

Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo
2. letnik – Aplikativna elektrotehnika - 64627
Električne inštalacije in razsvetljava

Kakovostna cestna razsvetljava

predavatelj
prof. dr. Grega Bizjak, u.d.i.e.

Cestna razsvetljava



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

2

Dejstvo

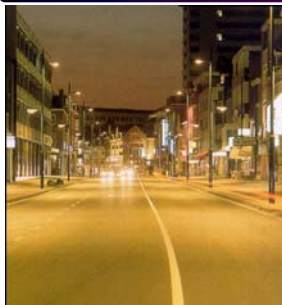


EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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).

3

Dejstvo



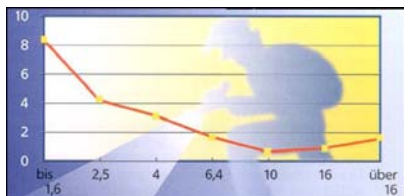
EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

4

Dejstvo

Povečana osvetljenost pomeni manj kriminalnih dejanj.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

5

Dejstvo



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Ocenjena električna moč za cestno razsvetljavo na prebivalca (Slovenija 2006): **19,2W** oziroma **82,5 kWh letno.**

6

Dejstvo



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Električna energija za
cestno razsvetljavo
stane na prebivalca
letno manj kot 10 EUR
Približno še enkrat toliko
gre za vzdrževanje.

7

Kakovost cestne razsvetljave

Kakovost cestne razsvetljave ima več
plati:



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

8

Kakovost cestne razsvetljave

Kakovost življenja

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

9

Kakovost cestne razsvetljave



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Kakovost življenja: cestna razsvetljava je namenjena izboljšanju kakovosti življenja.

10

Kakovost življenja

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

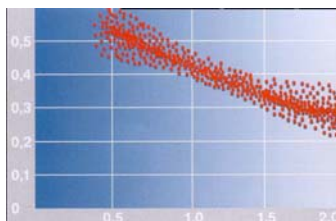


EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

11

Kakovost življenja

Več svetlobe na prometnih površinah pomeni **manj nesreč**.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

12

Kakovost življenja



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

13

Kakovost cestne razsvetljave

Svetlobno-tehnična kakovost

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

14

Kakovost cestne razsvetljave

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

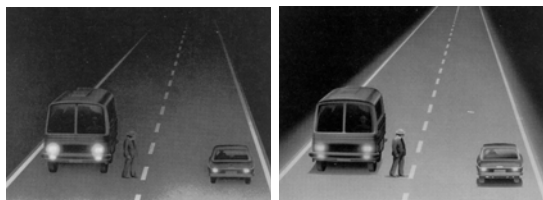


EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

15

Svetlobno-tehnična kakovost

Osnovni moto: **dobro videti in biti dobro viden.**

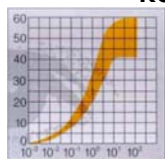


EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

16

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.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

17

Svetlobno-tehnična kakovost

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



podnevi

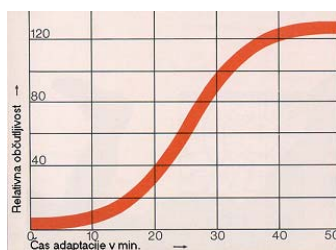
cestna razsvetljava

mesečina

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

18

Svetlobno-tehnična kakovost

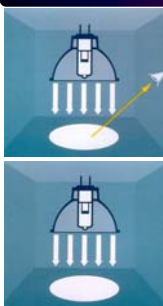


EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

19

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

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)

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

20

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.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

21

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

Ustrezna 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.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

22

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

Omejevanje bleščanja.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

23

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



Optično vodenje:

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

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

24

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

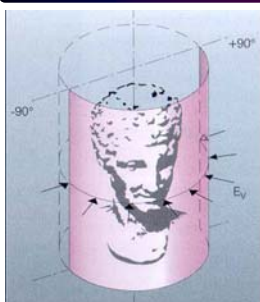


EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Smer svetlobe in sence ter barva svetlobe.

25

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

26

Svetlobno-tehnična kakovost

Potencialna nevarnost določa kriterije cestne razsvetljave:

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



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

27

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.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

28

Kakovost cestne razsvetljave

Finančna kakovost

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

29

Kakovost cestne razsvetljave



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

30

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

Finančna kakovost



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Stroški za cestno razsvetljavo:

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

31

Finančna kakovost



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

Ni vedno res!

32

Finančna kakovost

Cestna razsvetljava je razmeroma poceni:

30 EUR letno na prebivalca od tega:

- 20 EUR za investicije in vzdrževanje;
- 10 EUR za porabljeni električno energijo.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

33

Finančna kakovost



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

34

Kakovost cestne razsvetljave

Ekološka kakovost

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

35

Kakovost cestne razsvetljave



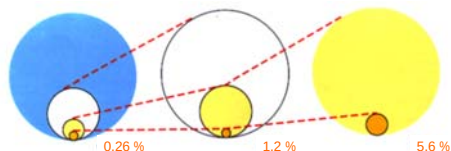
EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

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

36

Ekološka kakovost

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



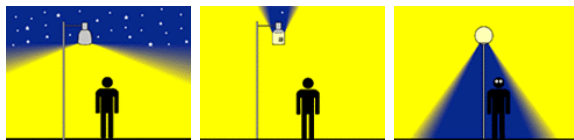
Poraba: celotne energije, električne energije, el. en. za razsvetljavo

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

37

Ekološka kakovost

Svetlobno onesnaženje: za cestno
razsvetljavo nekoristen del svetlobe, ki se
sipa ali odbija v stanovanja oziroma v nebo
predstavlja svetlobno onesnaženje.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

38

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.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

39

Ekološka kakovost



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Vpliv na insekte in živali: umetna svetloba v nočnem času lahko zmoti življenjski ritem različnih vrst insektov in živali.

