



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

TEHNIČNA SPECIFIKACIJA TSG-211-XXX: 2025

Ministrica za infrastrukturo na podlagi 13. člena Zakona o cestah (Uradni list RS, št. 132/2022 in 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 - ZUNPEOVE) izdaja tehnično specifikacijo

PROJEKTIRANJE CEST IN PROMETNA VARNOST

CESTNA RAZSVETLJAVA

TSPI - P.03.410: 2025

Ministrica za infrastrukturo
mag. Alenka Bratušek

Številka:

V Ljubljani,

Vsebina

1	Predmet tehnične specifikacije	7
2	Pomen izrazov	7
3	Simboli in kratice.....	7
4	Razsvetljava prometnih površin.....	7
4.1	Razsvetljava prometnih površin za motorni promet	8
4.2	Razsvetljava prometnih površin za pešce, kolesarje in področij za počasni promet	9
4.3	Razsvetljava konfliktnih področij.....	9
5	Princip določitve svetlobnotehničnega razreda in izračuna potrebnih svetlobnotehničnih parametrov	9
5.1	Izbira razreda M.....	10
5.2	Izbira razreda C	13
5.3	Izbira razreda P.....	16
5.4	Primeri izbire svetlobnotehničnega razreda.....	17
5.4.1	Primeri določanje svetlobnotehničnega razreda M.....	17
5.4.1.1	Primer 1	18
5.4.1.2	Primer 2	19
5.4.2	Primeri določanje svetlobnotehničnega razreda C	21
5.4.2.1	Primer 1	21
5.4.2.2	Primer 2	23
5.4.3	Primeri določanje svetlobnotehničnega razreda P	25
5.4.3.1	Primer 1	25
5.4.3.2	Primer 2	26
6	Način določitve redukcije svetlobnega toka in režima delovanja	29
7	Primeri razsvetljave prometnih površin	33
7.1	Ceste v naselju	34
7.1.1	Pločnik ob neobremenjenem delu ceste v naselju	35
7.1.1.1	Svetilke postavljene zamaknjeno na obeh straneh ceste	35
7.1.1.2	Svetilke postavljene na eni strani ceste.....	36
7.1.2	Obremenjeni del ceste v naselju	37
7.1.2.1	Svetilke postavljene na obeh straneh ceste	38
7.1.2.2	Svetilke postavljene na eni strani ceste.....	38
7.2	Prehodi in podhodi za pešce	39
7.2.1	Prehodi za pešce.....	39
7.2.2	Podhodi za pešce	39
7.2.3	Hodniki za pešce v območju označenih prehodov ali podhodov.....	41
7.3	Razcepi avtocest in hitrih cest.....	41
7.3.1	Razcepi avtocest	41
7.3.2	Razcepi hitrih cest	42
7.3.3	Razcepi na daljinskih cestah.....	43

7.4	Uvozi in izvozi iz avtocest in hitrih cest.....	44
7.5	Servisne prometne površine ob javnih cestah	45
7.5.1	Avtobusna postajališča	46
7.5.1.1	Avtobusni postajališči izven naselja z deniveliranim otokom	46
7.5.1.2	Avtobusni postajališči izven naselja z deniveliranim otokom in prehodom za pešce med njima	47
7.5.1.3	Avtobusni postajališči na neobremenjenem delu ceste v naselju ali na cestišču izven naselja	47
7.5.1.4	Nasproti ležeči avtobusni postajališči ob vozišču izven naselja	49
7.5.2	Parkirišča.....	49
7.5.3	Počivališča	50
7.5.4	Oskrbne postaje	52
7.5.5	Površine za nadzor prometa	53
7.5.6	Obračališča	55
7.5.7	Površine kontrolnih postaj.....	56
7.6	Kanalizirana križišča	57
7.6.1	Križišča s tremi ali več razvrstilnimi pasovi	57
7.6.2	Krožna križišča	58
7.6.3	Turbo krožna križišča.....	60
7.7	Naprave za umirjanje prometa	61
7.7.1	Osvetlitev ploščadi trapezne oblike brez prehoda za pešce	62
7.7.2	Osvetlitev ploščadi trapezne oblike s prehodom za pešce	62
7.7.3	Osvetlitev deniveliranih otokov v križišču	62
7.7.4	Osvetlitev deniveliranega otoka na avtobusnem postajališču.....	63
7.7.5	Osvetlitev deniveliranega otoka za zamik osi smernega vozišča na cesti izven naselja.....	63
7.8	Kolesarske površine.....	63
7.8.1	Kolesarski prehodi v naselju	63
7.8.2	Ceste v naseljih s souporabo prometnih pasov.....	63
7.8.3	Mesta znotraj naselja, kjer se prepletata motorni in kolesarski promet.....	63
7.8.4	Območja fizičnih naprav za umirjanje prometa kolesarjev v naseljih	64
8	Izvedba svetlobnotehničnih meritev	65
8.1	Merilni inštrumenti.....	65
8.1.1	Zahteve za merilnik svetlosti.....	66
8.1.2	Zahteve za merilnik osvetljenosti	66
8.2	Merjeni odseki.....	67
8.3	Merjeni parametri	67
8.4	Pogoji za meritve - stabilizacija po vklopu	67
8.5	Vremenski pogoji	68
8.5.1	Merilni instrumenti	68
8.5.2	Inštalacija cestne razsvetljave	68
8.5.3	Razmere na vozišču	69
8.5.4	Vsiljena svetloba in ovire / Svetloba iz okolice	69
8.6	Fotometrične meritve – lokacija merilnik točk	69
8.7	Meritve svetlosti	69
8.7.1	Lokacija opazovalca (merilnik svetlosti) in lokacija merilnih točk	69

8.7.2	Izbira merilnih točk.....	71
8.7.3	Meritev povprečne vrednosti svetlosti	72
8.8	Meritev osvetljenosti.....	72
8.8.1	Splošno	72
8.8.2	Mreža merilnih točk.....	72
8.8.3	Merilna mreža na površinah nepravilnih oblik	73
8.8.4	Izbira merilnih točk.....	74
8.8.5	Meritev horizontalne osvetljenosti	74
8.8.6	Meritev polkrogelne osvetljenosti	75
8.8.7	Meritve polcilindrične osvetljenosti	75
8.8.8	Meritve vertikalne osvetljenosti	76
8.8.9	Dodatne zahteve za statične merilne sisteme	76
8.8.10	Meritev količnika osvetljenosti robov (REI).....	76
8.8.11	Meritev porasta praga zaznavanja (f_{T1}).....	77
8.8.12	Meritve osvetljenosti na prehodih za pešce	77
8.9	Meritve ne-svetlobnotehničnih parametrov	77
8.9.1	Splošno	77
8.9.2	Napajalna napetost.....	77
8.9.3	Temperatura in vlažnost	77
8.9.4	Geometrični podatki / Situacija	77
8.9.5	Inštrumenti za ne-svetlobnotehnične meritve	77
8.9.6	Poročilo o meritvah.....	77
8.9.7	Presoja merilnih rezultatov.....	78
9	Druge zahteve za projektiranje in izvedbo cestne razsvetljave.....	80
9.1	Tehnične zahteve za vgrajeno opremo	80
9.1.1	Dokazila za izpolnjevanje tehničnih zahtev	80
9.1.2	Svetlobnotehnične zahteve.....	80
9.1.3	Električne lastnosti.....	81
9.1.4	Oblikovne zahteve	82
9.1.5	Okoljske zahteve	82
9.1.6	Ostale zahteve.....	82
9.2	Upravičenost postavitve pasivno varnih drogov.....	83
9.3	Upoštevanje razvojnih trendov in vpliva na okolje	86
10	Razvojni trendi na področju cestne razsvetljave	88
11	Referenčna dokumentacija	90
12	Literatura.....	91
	PRIOLOGA A: Ocena obremenjenosti ceste glede na kapaciteto	93
1	Uvod	93
2	Določitev mejnih obremenitev preko nivojev usluge.....	94
2.1	Izračun hitrosti prostega prometnega toka za AC in HC	94
2.2	Izračun prostega prometnega toka za G, R in RT ceste	95
2.3	Določitev mejnih prometnih obremenitev iz hitrosti prostega prometnega toka.....	96
3	Ocena prilagojene prometne obremenitve	99
3.1	Prilagojena prometna obremenitev.....	99
3.2	Ocena vrednosti faktorja k za različne tipe cest.....	100

4	Primeri izračunov	104
4.1	Primer izračuna AC1:	104
4.2	Primer izračuna HC3:	107
4.3	Primer izračuna HC (A5):	109
4.4	Primer izračuna RC (409):	112
5	Literatura.....	115
Priloga B: Standardizacija cestne razsvetljave.....		116
1	SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015	116
1.1	Razredi razsvetljave za motorni promet (M)	117
1.2	Razredi razsvetljave za konfliktna področja (C).....	117
1.3	Razredi razsvetljave za površine za pešce in področja za počasni promet (P).....	117
2	SIST EN 13201-2: 2016	118
3	SIST EN 13201-3: 2016	120
4	SIST EN 13201-4: 2016	121
5	SIST EN 13201-5: 2016	122
Priloga C: Ureditev področja cestne razsvetljave v tujini		124
1	Nemški nacionalni standard DIN 13201-1:2021-09	128
2	Švicarski nacionalni standard SNR 13201-1:2016.....	129
3	Avstrijski nacionalni standard ÖNORM O 1055:2017-09.....	129
4	Britanski nacionalni standard BS 5489-1:2020.....	130
5	Italijanski nacionalni standard UNI 11248 EN.....	132
Priloga D: Predpisi na področju cestne razsvetljave.....		133
1	Zakon o cestah – ZCes-2 (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE).....	133
2	Pravilnik o projektiranju cest (Uradni list RS, št. 91/05, 26/06, 109/10 – ZCes-1, 36/18 in 132/22 – ZCes-2).....	135
3	Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste (Uradni list RS, št. 86/09, 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2).....	135
4	Pravilnik o načinu označevanja javnih cest in o evidencah o javnih cestah in objektih na njih (Uradni list RS, št. 49/97, 2/04, 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2)	135
5	Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah (Uradni list RS, št. 99/15, 46/17, 59/18, 63/19, 150/21, 132/22 – ZCes-2 in 26/24).....	135
6	Pravilnik o kolesarskih površinah (Uradni list RS, št. 36/18 in 132/22 – ZCes-2).....	136
7	Pravilnik o avtobusnih postajališčih (Uradni list RS, št. 106/11, 36/18 in 132/22 – ZCes-2)	136
8	Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah (Uradni list RS, št. 7/12 in 132/22 – ZCes-2)	136
9	TSPI – PGV.03.244: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča	137
10	TSPI – PGV.03.245: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča s spiralnim potekom	137
11	TSC 03.800: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa	137

12	Priročnik za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje	138
13	Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest (Uradni list RS, št. 38/16 in 132/22 – ZCes-2)	138
14	TSC 02.203: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa v nivojskih nesemaforiziranih križiščih	138
15	TSPI – PGV.03.320: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Površine za pešce	139
16	Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Uradni list RS, št. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13 in 44/22 – ZVO-2).....	139
17	Uredba o zelenem javnem naročanju (Uradni list RS, št. 51/17, 64/19 in 121/21).....	140
18	Cestna razsvetljava in prometna signalizacija – Primeri okoljskih zahtev in meril, verzija 1.1, januar 2020 (se navezuje na ZeJN)	140
19	Povzetek vsebine predpisov na področju cestne razsvetljave	141

1 Predmet tehnične specifikacije

Tehnična specifikacija podaja strokovne podlage za projektiranje in izvedbo cestne razsvetljave na javnih prometnih površinah.

2 Pomen izrazov

Posamezni izrazi, ki so uporabljeni v tej tehnični specifikaciji, pomenijo:

Osvetljenost (v točki površine) je razmerje svetlobnega toka $d\Phi_v$, ki pada na element površine, na kateri je točka, in površine dA tega elementa. Simbol: E . Enota: $\text{lx} = \text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$.

Svetlost (v dani smeri, v dani točki dejanske ali namišljene površine) je veličina, definirana z enačbo:

$$L = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega}$$

kjer je $d\Phi_v$ svetlobni tok, ki ga prenaša elementarni snop pri prehajanju skozi dano točko in se razširja v prostorski kot $d\Omega$ v dani smeri; dA je površina odseka tega snopa, v katerem je dana točka; θ je kot med pravokotnico na ta odsek in smerjo snopa. Simbol: L . Enota: $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} = \text{lm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

Povprečna svetlost je aritmetična srednja vrednost svetlosti v mrežnih točkah v polju računanja.

Splošna enakomernost svetlosti je količnik najmanjše vrednosti svetlosti v katerikoli točki polja računanja in povprečne svetlosti.

Vzdolžna enakomernost svetlosti je količnik najmanjše in največje vrednosti svetlosti na točkah v vzdolžni smeri vzdolž vsake središčne osi vsakega voznega pasu mrežnih točk.

Količnik osvetljenosti robov je najmanjša vrednost, dobljena iz razmerja med povprečno horizontalno osvetljenostjo na vzdolžnem pasu ob robu vozišča zunaj vozišča in povprečno horizontalno osvetljenostjo ustreznega vzdolžnega pasu na vozišču.

Porast praga zaznavanja je razmerje povprečne začetne svetlosti vozišča in ekvivalentne začetne svetlosti zastiranja (glej postopek in enačbe v standardu SIST EN 13201-3).

Svetilka je naprava, namenjena oddajanju, filtriranju ali pretvarjanju svetlobe iz enega ali več svetlobnih virov, vključno z vsemi deli, potrebnimi za podporo, pritrditev in zaščito svetil in s pomožno opremo za povezavo z virom napajanja.

Orientacijska razsvetljava je razsvetljava javne površine, izvedena z eno ali več svetilkami, ki je namenjena samo osnovni orientaciji v prostoru in zato zanjo ne veljajo zahteve standarda SIST EN 13201. Po tem standardu lahko orientacijsko razsvetljavo razvrstimo v razred P7.

3 Simboli in kratice

	Enota	Pomen oznake
E	lx	osvetljenost
L	cd m^{-2}	svetlost

4 Razsvetljava prometnih površin

Ustrezno osvetljene prometne površine imajo za uporabnike cestnih površin v temnem delu dneva veliko vlogo pri varnosti v prometu, vidnem vodenju, zmanjšanju števila prometnih

nesreč, estetskem doprinosu v urbano oz. podeželsko okolje, zmanjšanju stopnje kriminala, ipd.

Funkcionalnost cestne razsvetljave pride do izraza predvsem v temnem delu dneva, njene glavne naloge pa so:

- zagotavljati ustrezno svetlost določenih delov prometnih površin in okolice v nočnem času,
- zagotavljati osebno varnost in varnost premoženja uporabnikom cestnih površin in stanovalcev v naseljih,
- zagotavljati lahko orientacijo za voznike motornih vozil,
- zagotavljati vidno vodenje za vse udeležence v prometu,
- povečati zaznavanje in koncentracijo udeležencev v prometu na spremljajoče vplive iz okolice,
- ugoditi zahtevam vidnih nalog udeležencev v prometu,
- omogočiti zaznavanje predmetov in ovir na cesti,
- omogočiti razpoznavanje oseb na področjih z več kriminalnimi dogodki.

Vidne naloge so za uporabnika cestnih površin lahko različne in se razlikujejo glede na njegovo polje opazovanja. Za uporabnike površin za pešce in kolesarskih površin je vidno polje široko, medtem ko je za voznike hitrih motornih vozil ozko in predvsem skoncentrirano na cesto in ožjo okolico. Posledično se glede na predvidene uporabnike prometnih površin lahko prometne površine grobo delijo na površine, namenjene pešcem in kolesarjem, ter na površine, namenjene voznikom motornih vozil.

4.1 Razsvetljava prometnih površin za motorni promet

Uporabniki površin za motorna vozila so vozniki motornih vozil. Za voznika sta pomembni dobra sposobnost vidnega zaznavanja in vidno udobje. Voznik mora pravočasno in jasno videti smer in rob vozišča, konfliktna področja, prehode za pešce, prometne znake, morebitne ovire na cesti ipd., in to pri majhnih kotih med smerjo gledanja in prometno površino. Na dobro vidljivost vplivajo kontrast med opazovanim in ozadjem, ostrina vida, globina vida oz. ocena razdalje, hitrost zaznavanja, odsevnost površine ipd.

Kriterij, ki se uporablja pri opisu zahtev za razsvetljava površin za motorna vozila, je svetlost. Svetlost prometne površine upošteva dejstvo, da je vidljivost voznika odvisna tako od stopnje osvetljenosti cestišča kot od odbojnih lastnosti površine vozišča. Posledično so tudi zahteve za površine za motorna vozila navedene na podlagi svetlosti.

Cestna razsvetljava torej vozniku omogoča, da v temnem delu dneva vidi dlje od površine, osvetljene z avtomobilskimi lučmi, in tako izboljša sposobnost vidnega zaznavanja voznika med vožnjo. S tem se zmanjša stres vožnje ponoči, saj je kompleksnost polja opazovanja manjša in ima voznik lahko več časa, da ustrezno varno reagira, kjer je to potrebno. Na sposobnost vidnega zaznavanja voznika poleg vrednosti svetlosti osvetljene cestne površine vplivajo tudi horizontalna enakomernost svetlosti cestne površine vozišča, bleščanje cestnih svetilk in tudi svetlost okolice. Zadostna svetlost okolice namreč zagotovi zadosten kontrast med okolico in cestno površino, prav tako pa voznik lahko hitreje opazi ostale udeležence v prometu ali ovire ob cesti.

Koncept svetlosti lahko uporabimo za razsvetljava prometnih površin, kjer so dovolj velike razdalje in višje hitrosti. Določitev ravni osvetljevanja prometnih površin za motorni promet, je opisana v tehničnem poročilu SIST-TP CEN/TR 13201-1 (glej poglavje 0).

Koncepta svetlosti ne moremo uporabljati v konfliktnih področjih in na prometnih površinah za pešce in kolesarje. V konfliktnih področjih so razdalje premajhne, pri prometnih površinah za pešce in kolesarje pa so hitrosti odvijanja prometa nizke. Osnovni kriterij, ki se uporablja v takih situacijah, je horizontalna osvetljenost.

4.2 Razsvetljava prometnih površin za pešce, kolesarje in področij za počasni promet

Razsvetljava prometnih površin za pešce in kolesarje zagotavlja uporabnikom ne samo osebno varnost, varnost premoženja in vidljivost, pač pa ustvarja tudi prijetno ambientalno okolje v temnem delu dneva. Kot svetlobnotehnično metrično veličino se pri opisu zahtev za prometne površine za pešce in kolesarje uporablja horizontalna osvetljenost (v določenih primerih, ko je zahtevana razpoznavna obrazov, pa tudi vertikalno, polcilindrično ali polkrogelno osvetljenost), saj je vidno polje pešcev in kolesarjev široko, njihova hitrost je majhna, kot med smerjo gledanja in prometno površino pa je velik.

Ker sta za občutek osebne varnosti pešca ali kolesarja pomembna tako ustrezen nivo osvetljenosti kot tudi enakomernost osvetljenosti, se sposobnost vidnega zaznavanja pešcev in kolesarjev izraža s povprečno horizontalno osvetljenostjo \bar{E} in z minimalno horizontalno osvetljenostjo E_{\min} . Določitev ravni osvetljevanja prometnih površin za pešce, kolesarje in področij za počasni promet, je opisana v tehničnem poročilu SIST-TP CEN/TR 13201-1 (glej poglavje 0).

