika: 1,5m
Višina svetilk: 10m
Nagib svetilk: 7°

Kakovostna cestna razsvetljava

62

Ekološka kakovost

Siteco CX, ravno steklo, VTNa 250W, 33.000 lm



Izkoristek: 83,9%
nad 90°: 0,0%
L max: 60°
dober izkoristek, široka porazdelitev I

- Sevanje v območje fasad:
- nad višino montaže svetilk do 1 lx
 - pod višino montaže svetilk do 3 lx
 - posamezna mesta (lise) do 10 lx

Širina ceste: 7,5m
Širina pločnika: 1,5m
Višina svetilk: 10m
Nagib svetilk: 7°

Kakovostna cestna razsvetljava

65

Ekološka kakovost

Siteco CX iz izbočeno (lečasto) kapa iz varnostnega stekla



- Za enako osvetljenost je potrebno manj svetilk, kot pri ravnem steklu.
- Zaradi izjemne optike RFO lahko zamenja svetilke s kapo z aluminijasto optiko pri enakih razmakh svetilk.
- Ni imisij v zgornji polprostor.
- Zagotavlja zanesljivo optično vodenje.
- Svetilka z izbočenim steklom je primerna tudi za mestna središča, kjer je izpostavljena vandalizmu, saj je izbočeno steklo varnostno kaljeno in odporno proti udarcem ter zelo varno.

Kakovostna cestna razsvetljava

63

Zaključek

- Cestna razsvetljava je nepogrešljiv del našega življenja.
- Kakovostna cestna razsvetljava izboljša varnost, varčuje z električno energijo in je ekološko neoporečna.
- Žal ni vedno tako, zato je potrebno razmišljati o načinih, kako cestno razsvetljavo izboljšati.

Kakovostna cestna razsvetljava

66

... in še:

Vprašanja?

Informacije

Doc. dr. Grega Bizjak, univ. dipl. inž. el.

Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo
Tržaška 25, 1000 Ljubljana

tel.: 01 - 4768 446

fax.: 01 - 4768 289

e-mail: grega.bizjak@fe.uni-lj.si

domača stran: lf.fe.uni-lj.si