40

Kakovost cestne razsvetljave

Projektiranje cestne razsvetljave

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

41

Naloga cestne razsvetljave

Osnova za dober vid je ustrezna svetlost okolice oziroma opazovanega objekta, ki zagotavlja ustrezno adaptacijo očesa in s tem optimalen vid.

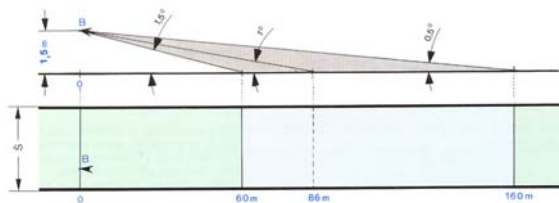
Naloga cestne razsvetljave je torej zagotoviti ustrezno svetlost okolice.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

42

Polje opazovanja

Za uporabnika cestne površine je pomemben samo tisti del ceste, ki ga ima v vidnem polju.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

43

Polje opazovanja

- Oko voznika se nahaja na višini približno 1,5 m nad cesto, na polovici desne strani ceste (točka B).
- Pogled je usmerjen naprej in navzdol pod kotom 1° .
- Vidno polje zajema še dodaten kot $0,5^\circ$ na vsako stran, torej področje med $0,5^\circ$ in $1,5^\circ$.
- Polje opazovanja se začne pri 60 m oddaljenosti od voznika in sega do 160 m oddaljenosti.
- Mednarodno je dogovorjeno, da se polje opazovanja vedno začne pri svetilki.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

44

Polje vrednotenja

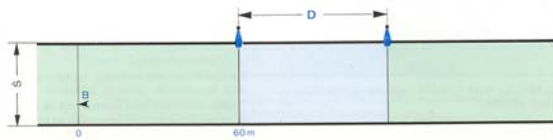
- Ko se voznik premika naprej, se z njim premika naprej tudi polje opazovanja in se torej spreminja.
- Ker se polje opazovanja prične pri svetilki, se torej spreminja samo do naslednje svetilke, nato pa se ponovi.
- Vozniku se torej med vožnjo slika med dvema sosednjima svetilkama periodično ponavlja.
- Zaradi tega je bilo vpeljano polje vrednotenja, ki zajema v vzdolžni smeri področje med dvema svetilkama.
- V prečni smeri zajema polje vrednotenja celotno širino vozišča oziroma širino vozišča za smer vožnje (če sta ločena).

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

45

Polje vrednotenja

Zaradi ponavljanja zadostuje, če svetlobno-tehnične razmere opazujemo samo znotraj polja vrednotenja, torej med dvema sosednjima svetilkama.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

46

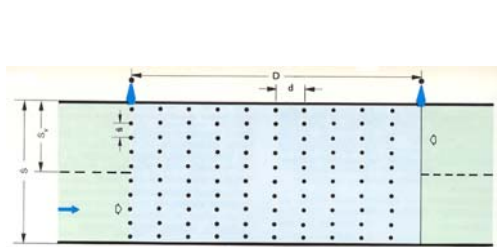
Točke vrednotenja

- Ker polje vrednotenja površina, se znotraj njega definira točke, v katerih se opazuje svetlobno-tehnične veličine (svetlost, osvetlitvenost) - točke vrednotenja.
- Točke vrednotenja morajo biti v polju vrednotenja enakomerno razporejene.
- Med dvema svetilkama mora biti vsaj 10 točk vrednotenja, ki pa ne smejo biti več kot 5 m oddaljene druga od druge.
- V prečni smeri moramo predvideti vsaj 5 točk na vozni pas. Srednja leži na simetrični, robna pa 0,1 m od roba.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

47

Točke vrednotenja



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

$$n_l = 10$$

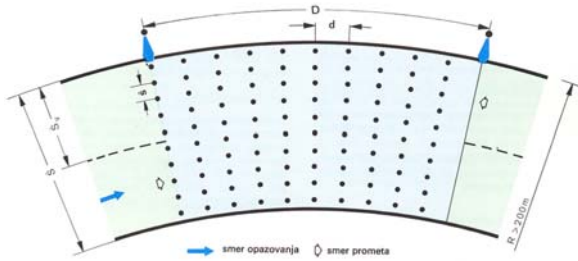
$$n_l \geq \frac{D}{5}$$

$$\xi = \frac{\xi_v}{5}$$

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

48

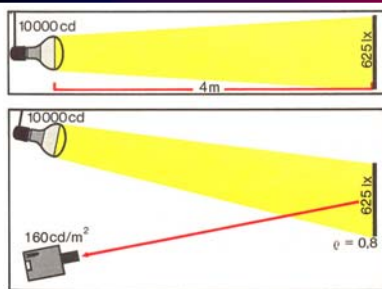
Točke vrednotenja



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

49

Svetlost in osvetljenost

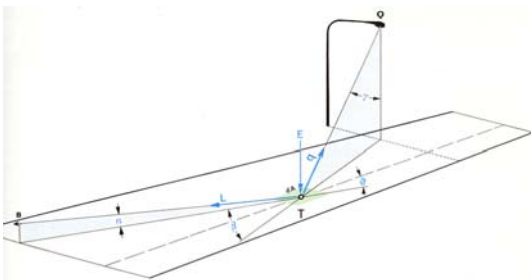


Osvetljenost je odvisna samo od vira in razdalje do opazovane površine, svetlost pa tudi od odsevnosti (refleksije) opazovane površine