4.3 Razsvetljava konfliktnih področij

Konfliktno področje je področje, kjer se križajo tokovi motornega prometa ali prekrivajo področja, ki jih pogosto uporabljajo drugi udeleženci v prometu (SIST TP CEN TR 13201-1: 2015). Voznike na bližajoče konfliktno področje, če ga osvetljujemo, lahko opozorimo s povečano osvetljenostjo samega področja glede na osvetljenost okolice oz. glede na osvetljenost prometnih površin, ki vodijo do konfliktnega področja. Vidne naloge so za voznika na konfliktnih področjih zelo specifične, saj mora ustrezno reagirati na situacijo na krajših razdaljah in pri nižji hitrosti, prav tako mora biti pozoren na več dejavnikov hkrati (prisotnost drugih vozil, pešcev, kolesarjev, naprav za umirjanje prometa ipd.). Določitev ravni osvetljevanja konfliktnih področij, je opisana v tehničnem poročilu SIST-TP CEN/TR 13201-1 (glej poglavje 0).

5 Princip določitve svetlobnotehničnega razreda in izračuna potrebnih svetlobnotehničnih parametrov

Svetlobnotehnični razred je opredeljen kot skupina svetlobnotehničnih zahtev, ki omogočajo ustrezno vidno zaznavanje posameznim skupinam uporabnikov prometne površine glede na vrsto prometne površine in okolice. Potrebe v povezavi z vidnim zaznavanjem se lahko spreminjajo v času noči in tudi v različnih letnih časih, zato se lahko tudi priporočila za zahtevane lastnosti razsvetljave v različnih obdobjih razlikujejo.

Glede na glavne uporabnike in vrsto uporabe prometne površine ločimo tri vrste svetlobnotehnične razredov.

Razredi M so namenjeni prometnim površinam za motorna vozila kot so glavne prometnice in tudi ceste v naseljih, kjer je dovoljena srednja in višja hitrost vožnje (>40 km/h). Kriteriji razsvetljave temeljijo na svetlosti ter splošni in vzdolžni enakomernosti svetlosti.

Razredi C so prav tako namenjeni prometnim površinam za motorna vozila, vendar za uporabo na konfliktnih področjih, kot so ceste in ulice v nakupovalnih središčih, zahtevnejša cestna križišča, krožišča in področja, kjer izračun svetlosti vozišča ni mogoč ali pa v praksi ni izvedljiv. Ti razredi se lahko uporabljajo tudi za razsvetljavo površin za pešce in kolesarje. Kriteriji razsvetljave temeljijo na horizontalni osvetljenosti ter enakomernosti osvetljenosti.

Razredi P so namenjeni površinam za pešce in kolesarje za uporabo na pločnikih in na kolesarskih stezah in drugih prometnih površinah, ki potekajo ločeno ali vzdolž cestišča prometne ceste, v ulicah stanovanjskih naselij, na površinah za pešce, parkiriščih, šolskih dvoriščih ipd. Svetlobnotehnični kriteriji temeljijo na horizontalni osvetljenosti prometne površine. Minimalni pogoji so določeni s povprečno in minimalno vrednostjo horizontalne osvetljenosti

Trem osnovnim svetlobnotehničnim razredom so dodani še trije razredi, ki imajo dodane specifične zahteve glede vertikalne, polcilindrične oz. polkrogele osvetljenosti.

Svetlobnotehnični razredi skupine HS zaradi zahteve po prepoznavi obrazov temeljijo na polkrogelni osvetljenosti. Minimalni pogoji so določeni s povprečno polkrogelno osvetljenostjo in enakomernostjo polkrogele osvetljenosti

Razredi SC so predvideni kot dodatni razredi na področjih, kjer mora javna razsvetljava zagotavljati prepoznavanje oseb in predmetov ter na področjih z večjo nevarnostjo kriminala in temeljijo na polcilindrični osvetljenosti.

Razredi EV so predvideni kot dodatni razredi za področja, kjer je potrebno vidno zaznavanje navpičnih površin, kot so npr. cestninske postaje. Kriterij je vertikalna osvetljenost.

Postopek projektiranja začnemo z zbiranjem podatkov o prometnih in gradbenih parametrih prometne površine (ceste) ter drugih razmerah, ki vplivajo na določitev svetlobnotehničnega razreda in s tem na potrebno svetlost ali osvetljenost. **Podatke, ki so potrebni za določitev svetlobnotehničnega razreda, priskrbi odgovorni vodja projekta v sodelovanju z upravljavcem cest.** Pridobiti je treba podatke o:

- omejitvi hitrosti na cesti, oz. o hitrosti uporabnikov prometne površine;
- obsegu prometa;
- sestavi prometa oziroma udeležencih v prometu (motorna vozila, kolesarji, pešci ...);
- ločenosti prometnih pasov;
- gostoti križišč ali razdalji med odcepi,
- parkiranih vozilih ob cesti;
- svetlosti okolice;
- težavnosti orientacije oziroma navigacije v prostoru,
- zahtevi po prepoznavi obrazov

5.1 Izbira razreda M

Svetlobnotehnični razredi skupine M so namenjeni prometnim površinam za motorna vozila na glavnih prometnicah, v določenih izjemah tudi na cestah v naseljih, kjer so dovoljene zmerne do visoke hitrost vožnje (>40 km/h). Uporaba teh razredov je odvisna od geometrije zadevnega področja, prometa in časovno odvisnih okoliščin.

Na podlagi navedenih parametrov lahko po postopku, opisanem v tehničnem poročilu SIST-TP CEN/TR 13201-1, Cestna razsvetljava – 1. del: Smernice za izbor razredov za razsvetljava, izberemo ustrezni svetlobnotehnični razred M. Pri tem si lahko pomagamo s podatki, ki so podani spodaj.

Glede na pridobljene podatke o prometni površini določimo utežne faktorje. Za svetlobnotehnični razred M dobimo osem utežnih faktorjev, ki opisujejo razmere na prometni površini:

Hitrost

- zelo visoka ($v \geq 100$ km/h): utežni faktor je 2,
- visoka (70 km/h $< v < 100$ km/h): utežni faktor je 1,
- zmerena (40 km/h $< v \leq 70$ km/h): utežni faktor je -1,
- nizka ($v \leq 40$ km/h): utežni faktor je -2,

Gostota prometa

- visoka (AC in ceste z več pasovi v eno smer: > 65 % največje kapacitete, druge ceste: > 45 % največje kapacitete): utežni faktor je 1,
- srednja (AC in ceste z več pasovi v eno smer: od 35 % do 65 % največje kapacitete, druge ceste: od 15 % do 45 % največje kapacitete): utežni faktor je 0,
- nizka (AC in ceste z več pasovi v eno smer < 35 % največje kapacitete, druge ceste: < 15 % največje kapacitete): utežni faktor je -1,

Sestava prometa

- Mešana z visokim deležem motornih vozil: utežni faktor je 2
- Mešana: utežni faktor je 1
- Samo motorna vozila: utežni faktor je 0

Ločenost smernih vozišč

- ne: utežni faktor je 1
- da: utežni faktor je 0

OPOMBA: V krožiščih se promet odvija samo v eni smeri, zato tudi pri krožiščih z več voznimi pasovi upoštevamo, da so smerna vozišča ločena (utežni faktor je 0).

Gostota križišč/odcepov

- visoka (> 3 križišča/km ali < 3 km med odcepi): utežni faktor je 1
- nizka (≤ 3 križišča/km ali ≥ 3 km med odcepi): utežni faktor je 0

Prisotnost parkiranih vozil

- da: utežni faktor je 1
- ne: utežni faktor je 0

Svetlost okolice

- visoka: utežni faktor je 1
- zmerena: utežni faktor je 0

- nizka: utežni faktor je -1

Zahtevnost navigacije

- zelo zahtevna: utežni faktor je 2
- zahtevna: utežni faktor je 1
- enostavna: utežni faktor je 0

S pomočjo zgornjih kriterijev izberemo za vsak parameter ustrezno možnost in preberemo temu ustrezni utežni faktor. Vseh osem utežnih faktorjev seštejemo in izračunamo ustrezni svetlobnotehnični razred M na podlagi enačbe:

$$\text{Ustrezen svetlobnotehnični razred } M = 6 - \sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i$$

Skrbna izbira ustreznih utežnih faktorjev da številko razreda med 1 in 6. Če je seštevek utežnih faktorjev < 0 , se uporabi vrednost 0. Če je rezultat izračuna $M \leq 0$, se uporabi svetlobnotehnični razred M1.

Izbira razreda M glede na uro v dnevu

Potrebe v povezavi z vidnim zaznavanjem se lahko spreminjajo v času noči in tudi v različnih letnih časih, zato se lahko tudi priporočila za zahtevane lastnosti razsvetljave v različnih obdobjih razlikujejo. Ker se tekom dneva spreminja gostota prometa, na določenih cestah pa tudi sestava prometa (v nočnem času med 22:00 in 5:00 ni pričakovati kolesarjev) in svetlost okolice, se spreminjajo tudi svetlobnotehnični razredi. V spodnji tabeli je prikazan primer izbora razreda M za tako cesto, kjer so časovna območja:

- Δt_1 čas od vklopa razsvetljave do konca popoldanske prometne konice (samo v zimskem času)
- Δt_2 čas od konca popoldanske prometne konice do 22. ure
- Δt_3 čas od 22. ure do 5. ure zjutraj
- Δt_4 čas od 5. ure zjutraj do konca jutranje prometne konice (samo v zimskem času)

Za primer ceste so bili ugotovljeni parametri, ki se ne spreminjajo:

- hitrost: 50 km/h (utežni faktor: -1)
- sestava prometa: samo motorna vozila (utežni faktor: 0)
- ločenost smernih vozišč: ne (utežni faktor: 1)
- gostota križišč: visoka (utežni faktor: 1)
- prisotnost parkiranih vozil: da (utežni faktor: 1)
- zahtevnost navigacije: enostavna (utežni faktor: 0)

In parametri, ki se spreminjajo:

- gostota prometa: v popoldanski in jutranji konici je visoka (utežni faktor: 1), od popoldanske konice do 22. ure je srednja (utežni faktor: 0), v nočnem času pa nizka (utežni faktor: -1)
- Svetlost okolice: v nočnem času (od 22. do 5. ure so izklopljeni reklamni napisi v okolici in je svetlost zmerna (utežni faktor: 0), v ostalem času pa je visoka (utežni faktor: 1).

Glede na pridobljene podatke lahko iz vsote utežnih faktorjev za posamezen časovni termin določimo svetlobnotehnični razred.

Tabela 1: Časovni intervali in izbrani svetlobnotehnični razredi

Časovni interval	Čas	Vsota utežnih faktorjev	ST razred
Δt_1	do 18:00	3	M3
Δt_2	od 18:00 do 22:00	2	M4
Δt_3	od 22:00 do 5:00	0	M6
Δt_4	po 5:00	3	M3

5.2 Izbira razreda C

Svetlobnotehnični razredi skupine C so namenjeni za uporabo na konfliktnih področjih na prometnicah, kjer večino prometa sestavlja motorni promet. Konfliktna področja so povsod, kjer se prometni tokovi motornih vozil križajo ali pa se stekajo v področja, namenjena pešcem, kolesarjem ali drugim udeležencem v prometu. Kot konfliktna površine se obravnavajo tudi področja, kjer se spremeni geometrija ceste, npr. zmanjšanje števila prometnih pasov, zoženje voznega pasu ali širine vozišča. Na konfliktnih področjih je povečana možnosti trčenj med vozili, med vozili in pešci, kolesarji ter drugimi udeleženci v prometu in/ali med vozili in fiksnimi ovirami.

Na podlagi navedenih parametrov lahko po postopku, opisanem v tehničnem poročilu SIST-TP CEN/TR 13201-1, Cestna razsvetljava – 1. del: Smernice za izbor razredov za razsvetljava, izberemo ustrezni svetlobnotehnični razred C. Pri tem si lahko pomagamo s podatki, ki so podani spodaj.

Glede na pridobljene podatke o prometni površini določimo utežne faktorje. Za svetlobnotehnični razred C obstaja sedem utežnih faktorjev, ki opisujejo razmere na prometni površini:

Hitrost

- zelo visoka ($v \geq 100$ km/h): utežni faktor je 3,
- visoka (70 km/h $< v < 100$ km/h): utežni faktor je 2,
- zmerna (40 km/h $< v \leq 70$ km/h): utežni faktor je 0,
- nizka ($v \leq 40$ km/h): utežni faktor je -1,

Gostota prometa

- visoka: utežni faktor je 1,
- srednja: utežni faktor je 0,
- nizka: utežni faktor je -1,

Sestava prometa

- Mešana z visokim deležem motornih vozil: utežni faktor je 2
- Mešana: utežni faktor je 1
- Samo motorna vozila: utežni faktor je 0

Ločenost smernih vozišč

- ne: utežni faktor je 1
- da: utežni faktor je 0

Prisotnost parkiranih vozil

- da: utežni faktor je 1
- ne: utežni faktor je 0

Svetlost okolice

- visoka: utežni faktor je 1
- zmerna: utežni faktor je 0
- nizka: utežni faktor je -1

Zahtevnost navigacije

- zelo zahtevna: utežni faktor je 2
- zahtevna: utežni faktor je 1
- enostavna: utežni faktor je 0

S pomočjo zgornjih kriterijev izberemo za vsak parameter ustrezno možnost in preberemo temu ustrezni utežni faktor. Vseh sedem utežnih faktorjev seštejemo in izračunamo ustrezni svetlobnotehnični razred C na podlagi enačbe:

$$\text{Ustrezen svetlobnotehnični razred } C = 6 - \sum_{i=1}^7 \text{utežni faktor}_i$$

Skrbna izbira ustreznih utežnih faktorjev da številko razreda med 0 in 5. Če je seštevek utežnih faktorjev ≤ 0 , se uporabi vrednost 1. Če je rezultat izračuna $C < 0$, se uporabi svetlobnotehnični razred C_0 .

V veliko primerih je pred in za konfliktnim področjem cesta osvetljena v M razredu. Osvetljenost konfliktnega področja mora biti usklajena z osvetljenostjo ceste pred in za konfliktnim področjem. Nivo osvetljenosti na konfliktnem področju ne sme biti nižji od svetlobnotehničnega razreda pred in za konfliktnim področjem in na priključnih cestah. Vsekakor pa je priporočljivo,

da je svetlobnotehnični razred na konfliktnem področju za razred višji od najvišjega svetlobnotehničnega razreda cest, ki se stekajo vanj.

Ker se ceste v razredu M projektira glede na zahtevano svetlost, konfliktna področja pa glede na zahtevano osvetljenost, je pri izbiri primerljivega razreda treba upoštevati svetlobnost cestišča.

Na podlagi Tabela 2 in upoštevanja svetlobnosti (ki jo ponazarja faktor Q_0) določimo ustrezni C svetlobnotehnični razred, ki je enakovreden uporabljenemu razredu M. Na primer, če je cesta ($Q_0 = 0,06 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$) osvetljena v skladu z razredom M3, je ustrezni C razred C3.

Tabela 2: Primerljivi svetlobnotehnični razredi M in C

Svetlobnotehnični razred M			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Svetlobnotehnični razred C, če je $Q_0 \leq 0,05 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$			C0	C1	C2	C3	C4	C5
Svetlobnotehnični razred C, če je $0,05 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Svetlobnotehnični razred C, če je $Q_0 > 0,08 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5

Faktor Q_0 ali svetlobnost, ki je uporabljena v Tabela 2, pove, kakšna je sijavost cestne površine, torej ali na pogled površina odseva več ali manj svetlobe. Večja vrednost svetlobnosti pomeni, da površina odseva več svetlobe in je posledično videti svetlejša. Velikost faktorja Q_0 je odvisna od odsevnih lastnosti cestne površine, in sicer tako od difuzne (razpršene) odsevnosti kot tudi od usmerjene odsevnosti (refleksije). Če upoštevamo razvrstitev cestne površine glede na odsevnost v štiri razrede R (CIE publikaciji 66:1984 in 144:2001), je velikost Q_0 pri površinah v razredu R1 približno $0,10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$, v razredih R2 in R3 znaša Q_0 približno $0,07 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ in v razredu R4 je vrednost Q_0 približno $0,08 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$. Pri tem lahko cestne površine v različnih razredih opišemo kot:

- R1: cestna površina svetlobo odseva razpršeno;
- R2: cestna površina svetlobo odseva slabo razpršeno;
- R3: cestna površina svetlobo odseva slabo usmerjeno;
- R4: cestna površina svetlobo odseva usmerjeno.

Nekaj okvirnih vrednosti svetlobnosti je podanih v spodnji tabeli.

Tabela 3: Tabela svetlobnosti za najbolj pogoste materiala vozišča [5]

R tabela	Q_0 [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$]	Material vozišča
C1	0,10	CIE C1 – beton
C2	0,07	CIE C2 – asfalt
N1	0,10	CIE Razred = 1, zelo difuzen
N2	0,07	CIE Razred = 2, beton
N3	0,07	CIE Razred = 3, asfalt
N4	0,10	CIE Razred = 4, gladek asfalt

R1	0,10	IES RP-8 Lastnosti večinoma difuzne odsevnosti, značilne za portlandski cement ali asfaltno površino z najmanj 15 % agregatov, sestavljenih iz umetnih belilnih agregatov.
R2	0,07	IES RP-8 Kombinacija difuzne in zrcalne odsevnosti, značilne za asfaltne površine z agregatom, sestavljenim iz najmanj 60 % gramoza velikosti nad 10 mm. Tudi asfaltne površine, sestavljene iz 10% - 15% umetnega belila v agregatni mešanici.
R3	0,07	IES RP-8 Rahlo zrcalni odsev, značilen za asfaltne površine s temnimi agregati, grobo teksturo in nekajmesečno uporabo. Ta površina je pogosta v ZDA.
R4	0,08	IES RP-8 Večinoma zrcalna površina, značilna za zelo gladko teksturo asfalta.
W1	0,11	CIE W1 – mokra cestna površina
W2	0,15	CIE W2 – mokra cestna površina
W3	0,21	CIE W3 – mokra cestna površina
W4	0,25	CIE W4 – mokra cestna površina

5.3 Izbira razreda P

Svetlobnotehnični razredi P so namenjeni predvsem površinam za pešce in kolesarje, ter za voznike motornih vozil pri nizkih hitrostih na cestah v naseljih ali parkirnih površinah ter na drugih prometnih področjih, ki lahko potekajo ločeno ali vzdolž vozišča prometnice ali ceste v naselju.

Na podlagi navedenih parametrov lahko po postopku, opisanem v tehničnem poročilu SIST-TP CEN/TR 13201-1, Cestna razsvetljava – 1. del: Smernice za izbor razredov za razsvetlavo, izberemo ustrezni svetlobnotehnični razred P.

Glede na pridobljene podatke o prometni površini določimo utežne faktorje. Za svetlobnotehnični razred P obstaja pet utežnih faktorjev, ki opisujejo razmere na prometni površini:

Hitrost

- nizka ($v \leq 40$ km/h): utežni faktor je 1,
- zelo nizka (peš hoja): utežni faktor je 0,

Prometnost površine

- zelo zasedeno: utežni faktor je 1,
- običajno: utežni faktor je 0,
- mirno: utežni faktor je -1,

Sestava prometa

- Pešci, kolesarji in motorni promet: utežni faktor je 2
- Pešci in motorni promet: utežni faktor je 1
- Samo pešci in kolesarji: utežni faktor je 1

- Samo pešci: utežni faktor je 0
- Samo kolesarji: utežni faktor je 0

Prisotnost parkiranih vozil

- da: utežni faktor je 1
- ne: utežni faktor je 0

Svetlost okolice

- visoka: utežni faktor je 1
- zmerna: utežni faktor je 0
- nizka: utežni faktor je -1

Prepoznavanje obrazov

- potrebno: dodatne zahteve po polkrogelni osvetljenosti
- ni potrebno: ni dodatnih zahtev

S pomočjo zgornjih kriterijev izberemo za vsak parameter ustrezno možnost in preberemo temu ustrezni utežni faktor. Vseh pet utežnih faktorjev seštejemo in izračunamo ustrezni svetlobnotehnični razred P na podlagi enačbe:

$$\text{Ustrezen svetlobnotehnični razred } P = 6 - \sum_{i=1}^5 \text{utežni faktor}_i$$

Skrbna izbira ustreznih utežnih faktorjev da številko razreda med 1 in 6. Če je seštevek utežnih faktorjev < 0, se uporabi vrednost 0. Če je rezultat izračuna $P = 0$, se uporabi svetlobnotehnični razred P1.

Tehnično poročilo SIST-TP CEN/TR 13201-1, Cestna razsvetljava – 1. del: Smernice za izbor razredov za razsvetljava [2] podaja tudi alternativni način za določitev svetlobnotehničnega razreda C, ki ga lahko uporabimo namesto zgoraj opisanega.

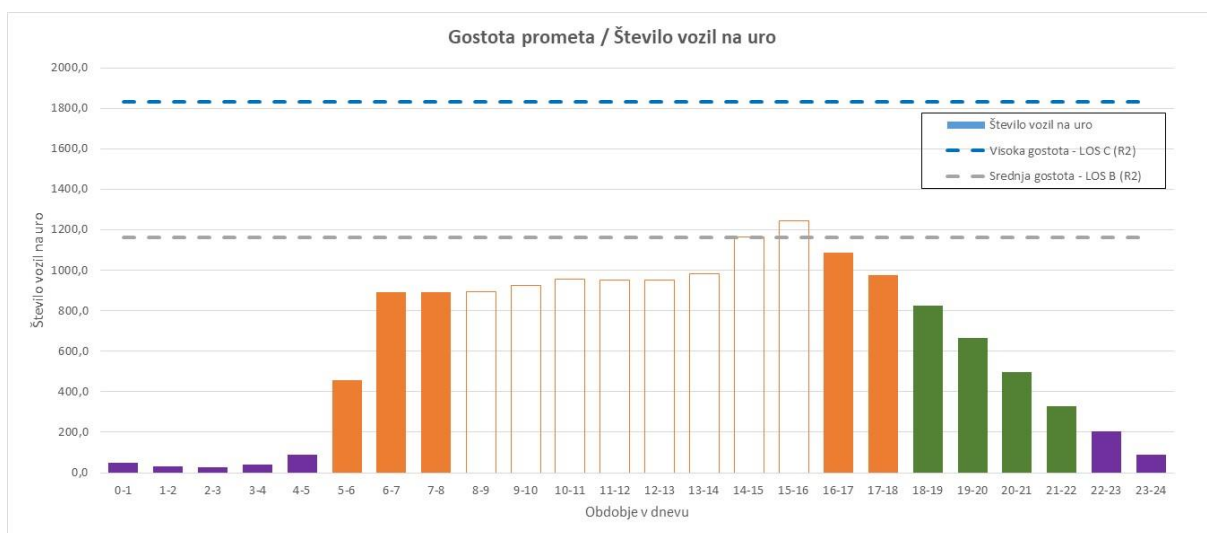
5.4 Primeri izbire svetlobnotehničnega razreda

Za lažje razumevanje postopka izbire ustreznega svetlobnotehničnega razreda in ustrezne horizontalne osvetljenosti v nadaljevanju podajamo nekaj primerov. Pri določanju svetlobnotehničnega razreda je gostota prometa upoštevana na poenostavljen način, kjer se ne upošteva strukture vozil, ampak samo število. Gostoto prometa z vsemi detajli se lahko upošteva po Dodatku A.

5.4.1 Primeri določanje svetlobnotehničnega razreda M

5.4.1.1 Primer 1

Regionalna cesta R2 v naselju. Gre za odsek, ki spada med bolj obremenjene in je treba osvetliti tudi cestišče. Ob cesti je hodnik za pešce (pločnik), ker pa je cesta v naselju, lahko pričakujemo, da je v nenočnem času promet sestavljen iz motornih vozil, koles z motorjem in koles. Na cesti je tudi več križišč oz. odcepov k hišam. Preostale parametre lahko razberemo iz spodnje slike. Iz podatkov avtomatskega števca prometa, ki je na tej cesti, se izdelava graf povprečnih dnevni obremenitev. Na podlagi obremenitev se izračuna vsoto utežnih faktorjev za posamezno časovno obdobje.



Slika 1: Pregled gostote prometa za obravnavani odsek ceste



Slika 2: Obremenjen del ceste znotraj naselja, ki jo je treba osvetliti.

Izbor svetlobnotehničnega razreda začnemo z določanjem utežnih faktorjev:

- hitrost: zmerna (50 km/h), utežni faktor = -1;
- gostota prometa: nizka, utežni faktor = -1,

- sestava prometa: mešana, utežni faktor = 1;
- ločeni smerni vozišči: ne, utežni faktor = 1;
- gostota križišč: visoka, utežni faktor = 1;
- parkirana vozila: jih ni, utežni faktor = 0;
- svetlost okolice: nizka: utežni faktor = -1;
- zahtevnost navigacije: enostavna, utežni faktor = 0.

Nato seštejemo vse utežne faktorje:

$$\sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i = -1 - 1 + 1 + 1 + 1 + 0 - 1 + 0 = 0$$

ter določimo ustrezní svetlobnotehnični razred tako, da vsoto utežnih faktorjev odštejemo od 6:

$$\text{svetlobnotehnični M razred} = 6 - \sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i$$

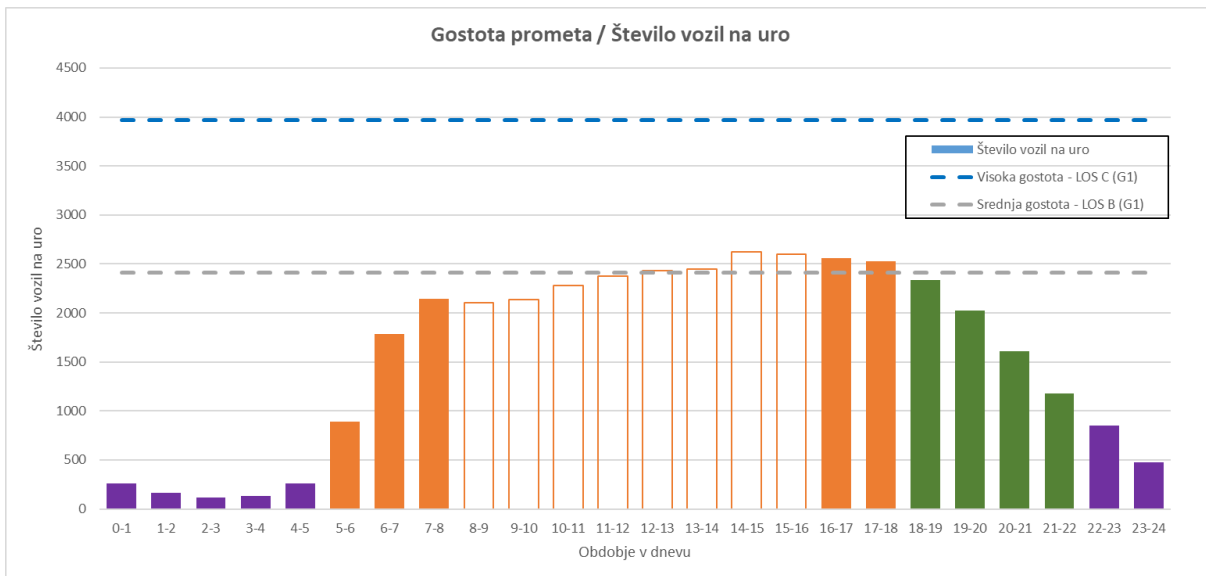
$$\text{M razred} = 6 - \sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i = 6 - 0 = 6$$

Za razsvetljavo ceste v tem primeru ustreza svetlobnotehnični razred M6. Ker je v večernem času prometa manj kot v času jutranje in popoldanske konice, je dopustno 30 % zmanjšanje svetlosti glede na razred M6. V nočnem času je prometa še manj in v tem času je dopustno 50 % zmanjšanje svetlosti glede na razred M6.

5.4.1.2 Primer 2

V tem primeru gre za mestno vpadnico kategorije G1, kjer sta dva prometna pasova v vsaki smeri.

Gre za odsek, ki spada med bolj obremenjene in je treba osvetliti tudi cestišče. Ob cesti je zeleni pas ob njem pa hodnik za pešce in ločena kolesarska steza. Na cestišču so prisotna samo motorna vozila. Omejitev hitrosti je 70 km/h. Iz podatkov avtomatskega števca prometa, ki je na tej cesti, se izdelata graf povprečnih dnevnih obremenitev. Na podlagi obremenitev se izračuna vsoto utežnih faktorjev za posamezno časovno obdobje.



Slika 3: Pregled gostote prometa za obravnavani odsek ceste



Slika 4. Primer mestne vpadnice

Izbor svetlobnotehničnega razreda začnemo z določanjem utežnih faktorjev:

- hitrost: zmerna (70 km/h), utežni faktor = -1;
- gostota prometa:
 - popoldanska konica: srednja, utežni faktor = 0,
 - jutranja konica, večerni in nočni čas: nizka, utežni faktor = -1,
- sestava prometa: samo motorni promet, utežni faktor = 0;

- ločeni smerni vozišči: da, utežni faktor = 0;
- gostota križišč: visoka, utežni faktor = 0;
- parkirana vozila: jih ni, utežni faktor = 0;
- svetlost okolice: nizka: utežni faktor = -1;
- zahtevnost navigacije: enostavna, utežni faktor = 0.

Nato seštejemo vse utežne faktorje:

- popoldanska konica:

$$\sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i = -1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 - 1 + 0 = 0$$

- jutranja konica, večer, nočni čas:

$$\sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i = -1 - 1 + 0 + 0 + 0 + 0 - 1 + 0 = -1$$

ter določimo ustrezni svetlobnotehnični razred tako, da vsoto utežnih faktorjev odštejemo od 6:

$$\text{svetlobnotehnični M razred} = 6 - \sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i$$

- popoldanska konica:

$$\text{M razred} = 6 - \sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i = 6 - 0 = 6$$

- jutranja konica, večer, nočni čas:

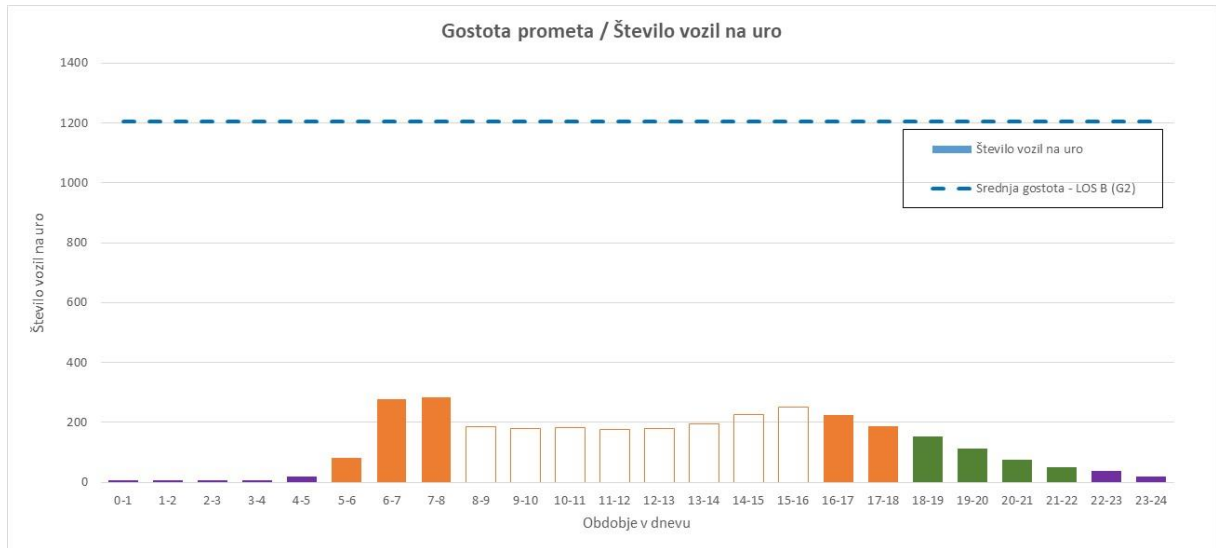
$$\text{M razred} = 6 - \sum_{i=1}^8 \text{utežni faktor}_i = 6 + 1 = 7$$

Za razsvetljavo ceste v času konične obremenitve v tem primeru ustreza svetlobnotehnični razred M6. Ker je v času jutranje konice in v večernem času prometa manj kot v času popoldanske konice, je dopustno 30 % zmanjšanje svetlosti glede na razred M6. V nočnem času je prometa še manj in v tem času je dopustno 50 % zmanjšanje svetlosti glede na razred M6.

5.4.2 Primeri določanje svetlobnotehničnega razreda C

5.4.2.1 Primer 1

V tem primeru gre prehod za pešce na cesti kategorije G2 v naselju, kjer je hitrost omejena na 50 km/h. Cesta ima pred in za prehodom pločnik. Kolesarske steze ni, tako da na cesti lahko pričakujemo motorna vozila in tudi kolesarje. Cestna razsvetljava je pred in za prehodom. Iz podatkov avtomatskega števca prometa, ki je na tej cesti, se izdelata graf povprečnih dnevnih obremenitev. Na podlagi obremenitev se izračuna vsoto utežnih faktorjev za posamezno časovno obdobje.



Slika 4: Pregled gostote prometa za obravnavani odsek ceste



Slika 5. Prehod za pešce na cesti skozi naselje

Izbor svetlobnotehničnega razreda začnemo z določanjem utežnih faktorjev:

- hitrost: zmera (50 km/h), utežni faktor = 0;
- gostota prometa: nizka, utežni faktor = -1

- sestava prometa: mešani, utežni faktor = 1;
- ločeni smerni vozišči: da, utežni faktor = 0;
- parkirana vozila: jih ni, utežni faktor = 0;
- svetlost okolice: zmerna: utežni faktor = 0;
- zahtevnost navigacije: enostavna, utežni faktor = 0.

Nato seštejemo vse utežne faktorje:

$$\sum_{i=1}^7 \text{utežni faktor}_i = 0 + 1 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0$$

ter določimo ustrezní svetlobnotehnični razred tako, da vsoto utežnih faktorjev odštejemo od 6:

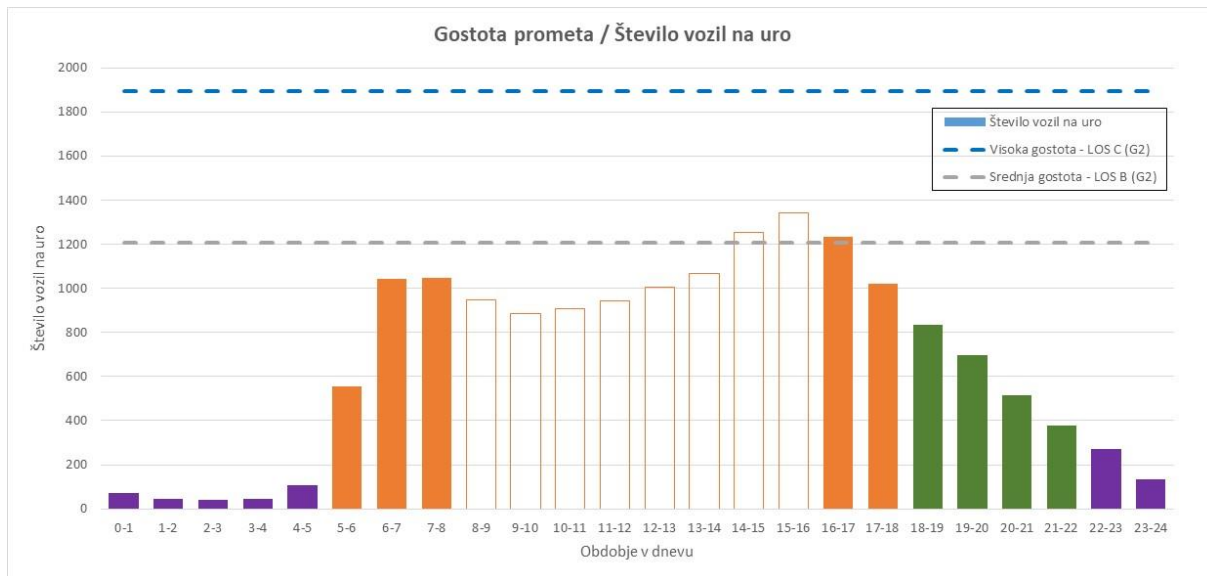
$$\text{svetlobnotehnični C razred} = 6 - \sum_{i=1}^7 \text{utežni faktor}_i$$

$$\text{C razred} = 6 - \sum_{i=1}^7 \text{utežni faktor}_i = 6 - 0 = 5 \text{ (če je vsota } \leq 0, \text{ se izbere razred C5)}$$

Za razsvetljavo ceste v času konične obremenitve v tem primeru ustreza svetlobnotehnični razred C5. Ker je v času popoldanske konice in v večernem času prometa manj kot v času jutranje konice, je dopustno 30 % zmanjšanje svetlosti glede na razred C5. V nočnem času je prometa še manj in v tem času je dopustno 50 % zmanjšanje svetlosti glede na razred C5.

5.4.2.2 Primer 2

V tem primeru gre za krožno križišče na cesti kategorije G2 izven naselja. Hitrost je omejena na 50 km/h. Kolesarska steza je ločena, tako da na cesti lahko pričakujemo samo motorna vozila. Cestne razsvetljave pred in za krožnim križiščem ni. Iz podatkov avtomatskega števca prometa, ki je na tej cesti, se izdela graf povprečnih dnevnih obremenitev. Na podlagi obremenitev se izračuna vsoto utežnih faktorjev za posamezno časovno obdobje.