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

50

Svetlost in osvetljenost



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

51

Svetlost in osvetljenost

- Svetlost je pomembna na prometnih površinah, kjer se odvija motorni promet.
- V tem primeru je vidna naloga udeleženca v prometu ozko definirana (področje pred vozilom).
- Glede na smer vožnje pa je definirana tudi smer opazovanja.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

52

Svetlost in osvetljenost

Pri prometnih površinah, kjer je torej smer pogleda definirana (**ceste**) se razsvetljava projektira glede na zahtevano **svetlost**.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

53

Svetlost in osvetljenost

- Svetlost površine je odvisna od:
 - mesta opazovalca
 - smeri opazovanja;
- geometrije razsvetljavne naprave;
 - refleksijskih lastnosti površine v določeni smeri;
 - svetlobnega toka svetilk;
 - porazdelitve svetilnosti svetilk.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

54

Svetlost in osvetljenost

- Na prometnih površinah, namenjenih pešcem oziroma mešanemu prometu je vidna naloga precej široko definirana.
- Prav tako je tudi smer pogleda lahko zelo različna oziroma ni definirana.
- Zaradi tega svetlosti kot kriterija za razsvetljavo ne moremo uporabiti.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

55

Svetlost in osvetljenost

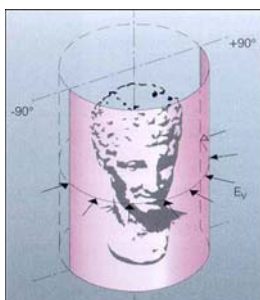
Pri prometnih površinah, kjer torej smer pogleda ni definirana, oziroma je **promet mešan**, se razsvetljava projektira glede na zahtevano **osvetljenost**.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

56

Svetlost in osvetljenost



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

57

- Upoštevati je potrebno tako ustrezno:
- **horizontalno osvetljenost** prometnih površin kot tudi (v primeru površin za pešce
- **vertikalno ali polcilindrično osvetljenost**.

Kako svetla naj bo cesta?

Ustrezne svetlosti so bile določene na podlagi večletnih eksperimentalnih študij in so zajete v različnih priporočilih:



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

Kako svetla naj bo cesta?

Priporočila in standardi podajajo **minimalne svetlosti** (v cd/m^2) v odvisnosti od parametrov prometa in ceste.

ločitev smernih vozlišč	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

Kako svetla naj bo cesta?

Postopek izbire ustrezne svetlosti začnemo z izbiro osnovne svetlobno-tehnične situacije.

Tabela št. 5.1.: Osnovna razvrstitev svetlobnotehničnih situacij

tipična hitrost glavnih udeležencev v prometu	glavni udeleženci v prometu	ostali udeleženci v prometu, ki jim je dovoljena uporaba prom. površine	skupine udeležencev v prometu, ki jim uporaba prometne površine ni priporočena	skupina situacij
visoka	M	-	TKP	A1
		T	TP	A2
		TKP	-	A3
zmerja	MT	YP	-	B1
	MTK	P	-	B2
	K	P	MT	C1
nizka	MP	-	TK	D1
	MP	YP	-	D2
	MTK	-	-	D3
zelo nizka	MTKP	-	MTK	E1
	P	MTK	-	E2

Kako svetla naj bo cesta?



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Kjer so udeleženci v prometu:

M ... motorni promet,

K ... kolesarji,

P ... pešci in

T ... počasni promet;

hitrosti pa:

visoka ... >60 km/h

zmerna ... >30 km/h in <60 km/h

nizka ... >5 km/h in <30 km/h

zelo nizka ... <5 km/h

61

Kako svetla naj bo cesta?

Ko smo izbrali ustrezno skupino situacij (A1, A2, B1, ...), nadaljujemo z izbiro svetlobno-tehničnega razreda znotraj izbrane situacije (na primer A1).

Tabela A.1.1.: Izbira svetlobnotehničnih razredov M za skupino situacij A1

Iščitev smernih vozil	razdalja med priključki	štev. križišč na km	povprečni letni dnevni promet								
			< 15000			15000 do 25000			> 25000		
da	> 3km	< 3	←	o	→	←	o	→	←	o	→
ne	> 3km	< 3	5	4a	3a	4a	3a	2	4a	3a	2
	< 3km	< 3	4a	3a	2	4a	3a	2	3a	2	1
	> 3km	> 3	5	4a	3a	5	4a	3a	4a	3a	2
	< 3km	> 3	4a	4a	3a	4a	3a	2	3a	2	1
da	> 3km	< 3	4a	3a	2	3a	2	1	3a	2	1
	< 3km	< 3	3a	2	1	3a	2	1	2	2	1
	> 3km	> 3	4a	4a	3a	4a	3a	2	3a	2	1
	< 3km	> 3	4a	3a	2	3a	2	1	2	2	1

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

62

Kako svetla naj bo cesta?

Za dane razmere dobimo v tabeli podane tri ustrezne razrede. Kateri dejansko izberemo, pa je odvisno od dodatnih pogojev, predvsem pa od svetlosti okolice.

Tabela A.1.2.: Izbira ustreznega razreda iz skupine situacij v tabeli A1.1.

konfliktno področje	kompleksnost vidnega polja	zahtevnost orientacije	svetlost okolice		
			nizka	redna	visoka
ne	občajna	občajna	←	←	o
		visja od občajne	o	←	→
	velika	občajna	←	o	o
		visja od občajne	o	→	→
da			o	→	→

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

63

Kako svetla naj bo cesta?

Vrednost ustrezne svetlosti za posamezen svetlobno-tehnični razred iz določene skupine (na primer M) dobimo iz naslednje tabele:

Tabela št. 6.4.: Zahteve za razrede skupine M

Razred	E_{av}	U_{av}	U_0	β	K_0
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
M3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
M3b			0,6		
M3c			0,5		
M3d			0,6		
M4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
M6	0,3	0,35	0,4	15	-

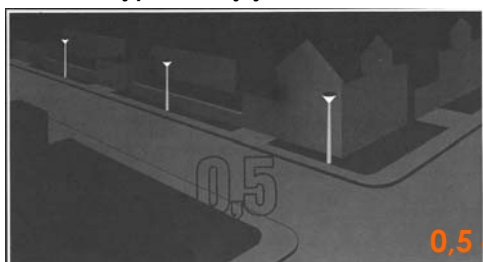
Prav tako pa tudi druge parametre: enakomernost, relativni porast praga zaznavanja, količnik svetlosti okolice.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

64

Kako svetla naj bo cesta?

Kaj predstavljajo izbrane vrednosti svetlosti?



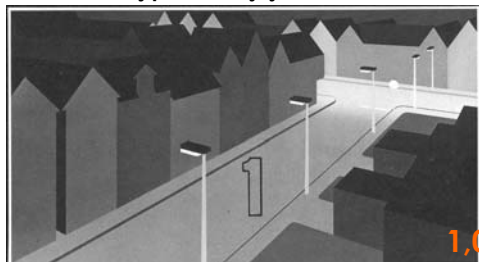
0,5 cd/m²

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

65

Kako svetla naj bo cesta?

Kaj predstavljajo izbrane vrednosti svetlosti?



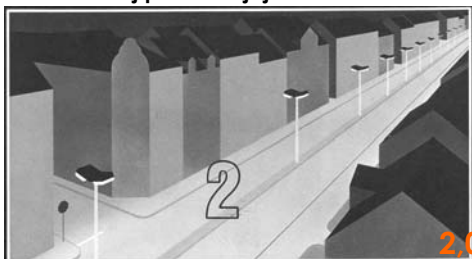
1,0 cd/m²

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

66

Kako svetla naj bo cesta?

Kaj predstavljajo izbrane vrednosti svetlosti?



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

67

Enakomernost svetlosti

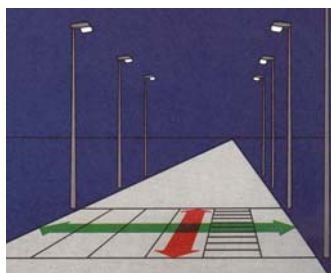
- Predmeti (ovire na cesti) so opazni le, če obstaja med njimi in okolico določen kontrast (v svetlosti).

• Svetlost torej ni dovolj, če ni tudi **ustrezne enakomernosti svetlosti**, ki nudi **ustrezno ozadje za ovire na cesti**.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

68

Enakomernost svetlosti



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

69

Ustrezno enakomernost svetlosti, tako **vzdolžno** U_l kot tudi **prečno** U_p oziroma splošno U_0 , izberemo podobno kot ustrezno svetlost.

Enakomernost svetlosti

Vrednost ustrezne svetlosti za posamezen svetlobno-tehnični razred iz določene skupine (na primer M) dobimo iz naslednje tabele:

Tabela št. 6.4.: Zahteve za razrede skupine M

Razred	L_{av}	U_1	U_2	γ	K_0
M1	2.0	0.4	0.7	10	0.5
M2	1.5	0.4	0.7	10	0.5
M3a	1.0	0.4	0.7	15	0.5
M3b			0.6		
M3c			0.5		
M4a	0.75	0.4	0.5	15	0.5
M4b			0.5		
M4c			0.4		
M5	0.5	0.35	0.4	15	0.5
M6	0.3	0.35	0.4	15	-

Prav tako pa tudi druge parametre: enakomernost, relativni porast praga zaznavanja, količnik svetlosti okolice.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

70

Enakomernost svetlosti

Kako izgledajo različne enakomernosti?



$U_1 = 0,5$

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

71

Enakomernost svetlosti

Kako izgledajo različne enakomernosti?



$U_1 = 0,625$

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

72

Enakomernost svetlosti

Kako izgledajo različne enakomernosti?



$$U_1 = 0,77$$

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

73

Enakomernost svetlosti

Še primer iz dejanskega sveta!



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

74

Enakomernost svetlosti

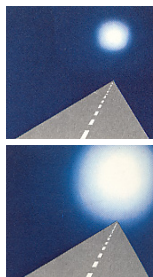
In iz domačih logov!



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

75

Omejevanje bleščanja



Ponoči (pri majhnih svetlostih okolice) blešči vsak vir svetlobe v vidnem polju. Zaradi njegove velike svetlosti se poveča prag zaznavanja, kar pomeni, da določenih predmetov **ne moremo videti**.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

76

Omejevanje bleščanja

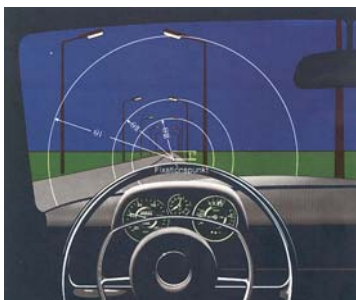
Glede na konstrukcijo svetilk so za bleščanje predvsem pomembne svetilnosti pri kotih nad 80° .