Slika 5: Pregled gostote prometa za obravnavani odsek ceste



Slika 5. Krožno križišče izven naselja

Izbor svetlobnotehničnega razreda začnemo z določanjem utežnih faktorjev:

- hitrost: zmerina (50 km/h), utežni faktor = 0;
- gostota prometa: nizka, utežni faktor = -1,
- sestava prometa: samo motorni, utežni faktor = 0;
- ločeni smerni vozišči: da (promet v krožišču poteka samo v eno smer, zato tudi pri krožiščih z več voznimi pasovi upoštevamo, da so smerna vozišča ločena), utežni faktor = 0;
- parkirana vozila: jih ni, utežni faktor = 0;

- svetlost okolice: zmerna: utežni faktor = 0;
- zahtevnost navigacije: enostavna, utežni faktor = 0.

Nato seštejemo vse utežne faktorje:

$$\sum_{i=1}^7 \text{utežni faktor}_i = 0 - 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = -1$$

ter določimo ustrezní svetlobnotehnični razred tako, da vsoto utežnih faktorjev odštejemo od 6:

$$\text{svetlobnotehnični C razred} = 6 - \sum_{i=1}^7 \text{utežni faktor}_i$$

$$\text{C razred} = 6 - \sum_{i=1}^7 \text{utežni faktor}_i = 6 - (-1) = 5 \text{ (če je vsota } \leq 0, \text{ se izbere razred C5)}$$

Za razsvetljavo ceste v tem primeru ustreza svetlobnotehnični razred C5 v času jutranje in popoldanske konice. Ker je v večernem času prometa manj kot v času jutranje in popoldanske konice, je dopustno 30 % zmanjšanje svetlosti glede na razred C5. V nočnem času je prometa še manj in v tem času je dopustno 50 % zmanjšanje svetlosti glede na razred C5.

5.4.3 Primeri določanje svetlobnotehničnega razreda P

5.4.3.1 Primer 1

V tem primeru gre za osvetlitev pasu za pešce na vozišču neobremenjene ceste v naselju, kjer je hitrost omejena na 50 km/h.



Slika 5. Pas za pešce na vozišču neobremenjene ceste v naselju

Izbor svetlobnotehničnega razreda začnemo z določanjem utežnih faktorjev:

- hitrost: nizka (hoja), utežni faktor = 0;
- zasedenost prostora: nizka, utežni faktor = -1,
- sestava prometa: samo pešci, utežni faktor = 0;
- parkirana vozila: jih ni, utežni faktor = 0;
- svetlost okolice: nizka, utežni faktor = -1;
- Prepoznava obrazov: ni potrebna, ni dodatnih zahtev.

Nato seštejemo vse utežne faktorje:

$$\sum_{i=1}^5 \text{utežni faktor}_i = 0 - 1 + 0 + 0 - 1 = -2$$

ter določimo ustrezní svetlobnotehnični razred tako, da vsoto utežnih faktorjev odštejemo od 6:

$$\text{svetlobnotehnični P razred} = 6 - \sum_{i=1}^5 \text{utežni faktor}_i$$

$$\text{P razred} = 6 - \sum_{i=1}^5 \text{utežni faktor}_i = 6 - (-2) = (\text{če je vsota } < 0, \text{ se izbere razred P6})$$

Skladno s postopkom, ki je opisan v standardu SIST EN 13201-1, bi za osvetlitev pločnika v tem primeru ustrezal svetlobnotehnični razred P6. Ker pa je vsota utežnih faktorjev manjša od 0, se pločnik lahko osvetli v razredu P7, torej z orientacijsko razsvetljavo.

5.4.3.2 Primer 2

V tem primeru gre osvetlitev glavnega trga v starem mestnem jedru, ki je zaprto s potopnimi stebrički, ni pa prepovedan promet za motorna vozila. Območje je označeno z znakom za območje skupnega prometnega prostora.



Slika 5. Primer glavnega trga v mestu

Izbor svetlobnotehničnega razreda začnemo z določanjem utežnih faktorjev:

- hitrost: nizka (<40 km/h), utežni faktor = 1;
- zasedenost prostora: običajna, utežni faktor = 0,
- sestava prometa: pešci, kolesarji in motoriziran promet (mopedi, e-kolesa, e-skiroji), utežni faktor = 2;
- parkirana vozila: jih ni, utežni faktor = 0;
- svetlost okolice: običajna, utežni faktor = 0;
- prepoznavna obrazov: zaželeno, glej dodatne zahteve.

Nato seštejemo vse utežne faktorje:

$$\sum_{i=1}^5 \text{utežni faktor}_i = 1 + 0 + 2 + 0 + 0 = 3$$

ter določimo ustrezeni svetlobnotehnični razred tako, da vsoto utežnih faktorjev odštejemo od 6:

$$\text{svetlobnotehnični P razred} = 6 - \sum_{i=1}^5 \text{utežni faktor}_i$$

$$\text{P razred} = 6 - \sum_{i=1}^5 \text{utežni faktor}_i = 6 - 3 = 3$$

Skladno s postopkom, ki je opisan v standardu SIST EN 13201-1, bi za osvetlitev trga v starem mestnem jedru izbrali svetlobnotehnični razred P3. Ker se v nočnem času zmanjša zasedenost prostora in tudi svetlost okolice, se v času med 22:00 in 5:00 lahko izbere razred P5.

6 Način določitve redukcije svetlobnega toka in režima delovanja

Parametri kakovosti cestne razsvetljave so odvisni od izbranega svetlobnotehničnega razreda. Na izbiro svetlobnotehničnega razreda pa vplivajo tudi parametri, ki se tekom dneva oz. tedna spreminjajo. Tako imamo lahko na izbranem odseku ceste tekom dneva tudi tri različne svetlobnotehnične razrede.

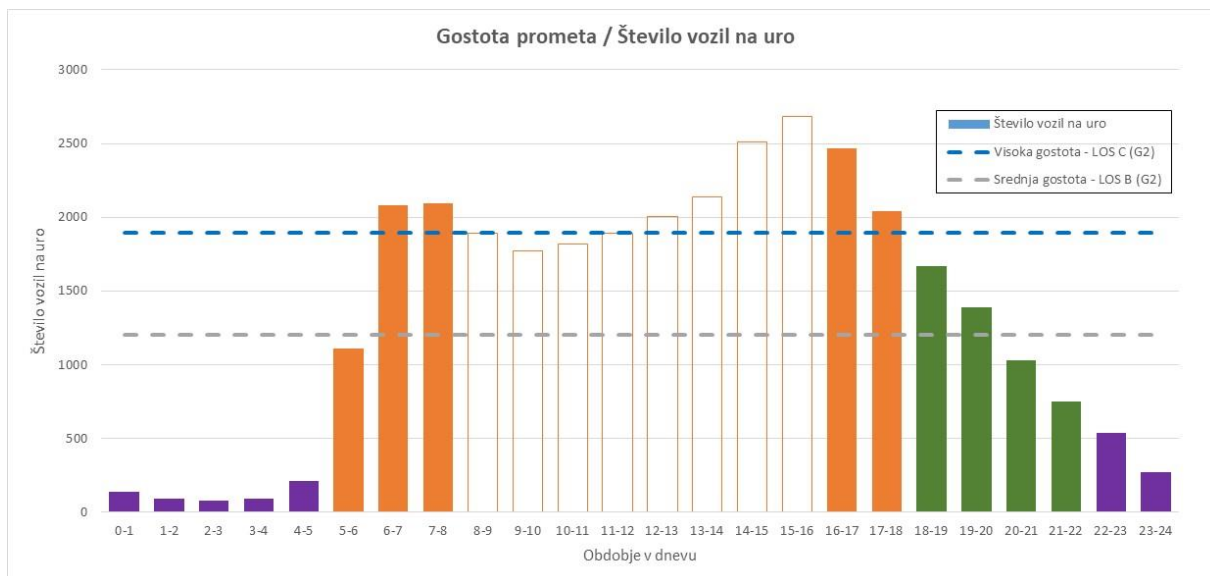
Glede na to, da sta svetlost in osvetljenost najbolj pomembna parametra kakovosti cestne razsvetljave in da je nivo svetlosti in osvetljenosti odvisen od izbranega svetlobnotehničnega razreda, je tekom dneva nujno prilagajanje svetlobnega toka svetilk.

V SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015 je zapisano, da je izbira svetlobnotehničnega razreda odvisna od naslednjih parametrov:

- hitrost prometa
- količina prometa
- sestava prometa
- ločenost smernih vozišč
- gostota križišč
- parkirana vozila
- svetlost okolice
- navigacijske naloge

Ker se tekom dneva spreminja količina prometa in na večini cest tudi sestava prometa, sta to ključna parametra, ki vplivata na redukcijo svetlobnega toka svetilk. Glede na tipično gostoto vozil in upošteva, da se cestna razsvetljava v času najdaljše noči v zimskem času prižge okrog 16. ure in ugasne ob 8. uri zjutraj, lahko temni del dneva, ko so prižgane svetilke cestne razsvetljave, razdelimo na 4 intervale in sicer:

- 16:00 do 18:00
- 18:00 do 22:00
- 22:00 do 5:00
- 5:00 do 8:00



Slika 6: Tipični primer porazdelitve števila vozil v dnevu

Iz avtomatskih števecv prometa se lahko za posamezna časovna obdobje v dnevu dobijo podatki o gostoti vozil.

Kot je razvidno iz zgornjega grafa, se gostota vozil tekom dneva zelo spreminja in tej gostoti prometa je treba prilagoditi tudi svetlost oz. osvetljenost na cesti.

Glede na SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015 na izbiro svetlobnotehničnega razreda M in C vpliva tudi gostota prometa. Pri svetlobnotehničnih razredih M je visoka gostota prometa definirana kadar je preseženo 65% največje kapacitete avtoceste ali ceste z več pasovi v eni smeri in pri 45 % največje kapacitete pri cestah z enim voznim pasom v eno smer. Zmerna gostota prometa je kadar je obremenitev med 35 % in 65 % največje kapacitete avtoceste ali ceste z več pasovi oz. med 15 % in 45 % največje kapacitete pri cestah z enim voznim pasom. Nizka gostota prometa se smatra kadar je avtocesta ali cesta z več pasovi obremenjena z manj kot 35 % največje kapacitete, cesta z enim voznim pasom, pa ko je obremenjena z manj kot 15 % največje kapacitete. Pri svetlobnotehničnih razredih C gostota prometa ni posebej definirana. Ker so ceste ali odseki cest v svetlobnotehničnem razredu C večinoma »obkroženi« s cestami v svetlobnotehničnem razredu M, je dovolj, da se izbere ustrezen svetlobnotehnični razred M za (prednostno) cesto pred konfliktnim področjem in nato skladno s SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015 izbere ustrezen razred C glede na svetlobnost cestišča.

Tabela 4: Izsek iz tabele za določanja svetlobnotehničnega razreda M (SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015)

Gostota prometa		Avtoceste, ceste z več pasovi	Ceste z enim voznim pasom	Utež
	Visoka	> 65 % največje kapacitete	> 45 % največje kapacitete	1
	Zmerna	od 35 % do 65 % največje kapacitete	od 15 % do 45 % največje kapacitete	0
	Nizka	< 35 % največje kapacitete	< 15 % največje kapacitete	-1

Tabela 5: Izsek iz tabele za določanja svetlobnotehničnega razreda C (SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015)

		Utež
Gostota prometa	Visoka	1
	Zmerna	0
	Nizka	-1

Tehnično poročilo SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015 ne podaja načina izračuna kapacitete ceste niti ne utemeljuje navedenih meja za različne obremenitve ceste. Na podlagi analize, ki jo je pripravila Fakulteta za pomorstvo in promet (glej Prilogo A) se največja kapaciteta pa tudi gostota prometa lahko določi s pomočjo nivoja uslug po HCM (Highway Capacity Manual [A2]) metodologiji. HCM loči 7 nivojev uslug. Nivoji uslug (angl. LOS, Level Of Service) so razdeljeni v razrede med A in F, kjer A predstavlja prost prometni tok, B razmeroma prost prometni tok oziroma enakomeren promet, C stabilen prometni tok pri prostem toku ali blizu njega, D stalen promet pri visoki gostoti, ki se že približuje nestabilnemu toku, E nestabilen prometni tok in F prisilni ali prekinjeni prometni tok z zastoji. Na podlagi podanih opisov v Prilogi A lahko zaključimo, da je v nivojih uslug D in višje že presežena kapaciteta ceste. Po tej metodologiji torej lahko določimo mejo med C in D nivojem uslug kot največjo kapaciteto ceste. Po tej metodologiji nivo uslug A predstavlja nizko gostoto prometa in nivo uslug B predstavlja zmerno gostoto prometa. Ko pa število vozil preseže mejo med nivojem uslug B in C je na cesti visoka gostota vozil. Dalje lahko smatramo da so nivoji uslug C in D visoka gostota, E in F pa izredno visoka gostota.

Ker je metodologija izračuna kapacitete ceste in gostote prometa po HCM dobro utemeljena in velikokrat preverjena v praksi, se za določitev gostote prometa uporablja nivoje uslug in ne procentualne meje glede na kapaciteto ceste, kot so podane v tehničnem poročilu. Tudi vsi primeri v tem dokumentu so izdelani z določitvijo gostote prometa na podlagi nivojev uslug iz HCM. V Tabela 6 so zbrani vhodni podatki za izračun hitrosti prostega pretoka vozil ter meje med nizko in srednjo ter srednjo in visoko gostoto prometa za standardne kategorije cest.

Tabela 6: Vhodni podatki ter meje med nizko in srednjo ter srednjo in visoko gostoto prometa za standardne kategorije cest (enota za gostoto prometa je "vozil na prometni pas")

	tipična širina pasov	št. pasov / smer	min. radij (m)	maksimalna ukrivljenost (rad/m)	povprečna ukrivljenost (rad/m)	robni pas (m)	bankina (m)	bankina + robnik (m)	FFS (km/h)	Nizka gostota prometa do pretoka (LOS A)	Zmerna gostota prometa do pretoka (LOS B)	Kapaciteta ceste (LOS C)
AC	3,75	2				2,5	1	3,5	129	905	1420	2064
HC	3,5	2				2,5	1	3,5	95	665	1045	1520
G1	3,5	1	60	0,017	0,0017	0,5	1	1,5	90	630	990	1442
G2	3	1	25	0,040	0,0040	0,25	1	1,25	86	600	945	1378
R1	3	1	20	0,050	0,0050	0,25	1	1,25	85	590	930	1354
R2	3	1	20	0,050	0,0050	0,25	1	1,25	83	580	915	1331
R3	3	1	17	0,059	0,0059	0,25	1	1,25	80	565	885	1286
RT	2,75	1	10	0,100	0,0200	0	0,75	0,75	58	410	640	934

Na podlagi določene največje kapacitete in mejnih vrednosti za srednjo in visoko gostoto prometa so določene vrednosti urnega števila vozil na posamezen prometni pas za standardne kategorije ceste. Ker se določene ceste kategorije G1 in G2 pojavljajo kot ceste z enim ali dvema voznima pasovoma (v isto smer), so v Tabela 7 te možnosti ločene.

Tabela 7: Mejne vrednosti števila vozil na uro v eni smeri za zmerno in visoko gostoto prometa ter največja kapaciteta ceste

Kategorija ceste	Št. pasov / smer	Največja kapaciteta (vozil/uro/smer)	Mejna vrednost za visoko gostoto (vozil/uro/smer)	Mejna vrednost za zmerno gostoto (vozil/uro/smer)
Avtoceste	2	4128	2840	1810
Hitre ceste	2	3040	2095	1330
G1	2	2884	1980	1260
G1	1	1442	990	630
G2	2	2756	1890	1200
G2	1	1378	945	600
R1	1	1354	930	590
R2	1	1331	915	580
R3	1	1286	885	565
RT	1	934	640	410

Podatke o prometu za posamezne odseke pridobimo iz podatkov avtomatskih števec prometa. Te podatke pridobimo na Direkciji za ceste RS (npr. e-publikacija Štetje prometa). Iz publikacije se lahko za vsako števno mesto pridobi podatke o gostoti prometa za posamezno uro v dnevu za obravnavamo leto. Na ta način se določi uteži gostote prometa za svetlobnotehnični razred. Za primer obravnavanega odseka, ki je na cesti kategorije G2, za katerega so osnovni podatki podani v Tabela 8, gostota prometa pa prikazana na Slika 6 lahko zaključimo, da je v času jutranje in popoldanske konice (od 5:00 do 8:00 in od 16:00 do 18:00) visoka gostota prometa, v večernem času (od 18:00 do 20:00) je gostota prometa zmerna, v nočnem času (od 20:00 do 6:00) pa je gostota prometa nizka, kar pomeni, da imamo samo zaradi vpliva gostote prometa tri različne svetlobnotehnične razrede. Če pa upoštevamo, da v nočnem času na cesti ni kolesarjev oz. je njihovo število izredno majhno, se v primeru ceste, kjer je čez dan mešan promet, v nočnem času spremeni tudi utež za strukturo prometa.

Primer določitve svetlobnotehničnega razreda za odsek na cesti G2 104, odsek 1139 LOKA – TRZIN.

Tabela 8: Tabela z določitvijo svetlobnotehničnega razreda

Parameter	Jutranja in, popoldanska konica (5:00 – 8:00 in 16:00 – 18:00)		Večerni čas (18:00 – 22:00)		Nočni čas (22:00 – 06:00)	
	Vrednost	Točke	Vrednost	Točke	Vrednost	Točke

Hitrost prometa	60 km/h	-1	60 km/h	-1	60 km/h	-1
Količina prometa	Visoka	1	Zmerna	0	Nizka	-1
Sestava prometa	Samo motorni	0	Samo motorni	0	Samo motorni	0
Ločenost smernih vozišč	Ne	1	Ne	1	Ne	1
Gostota križišč	Visoka	1	Visoka	1	Visoka	1
Parkirana vozila	Niso prisotna	0	Niso prisotna	0	Niso prisotna	0
Svetlost okolice	Nizka	-1	Nizka	-1	Nizka	-1
Navigacijske naloge	Enostavne	0	Enostavne	0	Enostavne	0
Vsota točk		1		0		-1
Svetlobnotehnični razred		M5		M6		M6

Glede na izračunane svetlobnotehnične razrede, bi cestišče v času jutranje in popoldanske konice (v zimskem času) osvetlili s svetlostjo 0,50 cd/m², v večernem času pa s svetlostjo 0,30 cd/m². Kljub enakemu razredu v večernem in nočnem času, zaradi zmanjšanja gostote prometa, zmanjšamo svetlost cestišča v nočnem času za 30 % torej na vrednost 0,20 cd/m².

Če bi pri izračunu svetlobnega razreda dobili za vsa tri časovna obdobja v dnevu svetlobnotehnični razred M6, potem v času najgostejšega prometa cestišče osvetlimo z 0,30 cd/m², v večernem času s 30 % nižjim svetlobnim tokom in svetlostjo 0,20 cd/m² in v nočnem času s 50 % nižjim svetlobnim tokom kot pri razredu M6, torej s svetlostjo 0,15 cd/m². Splošna in vzdolžna enakomernost ostaneta enaki kot pri razredu M6.

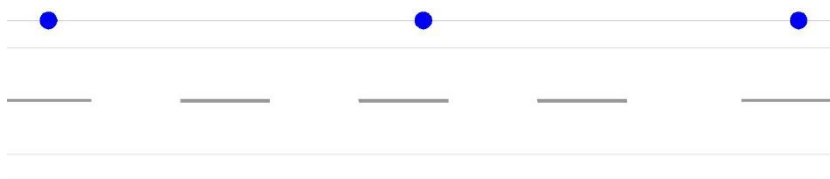
Enako je tudi pri svetlobnotehničnih razredih C. Če je za vsa obdobja v dnevu izračunan razred C5, potem v času največjega prometa področje osvetlimo s povprečno vzdrževano osvetljenostjo 7,50 lx, v času zmernega prometa jo zmanjšamo za 30 % na 5,00 lx, v času najnižjega prometa pa jo zmanjšamo na 50 % vrednosti razreda C5, torej 3,75 lx. Splošna enakomernost ostane enaka kot pri razredu C5.

7 Primeri razsvetljave prometnih površin

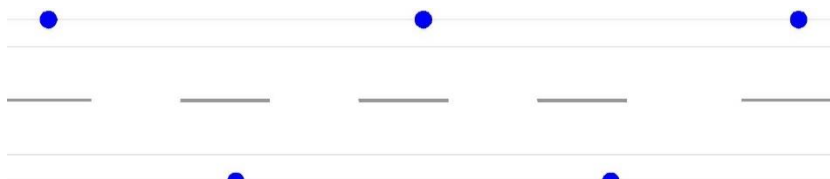
V nadaljevanju so predstavljeni splošni primeri razsvetljave prometnih površin. Pri osvetljevanju prometnih površin je treba preučiti smiselnost in način izvedbe cestne razsvetljave s stališča zagotavljanja prometne in splošne varnosti kot tudi zmanjšanja svetlobnega onesnaževanja in porabe električne energije.

Pri projektiranju cestne razsvetljave je treba upoštevati situacijo ceste, svetlobnotehnične zahteve, posebnosti pri odvijanju prometa in okolico.

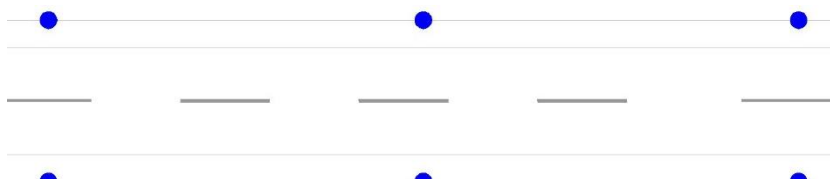
Postavitev svetilk je možna na več načinov. Nekaj najbolj pogostih postavitvev svetilk glede na cestišče je prikazanih na naslednjih slikah.



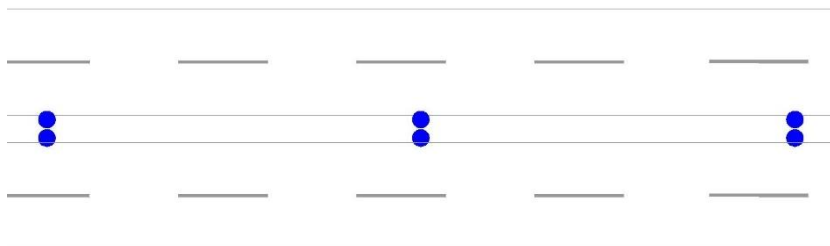
Slika 7: Enostranska namestitev svetilk



Slika 8: Dvostranska zamaknjena razporeditev svetilk



Slika 9: Dvostranska nasprotna razporeditev svetilk



Slika 10: Dvostranska sredinska namestitev svetilk

Pri izbiri svetilk je treba posvetiti veliko pozornosti ustrezni izbiri optike in s tem prostorski porazdelitvi svetilnosti. Za osvetlitev prometnih površin, ki spadajo pod svetlobnotehnične razrede M in P, izberemo svetilke s tako optiko, da je razmerje med višino droga (namestitve svetilke) in razdaljo med drogovi vsaj 1:5. Višino droga določimo glede na širino vozišča in postavitev svetilke.

7.1 Ceste v naselju

Na splošno je priporočljiva postavitev svetilk na način, da čim manj ovirajo opaznost pešcev. Iz tega stališča je izvedba s svetilkami na stebrih, ki so postavljeni na področju pločnika ali med voznim pasom in pločnikom slaba, saj lahko stebri zastrejo osebo, ki hodi po pločniku. Veliko primernejša je postavitev ob pločniku na strani stran od ceste.

Cestno razsvetljavo na prometno najbolj obremenjenih delih cest v naseljih predpisuje 75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah.

Osvetlujejo se samo najbolj obremenjeni deli cest v naselju. Kot najbolj obremenjene dele cest smatramo tiste dele, ki imajo vsaj v enem delu temnega dela dneva visoko gostoto prometa v skladu s SIST-TP CEN/TR 13201-1 (glej poglavje 8)

Na neobremenjenih delih cest v naselju osvetljujemo samo površine za pešce, kolesarske površine (kolesarski prehodi, ceste v naseljih s souporabo prometnih pasov, mesta, kjer se prepletata motorni in kolesarski promet, območja fizičnih naprav za umirjanje prometa kolesarjev v naseljih (glede na 49. člen Pravilnika o kolesarskih površinah), naprave za

umirjanje prometa (glede na Tehnično specifikacijo za javne ceste TSC 03.800: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa) in servisne prometne površine (na ali ob javni cesti).

7.1.1 Pločnik ob neobremenjenem delu ceste v naselju

Razsvetljava teh cest je pomembna z vidika pešcev in kolesarjev, ki se pojavljajo na tem cestnem odseku. Osvetlitev teh površin omogoča voznikom, da so pešci in kolesarji hitreje in lažje opaženi. Postavitev svetilk na eni strani ceste je bolj primerna za manj prometno obremenjene ceste ali ceste z omejenim prostorom postavitve svetilk. Slabost takšne postavitve svetilk je lahko ta, da imajo pešci in kolesarji na drugi strani ceste manj zadostno osvetlitev, kar lahko povzroča tveganje za nastanek nesreče. Postavitev svetilk na obeh straneh ceste omogoča enakomerno osvetlitev ceste na obeh straneh, kar lahko izboljša vidljivost vseh udeležencev v prometu, tudi pešcev in kolesarjev na obeh straneh ceste. Težava postavitve takšnih svetilk je lahko na nekaterih cestah, kot so ozke in manj prometne ceste, kjer morda ni dovolj prostora za postavitev svetilk na obeh straneh ceste. Pomanjkljivost so lahko tudi večji stroški postavitve in vzdrževanja razsvetljave. Pri odločanju med enostransko in dvostransko postavitvijo svetilk je ključno upoštevati specifične okoliščine vsakega primera (prostorske omejitve), vključno z gostoto prometa in udeleženci v prometu (gostota prisotnosti pešcev in kolesarjev na odseku).

Na spodaj prikazanem primeru ceste (slika 11) gre za vozišče, ki ima na vsaki strani površino za pešce. Ker gre za neobremenjeni del ceste v naselju, osvetljujemo le površine za pešce. Na enak način bi obravnavali primer, če bi bile ob vozišču kolesarske površine ali pa poleg površin za pešce tudi kolesarske površine.

Na spodnjih slikah so prikazani različni primeri postavitve svetilk glede na ustrezni svetlobnotehnični razred. Posamezni svetlobnotehnični razred P definirata povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} in najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min} . Priporoča se tudi zagotovitev ustrezne enakomernosti in sicer tako, da povprečna vrednost vzdrževane osvetljenosti ne presega 7,5-kratnika minimalne vrednosti osvetljenosti



Slika 11: Primer ceste v naselju (vozišče in površine za pešce)

Obravnavani primer se nanaša na svetlobnotehnični razred P6. Če želimo zagotoviti pogoje za višji razred, moramo ustrezno povišati izhodni svetlobni tok svetilk, lokacije svetilk pa ostanejo enake.

Zahteve za svetlobnotehnični razred P6

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} :	2,00 lx
Najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min} :	0,40 lx

7.1.1.1 Svetilke postavljene zamaknjeno na obeh straneh ceste

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

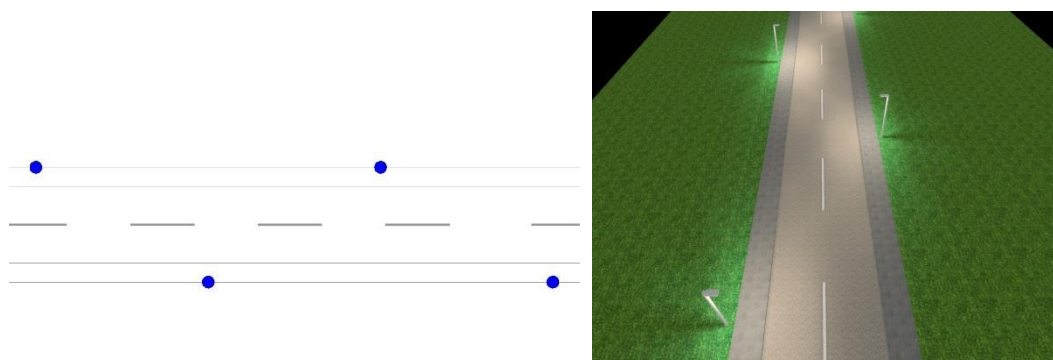
Svetlobni tok:	500 lm
Višina namestitve:	4 m

Širina cestišča	6 m
Širina pločnika	1,5 m
Razdalja med drogovi:	27 m (med svetilkama na isti strani)
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 9: Rezultati primera osvetlitve neobremenjenega dela ceste s svetilkami na obeh straneh ceste

	Površina za pešce 1	Površina za pešce 2
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} :	2,63 lx	2,63 lx
Najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min}	0,42 lx	0,42 lx



Slika 12: Primer postavitve zamaknjenih svetilk na obeh straneh ceste za osvetlitev površin za pešce na neobremenjenem delu ceste v naselju

7.1.1.2 Svetilke postavljene na eni strani ceste

Če osvetljujemo površine za pešce in/ali kolesarje s svetilkami, postavljenimi na eni strani ceste, morajo biti le-te nameščene na drogovih take višine, da zagotovijo ustrezno osvetlitev površin za pešce in/ali kolesarje tudi na nasprotni strani.

Površina za pešce in/ali kolesarje, ki je bližje svetilkam, mora biti osvetljena v ustreznem svetlobnotehničnem razredu. Morebitna površina za pešce in/ali kolesarje na drugi strani ceste bo osvetljena slabše, zagotovljena pa mora biti vsaj najmanjša vzdrževana osvetljenost glede na izbrani svetlobnotehnični razred. Naloga razsvetljave je zagotoviti varno pot uporabnika površin za pešce in/ali kolesarje, za kar je dovolj ena osvetljena površina v ustreznem svetlobnotehničnem razredu.

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	1.100 lm
Višina namestitve:	7 m
Razdalja med drogovi:	35 m
Širina cestišča	6 m
Širina pločnika	1,5 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

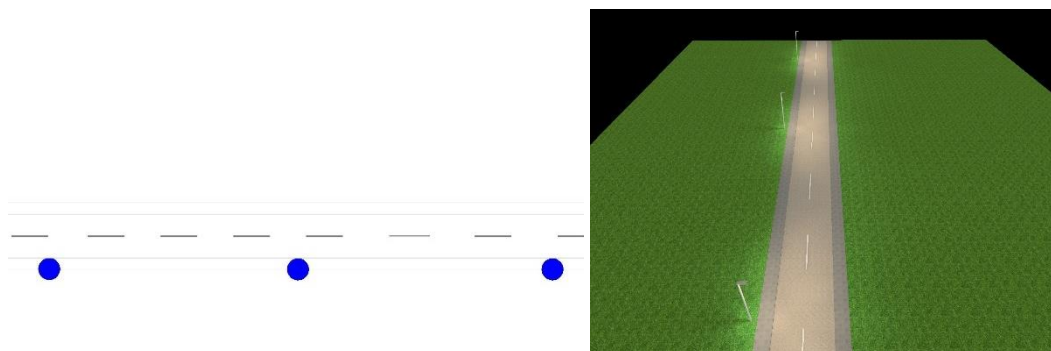
Rezultati

Tabela 10: Rezultati primera osvetlitve neobremenjenega dela ceste s svetilkami na eni strani ceste

	Površina za pešce 1*	Površina za pešce 2
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	2,12 lx	1,35 lx

Najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min}	0,42 lx	0,84 lx
---	---------	---------

*Površina za pešce 1 je na strani ceste, kjer so postavljene svetilke.



Slika 13: Primer postavitve svetilk na eni strani ceste za osvetlitev površin za pešce na neobremenjenem delu ceste v naselju

Na ta način lahko osvetljujemo tudi neobremenjene dele cest, kjer gre za souporabo pasov ali preplet motornega in kolesarskega prometa.

7.1.2 Obremenjeni del ceste v naselju

Prometno obrnjeni deli cest v naselju so pogosto izpostavljeni večjemu prometu vozil, pešcev in kolesarjev. Ustrezen nivo osvetlitve na teh območjih omogoča voznikom boljše vidljivost ceste, prometnih znakov ter drugih udeležencev v prometu, kar prispeva k zmanjšanju tveganja za nesreče. Vpliv razsvetljave na prometno varnost na obremenjenih delih cest v naseljih ima nekaj specifičnih vidikov. Zaradi velike gostote pešcev, kolesarjev in prometa ter gosto razvejane prometne mreže je voznikovo zaznavanje prometne situacije še posebej pomembno. Pravilna osvetlitev teh območij omogoča, da so pešci in kolesarji dobro vidni ter, da se počutijo varneje med gibanjem ob vozišču. Slabo osvetljeni cestni odseki lahko otežijo pravilno oceno prometne situacije in povečajo tveganje za nesreče. Zato je ključna namestitve učinkovite javne razsvetljave na cestnih odsekih, ki osvetljuje vse pomembne elemente, vključno s prehodi za pešce in kolesarskimi stezami. Boljše zaznavanje prometne situacije lahko tudi omogoča bolj tekoče odvijanje prometa. Pomembna je tudi optimalna postavitev javne razsvetljave, da se prepreči bleščanje in zagotovi jasna vidljivost, kar zmanjšuje možnost nesreč zaradi boljše zaznave okolice. S pravilno načrtovano, izvedeno in vzdrževano razsvetljavo lahko pomembno prispevamo k zmanjšanju tveganja za prometne nesreče.

Osvetlitev obremenjenega dela ceste v naselju lahko pokažemo na istem primeru ceste kot prej (slika 11). Ker gre za obremenjeni del ceste v naselju, osvetljujemo vozišče in površine za pešce. Prikazani so primeri postavitve svetilk za svetlobnotehnični razred M4. Držimo se še priporočila iz standarda, da naj bo razlika med sosednjimi svetlobnotehničnimi razredi manj kot dva razreda (torej so lahko površine za pešce v našem primeru osvetljene z razredi P6–P2).

Zahteve za primer svetlobnotehničnega razreda M4

Povprečna vzdrževana svetlost vozišča \bar{L} :	0,75 cd/m ²
Najmanjša enakomernost svetlosti U_0 :	0,40
Najmanjša vzdolžna enakomernost svetlosti U_l :	0,60
Največji relativni prirast praga zaznavanja f_{TI} :	15 %

Najmanjši količnik osvetljenosti roba R_{EI} : 0,30

7.1.2.1 Svetilke postavljene na obeh straneh ceste

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	2.500 lm
Višina namestitve:	5 m
Razdalja med drogovi:	29 m
Širina cestišča	6 m
Širina pločnika	1,5 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

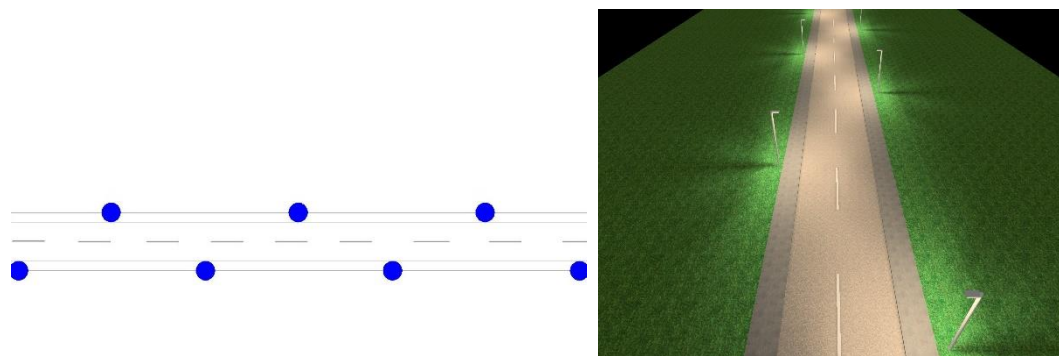
Tabela 11: Rezultati primera osvetlitve vozišča na obremenjenem delu ceste s svetilkami na obeh straneh ceste

Vozišče	
Povprečna vzdrževana svetlost vozišča \bar{L}	0,75 cd/m ²
Enakomernost svetlosti U_0	0,62
Vzdolžna enakomernost U_l	0,61
Relativni prirast praga zaznavanja f_{T1}	13 %
Količnik osvetljenosti roba R_{EI}	0,91

Tabela 12: Rezultati primera osvetlitve površin za pešce na obremenjenem delu ceste s svetilkami na obeh straneh ceste

Površine za pešce	Površina za pešce 1	Površina za pešce 2
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	13,37 lx	13,37 lx
Najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min}	3,32 lx	3,32 lx

Obe površini za pešce sta osvetljeni za svetlobnotehnični razred P2.



Slika 14: Primer postavitve svetilk na obeh straneh ceste za osvetlitev vozišča in površin za pešce na obremenjenemu delu ceste v naselju

7.1.2.2 Svetilke postavljene na eni strani ceste

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	5.250 lm
Višina namestitve:	7 m
Razdalja med drogovi:	28 m

Faktor vzdrževanja: 0,9

Rezultati

Tabela 13: Rezultati primera osvetlitve vozišča na obremenjenem delu ceste s svetilkami na eni strani ceste

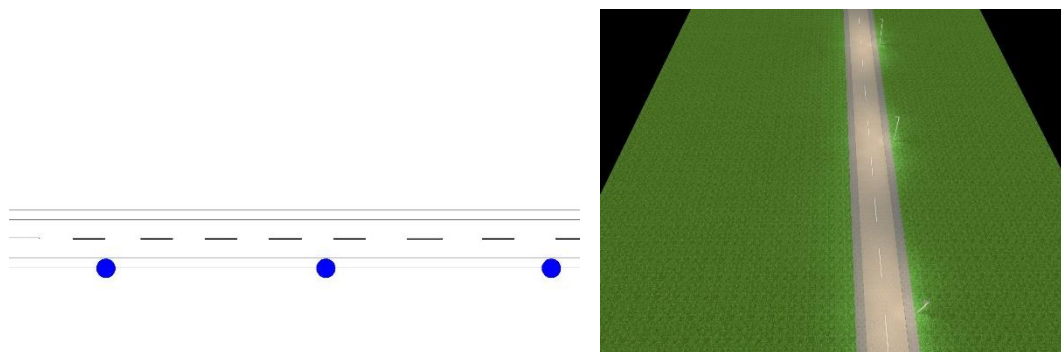
Vozišče	
Povprečna vzdrževana svetlost vozišča \bar{L}	0,75 cd/m ²
Enakomernost svetlosti U_0	0,47
Vzdolžna enakomernost U_l	0,80
Relativni prirast praga zaznavanja f_{T1}	15 %
Količnik osvetljenosti roba R_{EI}	0,38

Tabela 14: Rezultati primera osvetlitve površine za pešce na obremenjenem delu ceste s svetilkami na eni strani ceste

Površine za pešce	Površina za pešce 1*	Površina za pešce 2
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	14,87 lx	5,15 lx
Najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min}	6,61 lx	3,69 lx

*Površina za pešce 1 je na strani ceste, kjer so razporejene svetilke.