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

77

Omejevanje bleščanja

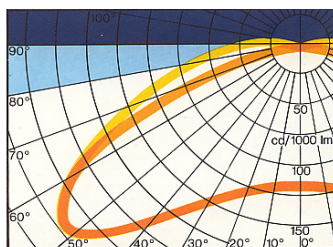


Vsako cestno svetilko voznik namreč vidi pod drugim kotom glede na točko usmerjenosti pogleda.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

78

Omejevanje bleščanja



Zaradi tega so predpisi včasih podajali maksimalne svetlosti svetilk pri kotih 80° in 90°. Danes se ta problem rešuje s podajanjem in izračunom porasta praga zaznavanja.

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

slabša
boljša

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

79

Cestna obloga



Glede na to, da je svetlost prometne površine odvisna tudi od odsevnosti cestne obloge, je potrebno pri projektiranju cestne razsvetljave upoštevati tudi to.

Ločimo dve glavni lastnosti cestne obloge:

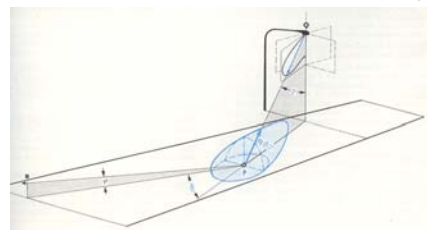
- hrapavost χ_p (hrapava, gladka)
- odsevnost q_0 (svetla, temna)

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

80

Cestna obloga

Odsevnost cestne obloge lahko predstavimo s pomočjo q-telesa ...



$$q = \frac{L}{E}$$

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

81

Cestna obloga

Postopek lahko poenostavimo z uporabo "standardnih refleksijskih razredov vozišč":

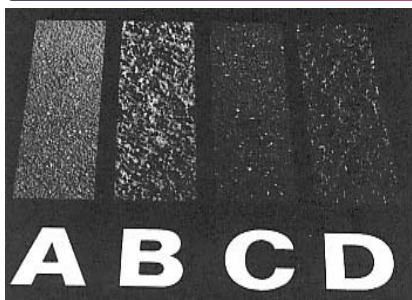
- R I** ... razpršena (difuzna) refleksija
- R II** ... slabo razpršena (difuzna) refleksija
- R III** ... slabo usmerjena refleksija
- R IV** ... usmerjena refleksija

RV ... močno usmerjena (zrcalna) refleksija

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

82

Cestna obloga

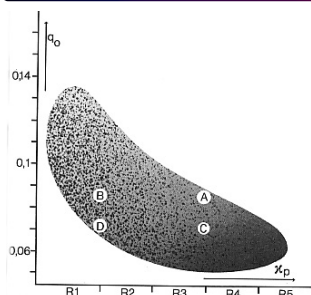


- A** ... svetla, gladka
- B** ... svetla, hrapava
- C** ... temna, gladka
- D** ... temna, hrapava

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

83

Cestna obloga



Najboljše svetlobno-tehnične razmere dosežemo na svetlih hrapavih površinah (**B**), kritične pa so temne gladke površine (**C**).

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

84

Osvetljenost cestne površine

Na podoben način, kot se določi oziroma izbere ustrezne svetlobno-tehnične parametre pri cestah, izberemo oziroma določimo tudi ustrezne parametre pri površinah namenjenih pešcem in mešanemu prometu.

Le da tu namesto svetlosti izberemo ustrezne vrednosti osvetljenosti.

Kriteriji kakovosti

Kriteriji kakovosti cestne razsvetljave so torej:

- nivo svetlosti;
- enakomernost svetlosti;
- omejitev bleščanja;
- optično vodenje;
- nivo osvetljenosti;
- enakomernost osvetljenosti.

Izbor svetilk



Prvi kriterij za izbor svetilk so ustrezne svetlobno-tehnične lastnosti oziroma doseganje ustreznih svetlosti ali osvetljenosti.

Pomembne pa so tudi druge lastnosti.

Izbor svetilk



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Oblika

Glede na to, da so svetilke v naseljih nameščene praktično na vsakih 30 m prometne površine, je ustrezna oblika svetilke še kako pomembna.

88

Izbor svetilk



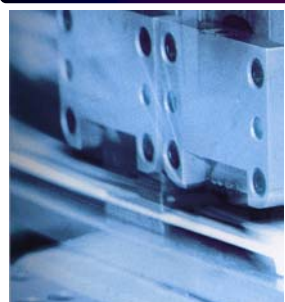
EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Konstrukcijski detajli

Ustrezna konstrukcija svetilke olajša njeno montažo in vzdrževanje, to pa pomeni prihranke časa in denarja.

89

Izbor svetilk



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Material

Ohišja svetilk in drugi mehanski deli morajo biti odporni na korozijo, poleg tega mora biti material ustrezno lahek, imeti ustrezne mehanske lastnosti in dolgo življensko dobo.

90

Izbor svetilk



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

Varnost

pomembna je tudi
varnost, tako
mehanska kot tudi
električna (nevarnost
dotika delov pod
nevarno napetostjo).

91

Izbor svetlobnega vira

Z izborom svetlobnega vira definiramo:



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

- svetlobni tok svetilke;
- porazdelitev svetlosti;
- postavitev in število stebrov;
- barvo svetlobe;
- faktor reprodukcije barve;
- izkoristek razsvetljavne naprave;
- inštalirano moč;
- interval vzdrževanja.