Površina za pešce 1 je osvetljena za svetlobnotehnični razred P2, površina za pešce 2 pa za svetlobnotehnični razred P4.



Slika 15: Primer postavitve svetilk na eni strani ceste za osvetlitev vozišča in površin za pešce na obremenjenem delu ceste v naselju

7.2 Prehodi in podhodi za pešce

Osvetlitev prehodov za pešce predpisujeta 75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah ter 24. člen Zakona o cestah. Osvetlitev podhodov za pešce predpisuje 75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah.

7.2.1 Prehodi za pešce

Prehodi za pešce se osvetljujejo v skladu s smernicami v Priročniku za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje. V tem priročniku so prikazani in opisani tudi posamezni primeri.

7.2.2 Podhodi za pešce

V podhodih mora biti ves čas zagotovljena ustrezna osvetljenost, preglednost in občutek osebne varnosti. Svetlobni tok svetilk mora biti v dnevnem času zelo visok, da lahko dosežemo

osvetljenost, ki je približno enaka osvetljenosti okolice. Prehod iz okolice v podhod in obratno je tako za uporabnika lažji, saj ne pride do motenj vida zaradi potrebe po adaptaciji.

Vhoda v podhod morata biti naravno osvetljena, podhod z vhodoma vred pa primerno umetno osvetljen 24 ur na dan (glej dokument Infrastruktura za pešce – Splošne usmeritve).

Zahteve glede osvetljevanja podhodov so določene v standardu EN 12464-1. V svetlem delu dneva mora biti podhod osvetljen z umetno razsvetljavo vedno, kadar osvetlitev z naravno svetlobo v najbolj temnem delu podhoda ne doseže 50 lx. V temnem delu dneva pa se ga osvetli z 10 lx oz. več, če sta vhod in/ali izhod iz podhoda osvetljena. V tem primeru mora biti podhod osvetljen enako, kot je osvetljen pločnik pred podhodom in za njim. Uporabi naj prižiganja razsvetljave s sensorji prisotnosti. Ko v podhodu ni uporabnikov, naj bo le-ta osvetljen z minimalno osvetljenostjo (npr. 10 %) in ne popolnoma v temi.

Zahteve za osvetlitev podhodov za pešce za majhno gostoto uporabnikov v svetlem delu dneva

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} :	50 lx
Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 :	0,30
Najmanjši indeks barvnega videza R_a :	80

Zahteve za osvetlitev podhodov za pešce za majhno gostoto uporabnikov v temnem delu dneva

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} :	10 lx
Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 :	0,30
Najmanjši indeks barvnega videza R_a :	80

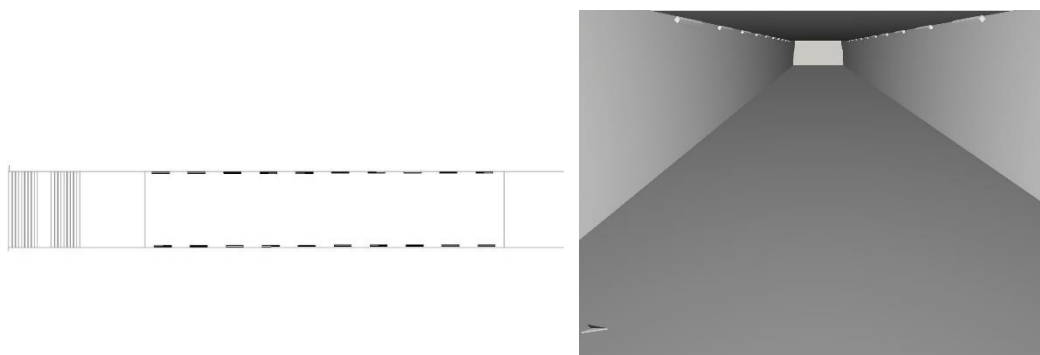
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	600 lm
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 15: Rezultati primera osvetlitve podhoda za pešce v temnem delu dneva

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	10,8 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,54
Indeks barvnega videza R_a	83



Slika 16: Primer postavitve svetilk za osvetlitev podhoda pod npr. železniškimi tiri

7.2.3 Hodniki za pešce v območju označenih prehodov ali podhodov

Hodnikov za pešce oz. pločnikov izven naselja ne osvetljujemo, primeri takih hodnikov znotraj naselja pa so že zajeti pri osvetlitvi neobremenjenega ali obremenjenega dela ceste v naselju.

7.3 Razcepi avtocest in hitrih cest

Na razcepkih kjer je visoka gostota prometa, se razsvetljava postavi z namenom predvsem vidnemu vodenju voznikov. Pravilna postavitve svetilk glede na prometne razmere in optimalna izbira svetlobnotehničnih razredov prispevata k boljši varnosti ter učinkovitejšemu in varnejšemu vodenju prometnih tokov na teh kritičnih točkah cestnega omrežja.

Če cesta pred razcepom in za njim ni osvetljena, se priporoča izbor svetlobnotehničnega razreda M6. Oba primera razcepov v nadaljevanju sta prikazana za svetlobnotehnični razred M6.

Zahteve za svetlobnotehnični razred M6

Najmanjša vzdrževana svetlost vozišča \bar{L} :	0,30 cd/m ²
Najmanjša enakomernost svetlosti U_0 :	0,35
Najmanjša vzdolžna enakomernost U_l :	0,40
Največji relativni prirast praga zaznavanja f_{TI} :	20 %
Najmanjši količnik osvetljenosti roba R_{EI} :	0,30

7.3.1 Razcepi avtocest

Svetilke se postavi na eno stran avtoceste, običajno na desno stran v smeri vožnje (zaradi lažjega vzdrževanja svetilk). Zaradi vzdrževanja je lahko višina drogov največ 12 m.

Razcep avtoceste se osvetli tako, da se pred razcepom in za njim postavi po dve svetilki. Svetilka na samem razcepju se že šteje kot ena izmed dveh svetilk. Na postavitve drogov oz. razdaljo med njimi vpliva širina smernega vozišča avtoceste in višina montaže svetilk. Višino drogov določimo glede na širino širšega dela smernega vozišča avtoceste (torej pred odcepom) in jo ohranimo do konca razcepa. Izberemo svetilke s tako optiko, da je višina montaže čim manjša glede na širino smernega vozišča avtoceste.

Razsvetljava na razcepju avtoceste je namenjena vidnemu vodenju prometnih udeležencev, zato je dovolj, da se razcep osvetljuje s svetlobnotehničnim razredom M6 (v primeru, da cesta pred razcepom in za njim ni osvetljena).

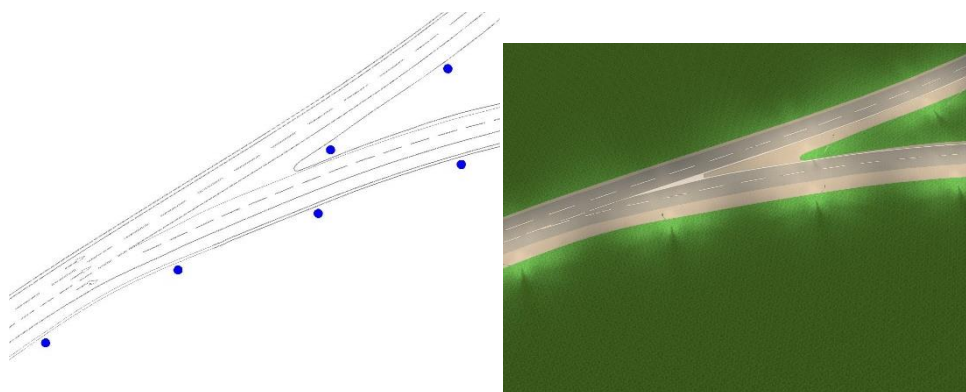
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	8.500 lm
Višina namestitve:	12 m
Razdalja med drogovi:	60 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 16: Rezultati primera osvetlitve razcepa avtoceste

Vzdrževana svetlost vozišča \bar{L}	0,30 cd/m ²
Enakomernost svetlosti U_0	0,40
Vzdolžna enakomernost U_l	0,50
Relativni prirast praga zaznavanja f_{TI}	9 %
Količnik osvetljenosti roba R_{EI}	0,34



Slika 17: Primer postavitve svetilk za osvetlitev razcepa na avtocesti

7.3.2 Razcepi hitrih cest

Svetilke se postavi na eno stran hitre ceste, običajno na desno stran v smeri vožnje (zaradi lažjega vzdrževanja).

Razcep hitre ceste se osvetli tako, da se pred razcepom in za njim postavi po dve svetilki. Svetilka na samem razcepu se že šteje kot ena izmed dveh svetilk. Na postavitvi drogov oz. razdaljo med njimi vpliva širina smernega vozišča hitre ceste in višina montaže svetilk. Višino drogov določimo glede na širino širšega dela smernega vozišča hitre ceste (torej pred odcepom) in jo ohranimo do konca razcepa. Izberemo svetilke s tako optiko, da je višina montaže čim manjša glede na širino smernega vozišča hitre ceste.

Za obravnavani primer upoštevamo, da cesta pred razcepom ni osvetljena, zato osvetlitev projektiramo za svetlobnotehnični razred M6.

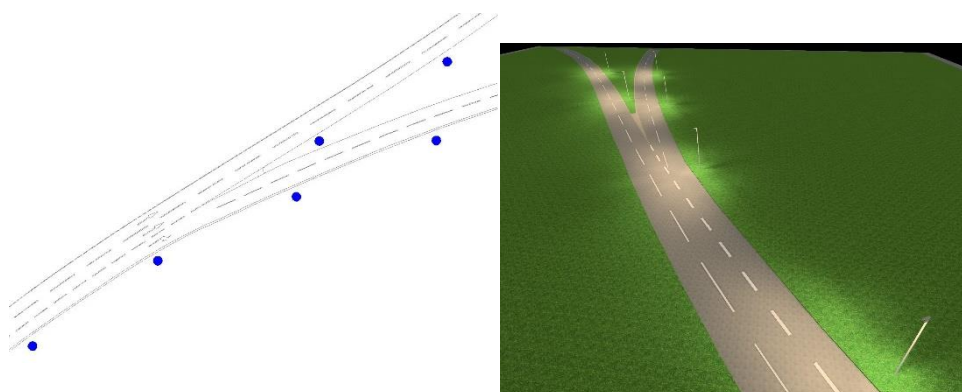
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	6.000 lm
Višina namestitve:	9 m
Razdalja med drogovi:	49 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 17: Rezultati primera osvetlitve razcepa hitre ceste

Vzdrževana svetlost vozišča \bar{L}	0,30 cd/m ²
Enakomernost svetlosti U_0	0,35
Vzdolžna enakomernost U_l	0,41
Relativni prirast praga zaznavanja f_{T1}	12 %
Količnik osvetljenosti roba R_{E1}	0,49



Slika 18: Primer postavitve svetilk za osvetlitev razcepa na hitri cesti

7.3.3 Razcepi na daljinskih cestah

Skladno s Pravilnikom o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah se razcepi na daljinskih cestah ne osvetljujejo. Če se izkaže potreba po večji prometni varnosti na območju razcepa na daljinski cesti, se ga osvetli, kot je prikazano na spodnjem primeru.

Pred razcepom se postavi eno svetilko na nasprotni strani ceste, gledano v smeri vožnje proti razcepom, in dve za razcepom na isti strani ceste. Na mestu razcepa se postavi dodatna svetilka, ki osvetli razcep. Na postavitve drogov oz. razdaljo med njimi vpliva širina vozišča daljinske ceste in višina montaže svetilk. Višino drogov določimo glede na širino širšega dela vozišča (torej pred odcepom) in jo ohranimo na celotnem področju razcepa. Izberemo svetilke s tako optiko, da je višina montaže čim manjša glede na širino vozišča.

Tudi za primer razcepa na daljinski cesti bomo upoštevali, da cesta pred razcepom in za njim ni osvetljena, zato osvetlitev projektiramo za svetlobnotehnični razred M6.

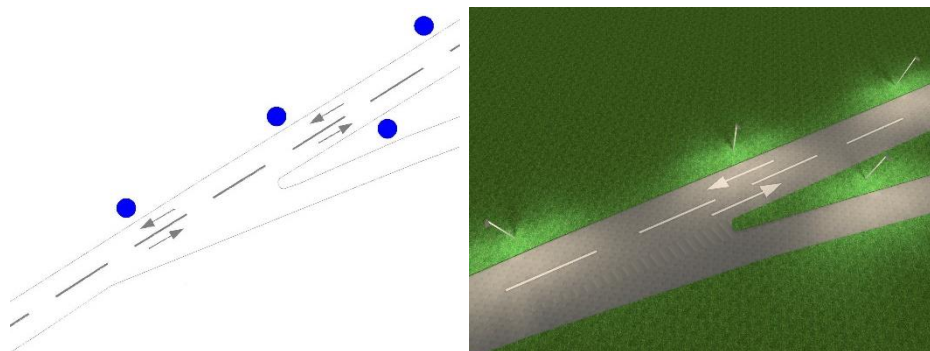
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	2.000 lm
Višina namestitve:	5 m
Razdalja med drogovi:	27 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 18: Rezultati primera osvetlitve razcepa daljinske ceste

Vzdrževana svetlost cestne površine \bar{L}	0,32 cd/m ²
Enakomernost svetlosti U_0	0,43
Vzdolžna enakomernost U_l	0,43
Relativni prirast praga zaznavanja f_{T1}	15 %
Količnik osvetljenosti roba R_{E1}	0,36



Slika 19: Primer postavitve svetilk za osvetlitev razcepa na daljinski cesti

7.4 Uvozi in izvozi iz avtocest in hitrih cest

Na uvozi in izvozi iz avtoceste in hitre ceste osvetlitev omogočila boljšo vidljivost in zaznavnost prometne signalizacije, kar prispeva k boljši prometni varnosti (zmanjšanje tveganja za vožnjo v nasprotno smer). Razsvetljava na uvozi in izvozi pomaga voznikom pri vidnemu vodenju (usmerjanju) in varni navigaciji pri uvozu in izvozu iz avtoceste ali hitre ceste, še posebej v pogojih zmanjšane vidljivosti in ponoči.

Osvetlitev priključkov na avtoceste in hitre cest predpisuje 75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah.



Slika 20: Primer uvoza in izvoza iz avtoceste in hitre ceste

Uvozi in izvozi iz neosvetljenih avtocest in hitrih cest se osvetljujejo s 5 lx in enakomernostjo osvetljenosti najmanj 0,35. Ta razsvetljava je namenjena vidnemu vodenju prometnih udeležencev. Če so avtoceste ali hitre ceste pred uvozi in izvozi osvetljene, se jih osvetli v ustreznem svetlobnotehničnem razredu C glede na osvetlitev pred ali za izvozom. Ustrezen C razred izberemo glede na svetlobnotehnični razred pred ali za obravnavanim področjem. Če je prej avtocesta ali hitra cesta osvetljena v M razredu, vzamemo tabelo primerljivih C in M razredov, če pa je (v nadaljevanju) osvetljeno križišče v C razredu, pa izberemo enak ali en razred nižji C razred, kot je C razred križišča

Na izvozu se postavi največ dve svetilki pred mestom razcepa izvoza. Izvozna cesta se osvetljuje do točke združitve uvoza in izvoza. Pred točko združitve uvoza in izvoza se na strani uvozne ceste postavi največ dve svetilki pred samim mestom združitve. Po mestu združitve uvoza in ceste se za osvetlitev uvoza postavi največ dve svetilki.

Primer osvetlitve uvoza in izvoza iz avtocest in hitrih cest lahko pokažemo na primeru na sliki 20. Gre za uvoz in izvoz iz neosvetljene avtoceste, zato ju osvetlimo s 5 lx.

Na postavitev drogov oz. razdaljo med njimi vpliva širina smernega vozišča avtoceste oz. hitre ceste in višina montaže svetilk. Za obravnavani primer lahko za zagotovitev ustreznih pogojev uporabimo svetilke na drogovi višine 7 m in razdaljo med drogovi 35 m. Višino drogov določimo glede na širino vozišča uvozne ceste na avtocesto oz. hitro cesto. Izberemo svetilke s tako optiko, da je višina montaže čim manjša glede na širino vozišča.

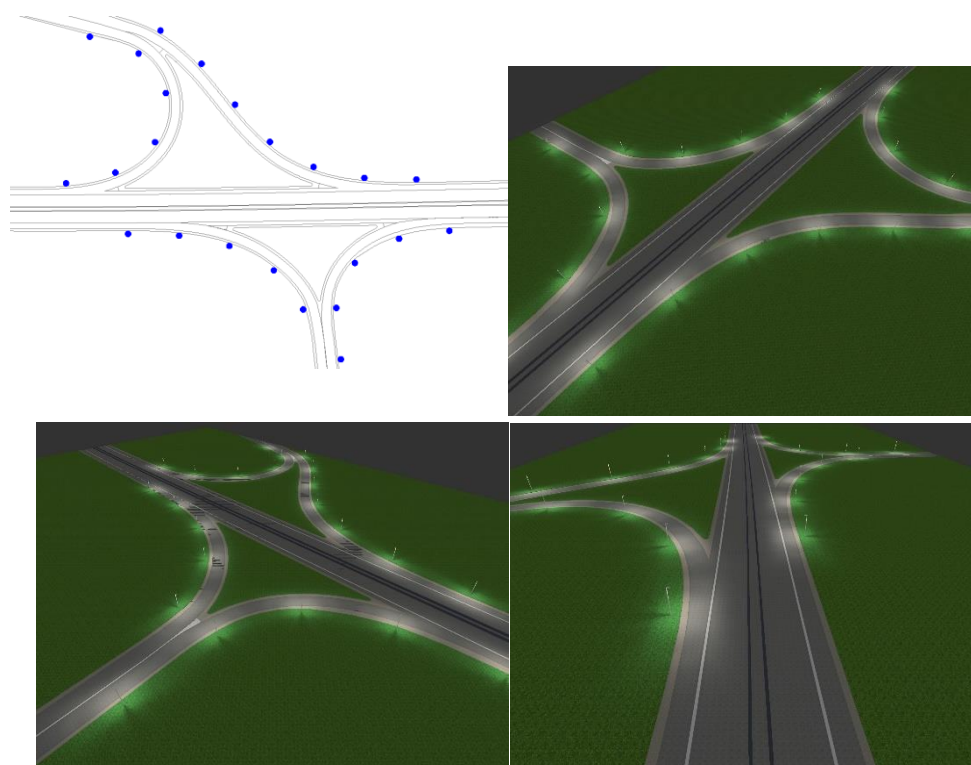
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	2.750 lm
Višina namestitve:	7 m
Razdalja med drogovi:	35 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 19: Rezultati primera uvoza in izvoza iz avtoceste in hitre ceste

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	5,01 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,40



Slika 21: Primer postavitve svetilk za osvetlitev uvoza in izvoza na avtocesto oziroma hitro cesto

7.5 Servisne prometne površine ob javnih cestah

Osvetlitev servisnih prometnih površin ob javnih cestah predpisuje 75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah. Pod servisne prometne površine spadajo avtobusna postajališča, parkirišča, počivališča, oskrbne postaje, površine za nadzor prometa, obračališča ter površine kontrolnih postaj.