92

Visokotlačna natrijeva sijalka

Delujejo pri tlaku 0,25 bara in temperaturi 1000 K.

Svetloba je bolj bela in ni monokromatska.

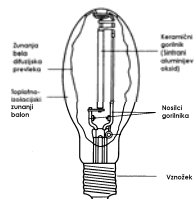
Temperatura barve: 2200 K.

Izkoristek: 95 do 150 lm/W.

Življenjska doba: do 24.000 ur.

Faktor reprodukcije barve: 20 - 65%.

Moč do 1000 W.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

93

Visokotlačna živosrebrna sijalka

Deluje enako kot fluo - cev, le da ima manjši delež UV svetlobe - vseeno ima fluorescentni premaz.

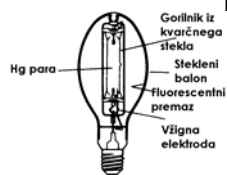
Svetlobni izkoristek: do 60 lm/W.

Življenjska doba: >15.000 ur.

Faktor primerljivosti barve: 23 - 55%.

Temperatura barve: 2000 - 4000 K.

Moči do 400 W



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

94

Kovinsko halogenidna sijalka

Temelji na VT Hg sijalki, vendar so v gorilnik dodani kovinski halogenidi - redke zemlje: disprozij, holmij, tulij, ... pa tudi cin, natrij, litij, indij.

Ima manj UV svetlobe, zato nima fluorescentnega premaza. Barvo svetlobe določamo z dodatki.

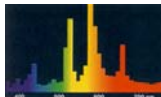
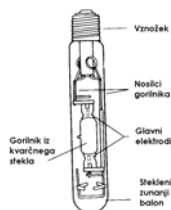
Izkoristek: 67 do 95 lm/W.

Življenjska doba: 15.000 ur.

Temperatura barve: 3000 - 6000 K.

Faktor primerljivosti barve: do 95%.

Moči do 2000 W.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

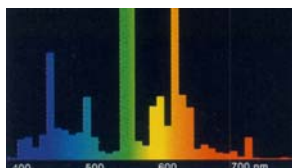
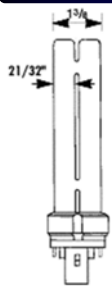
95

Kompaktna fluorescenčna sijalka

Po principu delovanja: fluorescentna sijalka.

10% manjša poraba energije kot fluo. cevi.

Življenjska doba: 8000 ur, vendar pri 20.000 vklopih le še 3000 ur.

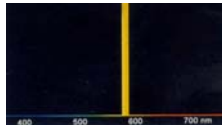
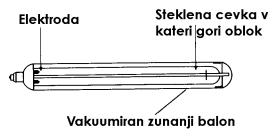


EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

96

Nizkotlačna natrijeva sijalka

Najboljši izkoristek: do 200 lm/W.
Monokromarska svetloba: rumena 589 nm.
Temperatura barve: 1750 K.
Življenjska doba: 16.000 ur.
Predvsem za osvetljevanje prometnih površin.
Moči do 180 W



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

97

Geometrija razsvetljavne naprave

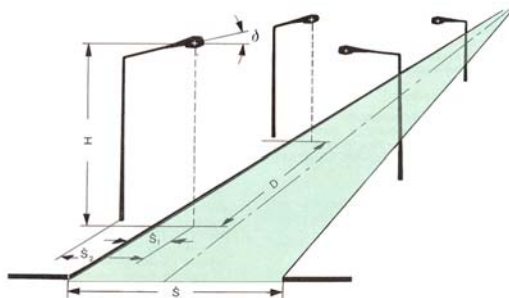
Geometrijo razsvetljavne naprave označujejo naslednji parametri:

- višina montaže svetilke (H);
- razmak med svetilkami (D);
 - širina vozišča ($\check{S}$);
- previs svetilke ($\check{S}1$);
- izteg svetilke ($\check{S}2$) in
- nagib svetilke (δ).

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

98

Geometrija razsvetljavne naprave



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

99

Razporeditev svetilk

Poznamo več standardnih razporeditev svetilk:

- enostranska razporeditev;
- osna razporeditev;
- dvostranska nasprotna razporeditev;
- sredinska dvovrstna razporeditev in
- dvostranska premaknjena razporeditev.

Razporeditev je vedno potrebno prilagoditi razmeram.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

100

Enostranska razporeditev



- Enostranska razporeditev je primerna za ceste z majhno širino vozišča (do 10 m).
- Višina montaže mora biti enaka ali večja širini vozišča:
 $(\dot{S}/H) \leq 1$
- Svetilke so običajno nameščene na stebre.
- Svetlost vozišča je običajno na polovici ob svetilkah večja.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

101

Enostranska razporeditev



- Pri enosmernih cestah namestimo svetilke ob desni strani v smeri vožnje.
- Pri dvosmernih cestah namestimo svetilke ob strani, kjer je promet gostejši.
- Na ovinkih namestimo svetilke ob zunanjem ovinku.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

102

Oсна razporeditev



- Osno razporeditev večini uporabljamo pri cestah, kjer so zgradbe locirane ob obeh straneh ceste (lažja namestitve nosilnih vrvi).
- Tudi pri tem primeru mora biti višina montaže večja ali kvečjemu enaka širini cestišča $(\dot{S}/H) \leq 1$.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

103

Oсна razporeditev



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

104

- Slabe lastnosti take razporeditve so:**
- veter povzroča nihanje svetilk.
 - vzdrževanje razsvetljave moti potek prometa.
- Dobra lastnost pa je, da je enakomernost svetlosti (predvsem prečna) večja.**

Dvostranska razporeditev



- Uporabljamo jo v primeru širših cestišč (nad 10 m), kjer ni vmesnega pasu ali je le-ta ožji od 2m.
- Uporabljamo lahko nasprotno ali premaknjeno razporeditev $(\dot{S}/H) < 1,5$.
- Pri premaknjeni razporeditvi je višina svetilke manjša od širine cestišča $(\dot{S}/H) > 1$.
- Pri širših vmesnih pasovih lahko dodatno uporabimo še sredinsko razporeditev.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

105

Dvostranska razporeditev



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

- Prednost te razporeditve je, da je desni vozní pas bolje osvetljen od levega (ugodnejše iz prometnih razlogov).

- Vzdrževanje in namestitve svetilk je lažja, opravlja se zunaj vozišča.

106

Sredinska razporeditev



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

- Uporabljamo v primeru dveh ločenih vozišč, pri katerih širina enega ni večja od 10 m, širina nevoznega pasu pa je med 2 in 6 m.

- Svetilke so nameščene na dvokrakih stebrih, postavljenih na sredini nevoznega pasu.

- Razporeditev svetlosti je približno enaka kot pri enostranski razporeditvi, upoštevati pa je potrebno, da vse svetilke osvetljujejo oba vozna pasova.

107

Sredinska razporeditev



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

- Če je širina voznega pasu večja od 10 m in če širina nevoznega pasu ni večja od 6 m, dodatno uporabimo še dva niza svetilk na zunanji strani ceste.

- Te so lahko razporejene premaknjeno ($\text{Š}=1 \dots 1,5 \text{ H}$) ali nasprotno ($\text{Š}>1,5 \text{ H}$).

108

Posebni primeri - vodenje



- V ovinkih svetilke namestimo na zunanjo stran - **boljše optično vodenje.**



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

109

Posebni primeri - označevanje



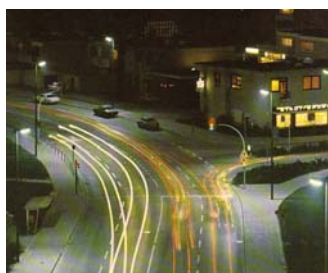
- Križišča in druga nevarna področja lahko "označimo" z večjo svetlostjo ali z drugo barvo svetlobe ali z drugačno razporeditvijo svetilk.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

110

Posebni primeri - označevanje



- Konec ceste (uvoz na prednostno cesto) lahko označimo s povečano svetlostjo in s svetilko nasproti uvozu.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

111

Posebni primeri - označevanje



• Večje prometne površine (trgi) morajo biti vsaj tako svetli kot ceste, lahko pa jih z povečano svetlostjo še dodatno označimo.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

112

Izračun svetlosti

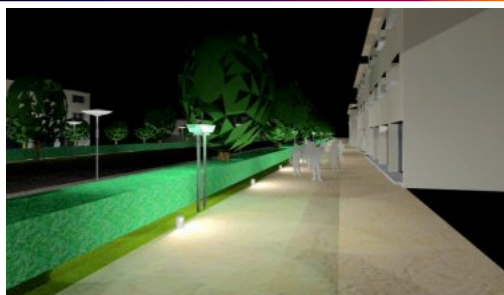
Svetlost cestne površine lahko izračunamo na več načinov:

- metoda s faktorjem r ;
- metoda s faktorjem izkoristka;
- metoda z izo-cd/m² diagramom;
- metoda z izo-r in izo-cd diagramoma;
- metoda z izo-q in izo-lux diagramoma;
- metoda z računalniško simulacijo.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

113

Računalniška simulacija



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

114

Izračun osvetljenosti

Podobno kot svetlost vozišča. lahko izračunamo tudi osvetljenost cestne površine:

- metoda s faktorjem izkoristka;
- metoda z izo-lux diagramom;
 - grafo-analiitična metoda;
- metoda z računalniško simulacijo.

Računalniška simulacija



Merjenje zunanje razsvetljave

Pri zunanji razsvetljavi merimo:

- svetlost cestne površine;
- enakomernost svetlosti;
- osvetljenost cestne površine in
 - enakomernost osvetljenosti.

Merjenje zunanje razsvetljave

Kontrola nivoja svetlosti

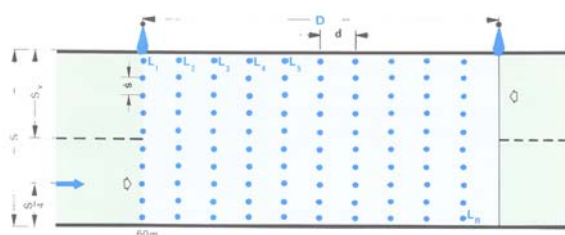
Nivo svetlosti lahko merimo na dva načina:

- meritev svetlosti v točkah, ki ustrezajo točkam izračuna svetlosti;
- meritev svetlosti v polju opazovanja z integracijskim načinom merjenja.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

118

Merjenje zunanje razsvetljave



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

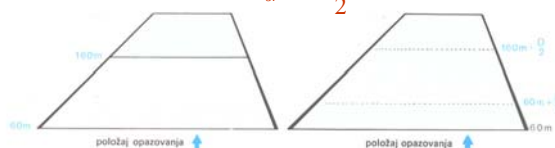
$$L_{sr} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_i$$