7.5.1 Avtobusna postajališča

Razsvetljava na avtobusnih postajališčih igra ključno vlogo pri zagotavljanju varnosti in udobja potnikov ter drugih udeležencev v prometu. Svetloba na avtobusnih postajališčih omogoča voznikom, potnikom, ki čakajo na avtobus, in drugim udeležencem v prometu boljšo vidnost, kar zmanjšuje možnost nesreč, zlasti v pogojih zmanjšane vidljivosti. Poleg tega prisotnost svetlobe na avtobusnih postajališčih daje potnikom večje udobje in tudi občutek večje varnosti v smislu drugih potencialnih nevarnosti oz. kriminalnih dejanj (rop, napad). Pravilno osvetljeni prehodi za pešce in kolesarje na avtobusnih postajališčih povečujejo njihovo varnost pri prečkanju ceste, saj voznikom omogočajo hitrejšo zaznavanje pešcev.

Osvetlujejo se samo avtobusna postajališča za avtobuse v javnem linijskem cestnem prometu v času voznega reda! Šolskih avtobusnih postajališč se ne osvetluje!

Za avtobusna postajališča znotraj naselij, ki se nahajajo izven prometnega pasu in se osvetlijo v sklopu razsvetljave površin za pešce oz. vozišča, dodatna osvetlitev ni potrebna. Za osvetlitev avtobusnih postajališč izven naselij se uporabi orientacijsko razsvetljava (svetilka z izhodnim svetlobnim tokom 500 lm, ki je montirana na drogu višine 4 m in ima tako optiko, da osvetluje celotno širino avtobusnega postajališča (pločnik + cestišče)). Ker gre za orientacijsko razsvetljava, posebnih svetlobnotehničnih zahtev ni, prav tako ne izbiramo svetlobnotehničnega razreda. Za orientacijsko razsvetljava so lahko uporabljene tudi solarne svetilke.

V sklopu avtobusnega postajališča je lahko urejen tudi prehod za pešce in/ali za kolesarje, ki mora biti osvetljen ustrezno s Priročnikom za cestno razsvetljava v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje. Svetilka, ki je namenjena za horizontalno in vertikalno osvetlitev prehoda, ne more biti uporabljena tudi kot svetilka za osvetlitev avtobusnega postajališča. Avtobusno postajališče mora biti osvetljeno ločeno od razsvetljave prehoda za pešce in/ali kolesarje. Višina droga ostane 4 m, tudi če je višina droga svetilke za osvetlitev prehoda večja.

Svetilka se postavi pred avtobusnim postajališčem v smeri vožnje. Svetilke v nadstrežnici (če le-ta obstaja) niso predmet cestne razsvetljave in tudi niso primerne kot edina osvetlitev avtobusnega postajališča. Za osvetlitev avtobusnega postajališča izberemo svetilko s tako optiko, da osvetlimo celotno širino avtobusnega postajališča (pločnik + cestišče).

Razsvetljava na avtobusnih postajališčih se po zadnjem prihodu oz. odhodu avtobusa ugasne. Ves čas svetijo le svetilke na avtobusnih postajališčih z deniveliranim otokom, kjer se spremeni os glavnega toka prometa. Svetilkam, ki se ne ugašajo, se v času izven voznega reda svetlobni tok zmanjša na 10 %.

Poznamo več možnosti izvedbe avtobusnih postajališč, ki so določene v Pravilniku o avtobusnih postajališčih. Osvetlitev avtobusnega postajališča je za nekaj primerov avtobusnih postajališč prikazana na naslednjih primerih.

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

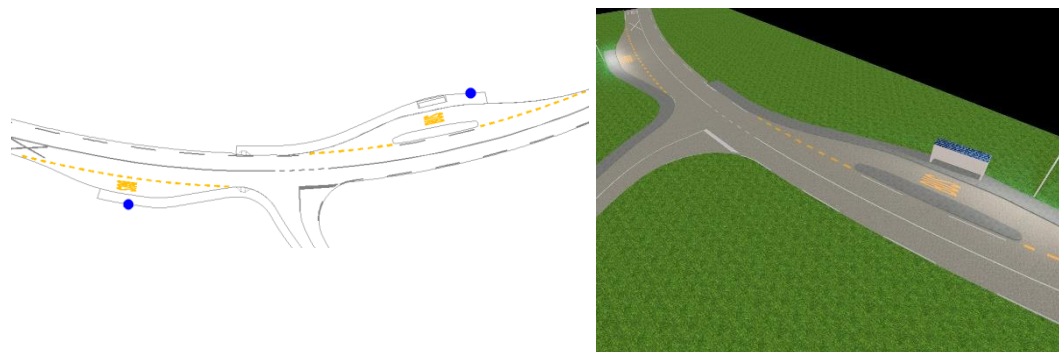
Svetlobni tok:	500 lm
Višina namestitve:	4 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

7.5.1.1 Avtobusni postajališči izven naselja z deniveliranim otokom

V tem primeru gre za avtobusni postajališči izven naselja, kjer ima eno od njih ob cesti deniveliran otok, a se smer osi glavnega prometnega toka ne spremeni. Obe svetilki se ugasneta pol ure po zadnjem prihodu oz. odhodu avtobusa po voznem redu.

Na sliki 22 lahko vidimo, da zaradi nadstrešnice avtobusnega postajališča nastane temno področje pred nadstrešnico. Ta problem lahko rešimo z dodatno svetilko v nadstrešnici avtobusnega postajališča, ki pa ni predmet cestne razsvetljave.

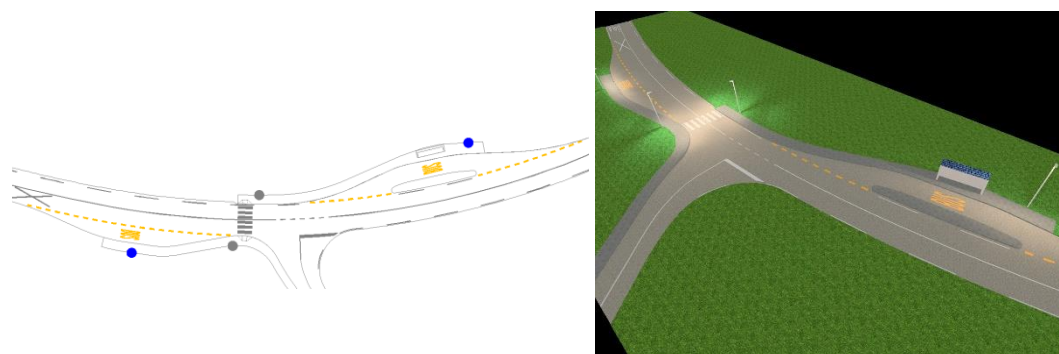
Deniveliran otok spada pod območje avtobusnega postajališča, zato je dovolj, da je osvetljen le začetek deniveliranega otoka v smeri vožnje.



Slika 22: Primer postavitve svetilk za osvetlitev avtobusnih postajališč izven naselja z deniveliranim otokom

7.5.1.2 Avtobusni postajališči izven naselja z deniveliranim otokom in prehodom za pešce med njima

Gre za enako situacijo kot pri prvem primeru, le da je med postajališčema še prehod za pešce. Avtobusni postajališči sta osvetljeni z orientacijsko razsvetljavo kot ločeni območji glede na prehod za pešce. Osvetlitev prehoda za pešce se v času manjše gostote prometa reducira samostojno oziroma skladno z razsvetljavo ceste pred in za prehodom, če ta obstaja.



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 23: Primer postavitve svetilk za osvetlitev avtobusnih postajališč izven naselja z deniveliranim otokom in prehodom za pešce med njima

7.5.1.3 Avtobusni postajališči na neobremenjenem delu ceste v naselju ali na cestišču izven naselja

V tem primeru gre za avtobusni postajališči na neobremenjenem delu ceste v naselju. Avtobusno postajališče se osvetli za en P razred višje kot pločnik, enakomernost osvetljenosti mora biti minimalno 0,40.

Površine za pešce so v našem primeru osvetljene skladno z zahtevami za svetlobnotehnični razred P6, kar pomeni, da mora biti avtobusno postajališče osvetljeno skladno z zahtevami za svetlobnotehnični razred P5. Podatki svetilk, ki osvetljujejo površine za pešce, so enaki kot pri primeru razsvetljave na neobremenjenem delu ceste v naselju (glej podpoglavje 0). Za ustrezno osvetlitev avtobusnega postajališča na neobremenjenem delu ceste se doda še ena svetilka (zaradi enakomernosti osvetljenosti) in ustrezno poveča svetlobni tok svetilk (da

dosežemo osvetljenost za en P razred višje, kot je na površinah za pešce, ki vodijo do avtobusnega postajališča).

- a) *Osvetlitev avtobusnega postajališča na neobremenjenem delu ceste v naselju z dvema svetilkama, montiranima na isti višini kot svetilke za osvetlitev površin za pešce*

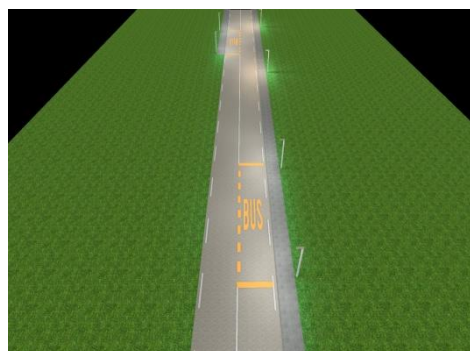
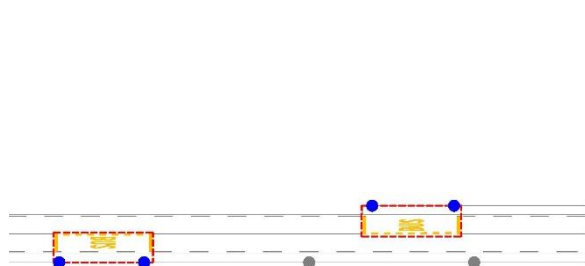
Podatki o izbranih svetilkah in montaži za osvetlitev površin za pešce

Svetlobni tok:	500 lm
Višina namestitve:	4 m
Razdalja med drogovi:	27 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 20: Rezultati primera osvetlitve avtobusnega postajališča na neobremenjenem delu ceste v naselju z dvema svetilkama, ki sta montirani na isti višini kot svetilke za osvetlitev površin za pešce

	Avtobusno postajališče 1	Avtobusno postajališče 2	Površine za pešce
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	3,56 lx	3,02 lx	2,63 lx
Najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min}	1,79 lx	1,68 lx	0,42 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,50	0,56	/



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera. po potrebi se obstoječe svetilke za pločnik odstranijo ali prestavijo.

Slika 24: Primer postavitve svetilk za osvetlitev avtobusnih postajališč na neobremenjenem delu ceste v naselju z dvema svetilkama

- b) *Osvetlitev avtobusnega postajališča na neobremenjenem delu ceste v naselju z eno svetilko, montirano višje, kot so montirane svetilke za osvetlitev površin za pešce*

Podatki o izbranih svetilkah in montaži za osvetlitev avtobusnih postajališč

Svetlobni tok:	800 lm
Višina namestitve:	6 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Podatki o izbranih svetilkah in montaži za osvetlitev površin za pešce

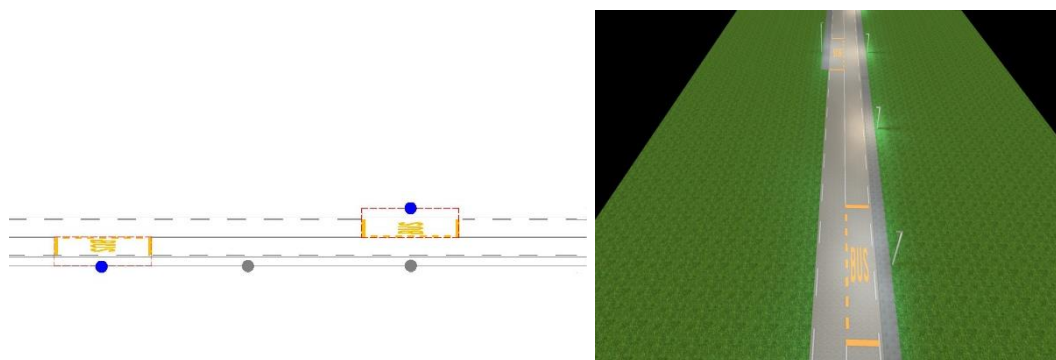
Svetlobni tok:	500 lm
Višina namestitve:	4 m

Razdalja med drogovi: 27 m
 Faktor vzdrževanja: 0,9

Rezultati

Tabela 21: Rezultati primera osvetlitve avtobusnih postajališč na neobremenjenem delu ceste z eno svetilko

	Avtobusno postajališče 1	Avtobusno postajališče 2	Površine za pešce
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	3,64 lx	3,12 lx	2,63 lx
Najmanjša vzdrževana osvetljenost E_{min}	1,66 lx	1,44 lx	0,42 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,46	0,46	/



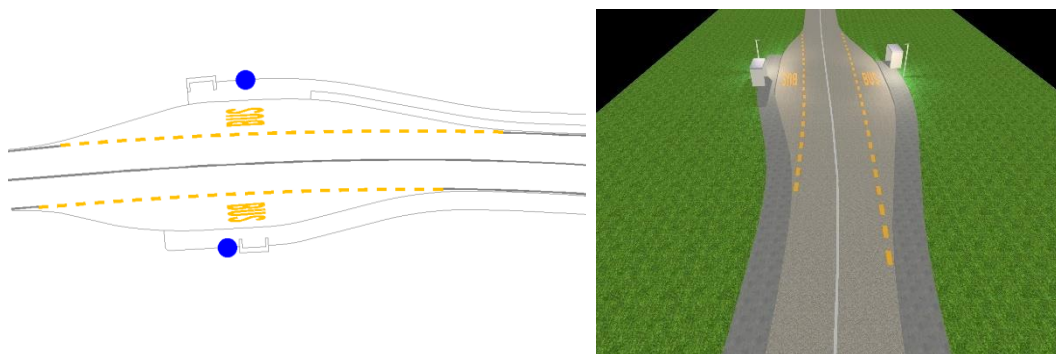
*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 25: Primer postavitve svetilk za osvetlitev avtobusnih postajališč na neobremenjenem delu ceste z eno svetilko

Na enak način, z dvema svetilkama na nižjih drogovih ali z eno svetilko na višjem drogu, lahko osvetlimo tudi avtobusna postajališča na cestišču izven naselja.

7.5.1.4 Nasproti ležeči avtobusni postajališči ob vozišču izven naselja

V tem primeru gre za nasproti ležeči avtobusni postajališči ob vozišču izven naselja. Vozišče pred avtobusnima postajališčema in za njima ni osvetljeno, zato se avtobusni postajališči osvetlita z orientacijskima svetilkama.



Slika 26: Primer postavitve svetilk za osvetlitev nasproti ležečih avtobusnih postajališč izven vozišča ob cesti izven naselja

7.5.2 Parkirišča

Razsvetljava na parkiriščih ima ključen vpliv na prometno varnost in udobje uporabnikov, kot tudi na varnost pri parkiranju in premikanju po parkirišču. Ustrezna razsvetljava omogoča voznikom boljšo vidnost parkirnih mest, ovir, pešpoti in drugih elementov na parkirišču. To zmanjšuje možnost trčenj med vozili in poškodb vozil ter preprečuje nepotrebne nesreče. Prav tako ustrezno osvetljene pešpoti in prehodi za pešce na parkirišču omogočajo pešcem varno gibanje in prečkanje parkirišča. Zaradi teh razlogov je ustrezna razsvetljava na parkiriščih ključnega pomena za zagotavljanje prometne varnosti in varnosti vseh udeležencev na parkirišču.

Parkirišče je prometna površina, ki je namenjena ustavljanju in parkiranju vozil (ZCes-2). Zahteve glede osvetljevanja parkirišč so določene v standardu SIST EN 12464-2. Zahtevana horizontalna osvetljenost se meri na tleh. Če zagotovimo tudi ustrezno visoko vertikalno osvetljenost, s tem povečamo tudi občutek varnosti in razpoznavnost človeških obrazov. Pri projektiranju razsvetljave parkirišča pazimo predvsem na ustrezno horizontalno osvetljenost. Priporoča se vklop/izklop svetilk s pomočjo senzorja prisotnosti oz. senzorja gibanja.

Zahteve za osvetlitev parkirišč (iz standarda SIST EN 12464-2: 2014)

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} :	5 lx
Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 :	0,25
Najmanjši indeks barvnega videza R_a :	20

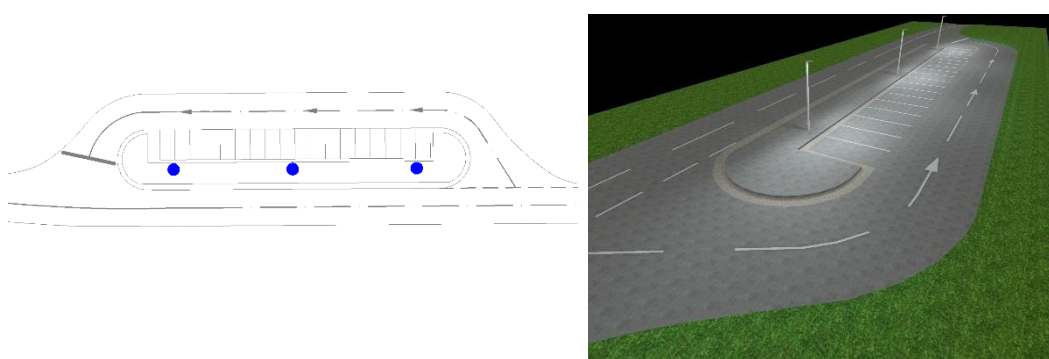
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	1.100 lm
Višina namestitve:	5 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 22: Rezultati primera osvetlitve parkirišča

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	5,25 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,47
Indeks barvnega videza R_a	70



Slika 27: Primer postavitve svetilk za osvetlitev parkirišča

7.5.3 Počivališča

Pravilna razsvetljava na počivališčih omogoča voznikom boljšo vidnost in orientacijo, kar zmanjšuje tveganje za nesreče ali nepričakovane dogodke med manevriranjem na počivališču. Pravilna osvetlitev uvozov in izvozov na počivališča omogoča varno vključevanje in izključevanje vozil iz prometa ter prispeva k boljši preglednosti in varnosti na teh mestih. Svetloba na počivališčih omogoča tudi večjo varnost pešcem, ki se nahajajo na teh površinah, saj jim omogoča boljšo vidnost in zaznavanje vozil ter drugih udeležencev prometa. Prisotnost svetlobe na počivališču lahko odvrača potencialne storilce kaznivih dejanj, saj zmanjšuje možnost vandalizma, vlomov ali drugih kriminalnih aktivnosti. Poleg varnosti razsvetljava na počivališčih omogoča tudi udobno in prijetno bivanje udeležencem prometa med postankom. Zaradi teh razlogov je ustrezna razsvetljava na počivališču ključnega pomena za zagotavljanje prometne varnosti in varnosti vseh udeležencev na počivališču.