119

Merjenje zunanje razsvetljave

Meritev srednje vrednosti svetlosti polja opazovanja (potrebni sta dve meritvi).

$$L_{sr} = \frac{\overline{L_1} + \overline{L_2}}{2}$$



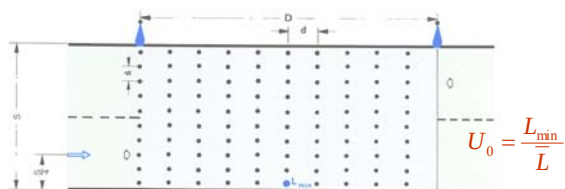
EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

120

Merjenje zunanje razsvetljave

Kontrola enakomernosti svetlosti:

Splošno enakomernost svetlosti izračunamo iz povprečne vrednosti svetlosti in najmanjše izmerjene vrednosti.



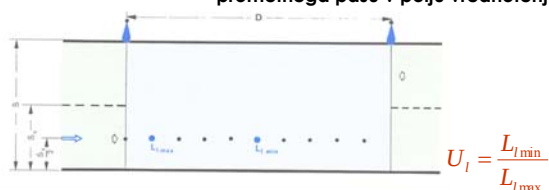
EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

121

Merjenje zunanje razsvetljave

Kontrola enakomernosti svetlosti:

Vzdolžno enakomernost svetlosti pa izračunamo iz največje in najmanjše izmerjene vrednosti svetlosti na simetrični osi prometa pasu v polju vrednotenja.



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

122

Merjenje zunanje razsvetljave

Kontrola nivoja osvetljenosti

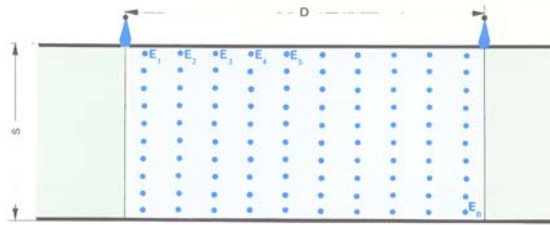
Nivo osvetljenosti cestišča ugotovimo s pomočjo meritev svetlosti v posameznih točka znotraj področja vrednotenja. Točke meritev se ujemajo s točkami izračunov oziroma točkami vrednotenja.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

123

Merjenje zunanje razsvetljave

Meritev osvetljenosti v točkah



EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

$$E_{sr} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n E_i$$

124

Merjenje zunanje razsvetljave

Kontrola enakomernosti osvetljenosti:
Enakomernost osvetljenosti izračunamo podobno kot enakomernost svetlosti s pomočjo razmerja med minimalno in srednjo vrednostjo ali minimalno in maksimalno vrednostjo osvetljenosti .

$$U_{e1} = \frac{E_{min}}{E} \quad U_{e2} = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

125

Postopek projektiranja

1. Potrebni podatki

- urbanistična situacija;
- karakterističen profil ceste;
- podatki o površinskem sloju cestišča;
- podatki o sedanjem in perspektivnem značaju ceste;
- specifične zahteve investitorja.

EIR: Kakovostna cestna razsvetljava

126

Postopek projektiranja

2. Svetlobno-tehnična priporočila

Izbrati je potrebno ustrezna priporočila za projektiranje cestne razsvetljave:

- CIE priporočila;
- **SDR priporočila;**
- JUS (JKO) priporočila;
- DIN priporočila, ...

Postopek projektiranja

3. Svetlobno-tehnična karakterizacija

Cesto ustrezno svetlobno-tehnično okarakteriziramo glede na izbrana priporočila in izberemo ustrezen svetlobnotehnični razred.

Postopek projektiranja

4. Vrednosti zahtevanih svetlosti in osvetljenosti

Iz ustreznih priporočil za izbrani razred ceste izpišemo zahtevane vrednosti svetlosti oziroma osvetljenosti ter drugih pomembnih parametrov (enakomernost, TI, ...).

Postopek projektiranja

5. Refleksije lastnosti cestišča

Ugotovimo refleksijske lahкости cestišča in sicer iz podatkov o njegovem površinskem sloju. Nato določimo:

- standardni refleksijski razred ali
- srednji koeficient svetlosti q_0 .

Postopek projektiranja

6. Predvidimo ustrezno razporeditev svetilk

Glede na geometrijo cestišča in okolice (širina, pozidanost, ...) izberemo najprimernejšo standardno ali posebno razporeditev svetilk ob cestišču.

Postopek projektiranja

7. Viri in svetilke

Na podlagi prometnih, geometrijskih in svetlobno-tehničnih pogojev izberemo ustrezne svetilke in svetlobne vire. Ne smemo pozabiti tudi na estetski izgled razsvetljavne naprave.

Postopek projektiranja

8. Geometrija razsvetljavne naprave

Na osnovi smernic določimo:

- višino montaže svetilke;
- previs svetilke;
- izteg svetilke;
- nagib svetilke in
- razmak med svetilkami.

Postopek projektiranja

9. Kontrolni svetlobno-tehnični izračun

Na osnovi podatkov o cestni površini ter izbrane svetilke, vira in geometrije razsvetljavne naprave izračunamo:

- svetlost (osvetljenost);
- enakomernost;
- relativni porast bleščanja.

Postopek projektiranja

10. Izbor variante

Na koncu med seboj primerjamo posamezne variante razsvetljavne naprave in izberemo najustreznejšo glede na:

- ekonomičnost;
- estetski izgled;
- vzdrževanje.

... in še:

Vprašanja?