Počivališče je s prometno signalizacijo označena servisna prometna površina, namenjena kratkemu postanku udeležencev cestnega prometa (Zces-2). Zahteve glede osvetljevanja počivališč v nobenem dokumentu niso navedene direktno, tako da upoštevamo zahteve za parkirišča iz standard EN 12464-1 (glej primer za parkirišče). Če se počivališče nahaja na avtocesti ali hitri cesti, se uvoz in izvoz na avtocesto oz. hitro cesto osvetlita skladno z navodili v tej specifikaciji. Uvoze in izvoze na počivališča izven avtocest in hitrih cest se osvetlijo v svetlobnotehničnem razredu C5 ne glede na zasedenost počivališča oz. storitve na postajališču

Področje počivališča predstavlja celoten del, kjer je možno ustaviti in/ali parkirati vozilo, ter morebitne površine za pešce.

Pri spodaj prikazanem primeru gre za počivališče ob avtocesti. Poleg osvetlitve počivališča je prikazana še osvetlitev uvoza in izvoza. Rezultati so prikazani samo za območje počivališča. Uvoz in izvoz na počivališče sta osvetljena skladno z navodili v tej specifikaciji.

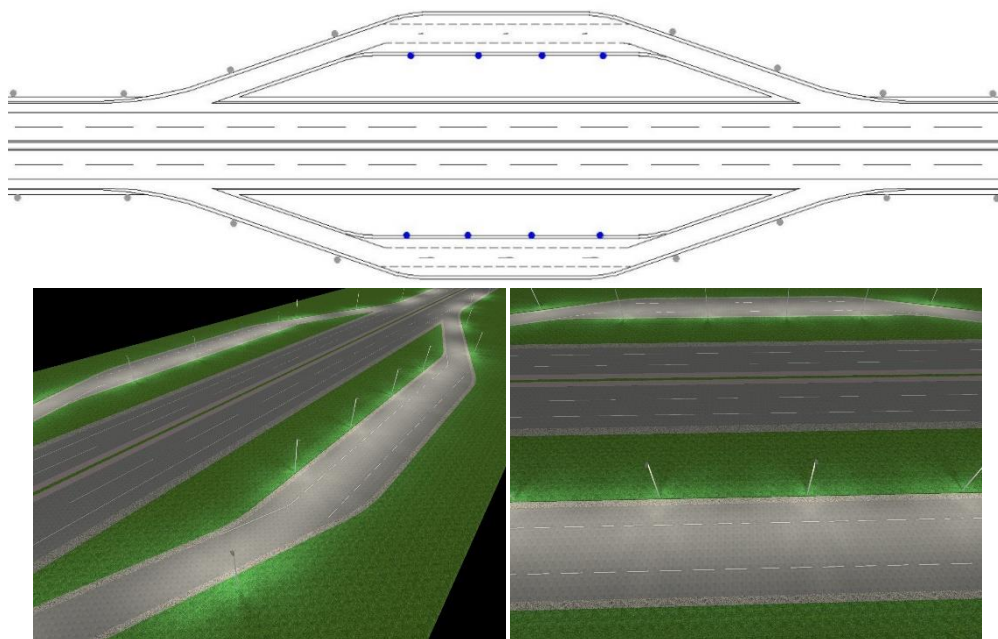
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	2.000 lm
Višina namestitve:	7 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 23: Rezultati primera osvetlitve počivališča

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	5,17 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,24
Indeks barvnega videza R_a	70



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 28: Primer postavitve svetilk za osvetlitev počivališča

7.5.4 Oskrbne postaje

Pravilna razsvetljava na uvozih, izvozih ter površinah za mirujoči promet na oskrbnih postajah omogoča voznikom boljšo vidnost in orientacijo. To zmanjšuje tveganje za nesreče med vključevanjem in izključevanjem s postaje ter med manevriranjem vozil na površini oskrbne postaje. Prav tako osvetlitev teh površin omogoča večjo varnost pešcem, ki se nahajajo na teh območjih. S tem se zmanjšuje možnost nesreč med prečkanjem površin za mirujoči promet. Poleg varnosti razsvetljava na oskrbnih postajah omogoča tudi udobno in prijetno bivanje/zadrževanje udeležencem prometa med postankom.

Uvoze in izvoze na oskrbne postaje izven avtocest in hitrih cest se osvetli v ustreznem svetlobnotehničnem razredu C. Če vozišče ni osvetljeno, se oskrbne postaje osvetlijo v svetlobnotehničnem razredu C5. Na avtocestah in hitrih cestah se uvozi in izvozi osvetlijo skladno z navodili v tej specifikaciji. Parkirišča in počivališča na oskrbnih postajah se osvetlijo skladno z navodili za osvetlitev parkirišč v tej specifikaciji. Razsvetljava pokritega dela objekta oskrbne postaje ni predmet cestne razsvetljave.

Zahteve za svetlobnotehnični razred C5

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} :	7,50 lx
Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 :	0,40

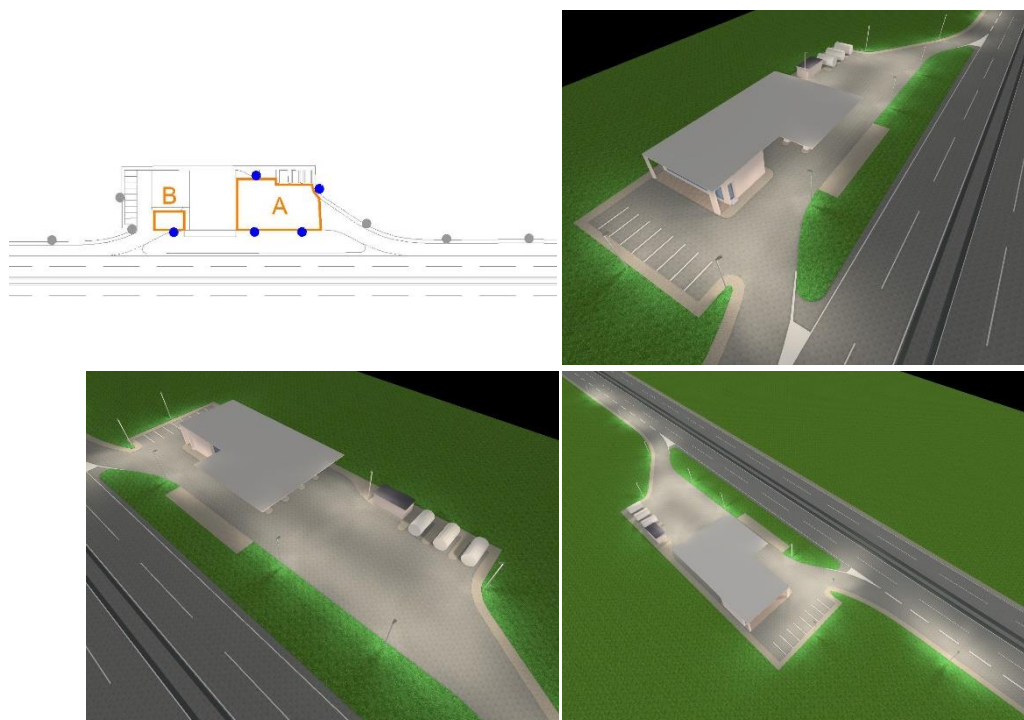
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	2.750 lm
Višina namestitve:	7 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 24: Rezultati primera osvetlitve oskrbne postaje

	Nepokrita površina oskrbne postaje A	Nepokrita površina oskrbne postaje B
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	7,70 lx	8,88 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,45	0,61



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 29: Primer postavitve svetilk za osvetlitev oskrbne postaje

7.5.5 Površine za nadzor prometa

Osvetlitev teh površin je ključnega pomena za zagotavljanje učinkovitega nadzora in varnosti prometa, zlasti ponoči ali v pogojih slabe vidljivosti. Pravilna razsvetljava omogoča jasno vidnost prometne opreme, kar voznikom omogoča hitro zaznavanje in razumevanje prometnih informacij. Svetloba lahko tudi izboljša delovanje nadzornih kamer in drugih naprav za spremljanje prometa, kar povečuje učinkovitost prometnega nadzora in upravljanja na teh območjih.

Delovne površine na površinah za nadzor prometa se po navodilih uporabnikov (DARS, policija) osvetljuje s:

- 150 lx za pokrite delovne površine (niso predmet cestne razsvetljave) in
- 50 lx za nepokrite delovne površine.

Priporočena najmanjša enakomernost osvetljenosti za delovne površine na površinah za nadzor prometa je $U_0 = 0,25$. Za ostale zahteve (npr. osvetljenost neposredne okolice, bleščanje, barvni videz) upoštevamo priporočila iz SIST EN 12464-2 Svetloba in razsvetljava – Razsvetljava na delovnem mestu – 2. del: Delovna mesta na prostem.

Sistem razsvetljave na celotnem območju površin za nadzor prometa, skupaj z uvozi in izvozi iz površin za nadzor prometa, naj obratuje samo v času dejanske rabe, drugače naj bo izklopljen. Razsvetljava pokritih delov objektov na površinah za nadzor prometa ni predmet cestne razsvetljave, zato prikaz le-te ni vključen v spodnji primer.

Zahteve

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} 50,0 lx
 nepokritih površin:
 Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 : 0,25

Podatki o izbranih svetilkah in montaži na nepokritih delih površin za nadzor prometa A in B

Svetlobni tok: 24.250 lm
 Višina namestitve: 9 m
 Faktor vzdrževanja: 0,9

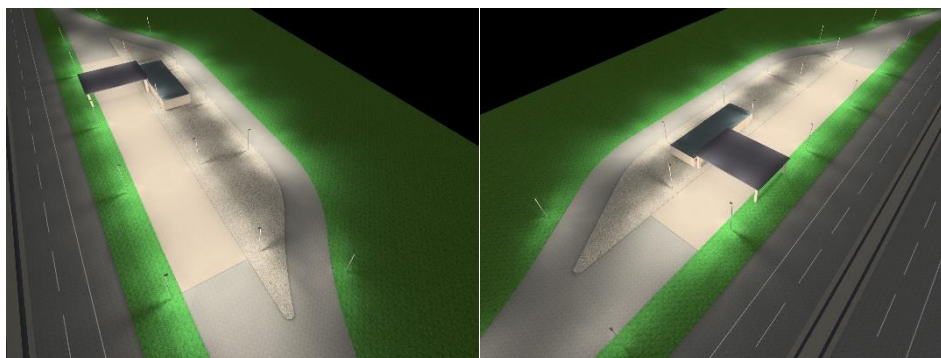
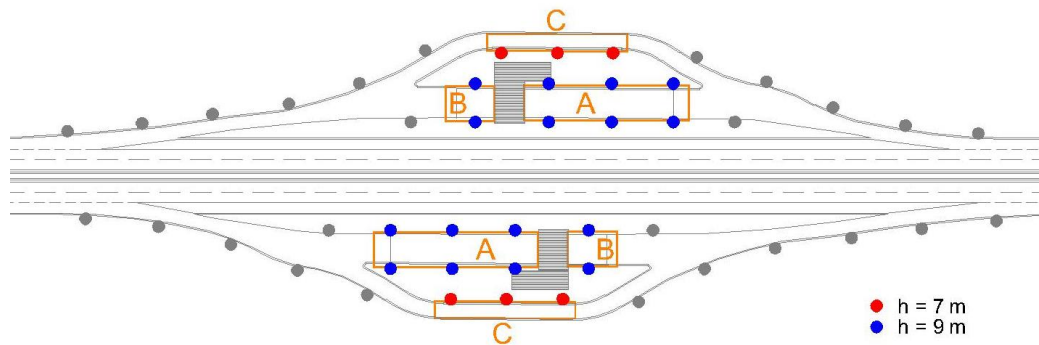
Podatki o izbranih svetilkah in montaži na nepokritem delu površine za nadzor prometa C

Svetlobni tok: 24.250 lm
 Višina namestitve: 7 m
 Faktor vzdrževanja: 0,9

Rezultati

Tabela 25: Rezultati primera osvetlitve površin za nadzor prometa

	Območje A	Območje B	Območje C
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	55,8 lx	50,7 lx	55,0 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,47	0,34	0,42



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 30: Primer postavitve svetilk za osvetlitev površin za nadzor prometa

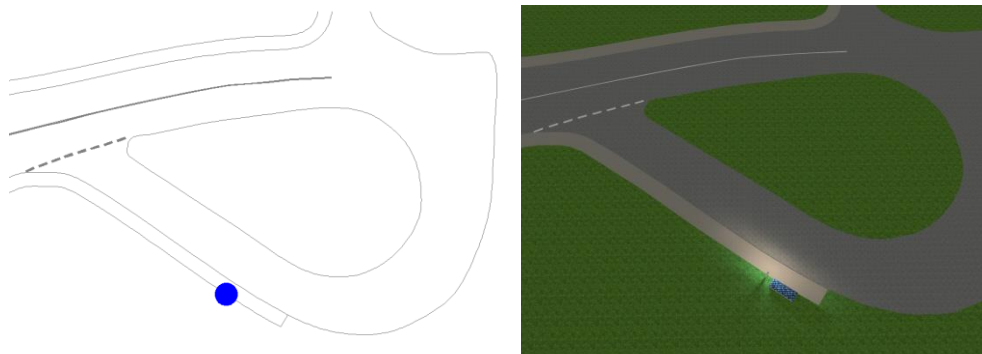
7.5.6 Obračališča

V Zakonu o javnih cestah so obračališča definirana kot posebej zgrajene in označene prometne površine ob vozišču ceste, namenjene izključno javnemu prevozu potnikov.

V sklopu obračališča se z orientacijsko razsvetljavo osvetli avtobusno postajališče, ostalih površin se ne osvetljuje.

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	500 lm
Višina namestitve:	4 m
Faktor vzdrževanja:	0,9



Slika 31: Primer postavitve svetilk za osvetlitev obračališča

7.5.7 Površine kontrolnih postaj

Pod površine kontrolnih postaj spadajo npr. cestninske postaje ter mejni prehodi.

Pravilna osvetlitev kontrolnih postaj omogoča voznikom boljšo vidnost v okolici postaje, kar olajša navigacijo in ustavljanje vozil. To je še posebej pomembno na cestninskih postajah, kjer je treba ustaviti vozilo za plačilo cestnine ali za prehod meje. Svetloba na kontrolnih postajah omogoča boljšo vidnost prometne opreme, kot so prometni znaki, signalizacija in cestninske naprave. To voznikom omogoča hitrejše in lažje razumevanje prometnih informacij ter izboljšuje varnost na teh območjih. Prisotnost svetlobe na kontrolnih postajah lahko prispeva k zmanjšanju nesreč in trčenj, saj voznikom omogoča boljšo vidnost in s tem več časa za prilaganje hitrosti ter izvajanje potrebnih manevrov.

Kontrolne postaje se osvetlijo v skladu z ustreznim svetlobnotehničnim razredom C. Parkirišča in počivališča na kontrolnih postajah se osvetli skladno z navodili za osvetlitev parkirišč v tej specifikaciji (glej podpoglavje 7.5.2). Konfliktno področje se začne s koncem sredinske varnostne ograje na cestišču. Razsvetljava pokritega dela objekta kontrolne postaje ni predmet cestne razsvetljave.

Zahteve za svetlobnotehnični razred C5

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} : 7,50 lx
Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 : 0,40

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

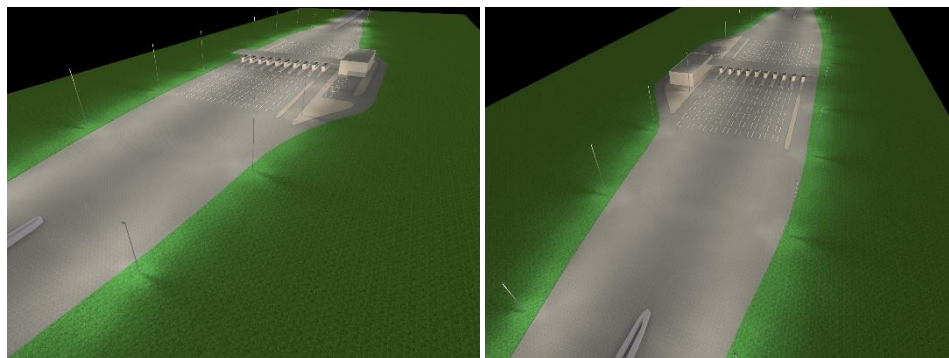
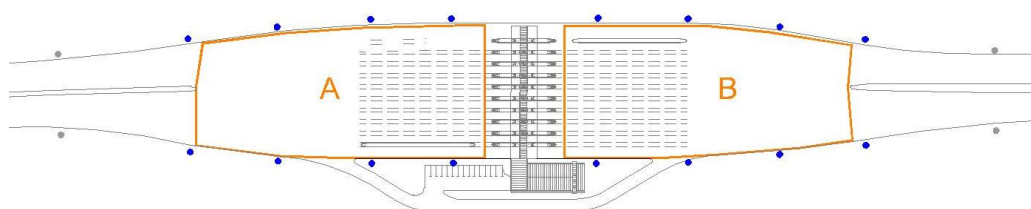
Svetlobni tok: 17.500 lm
Višina namestitve: 20 m
Faktor vzdrževanja: 0,9

Rezultati

Tabela 26: Rezultati primera osvetlitve kontrolne postaje

	Območje A	Območje B
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	7,74 lx	7,80 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,41	0,45

*Gledano s strani stavbe kontrolne postaje (na sliki spodaj).



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 32: Primer postavitve svetilk za osvetlitev kontrolne postaje

7.6 Kanalizirana križišča

Kanalizirano križišče je križišče (tudi krožno križišče), kjer je s pomočjo horizontalne signalizacije in prometnih otokov urejeno vodenje prometa. Prometni otoki so lahko usmerjevalni, ločilni, otoki za pešce in otoki za kolesarje. Izvedba prometnih otokov je lahko denivelirana ali pa označena s horizontalno prometno signalizacijo, kar pomeni, da se kot ločilni prometni otoki štejejo tudi talne označbe za zaporne ploskve in polja za usmerjanje prometa, ki jih določa predpis s področja prometne signalizacije (TSPI-PGV.03.244). Ker v križiščih prihaja do križanja prometnih tokov, so križišča konfliktno področje. Za konfliktna področja uporabljamo svetlobnotehnične razrede C glede na navodila iz tehničnega poročila SIST-TP CEN/TR 13201 (glej poglavje 1).

7.6.1 Križišča s tremi ali več razvrstilnimi pasovi

Osvetlitev križišč omogoča voznikom boljšo vidnost prometne signalizacije in razporeditve prometnih pasov. To omogoča, da vozniki pravočasno prilagodijo hitrost in se izognejo nenadnim zaviranjem, kar bi lahko privedlo do prometne nesreče in do zastojev. Osvetlitev križišč tako prispeva k zmanjšanju tveganja za nesreče, saj voznikom omogoča hitrejše in lažje razumevanje prometnih razmer, še posebej v situacijah z visoko gostoto prometa. Prisotnost svetlobe na križiščih izboljša tudi varnost pešcev, saj omogoča voznikom lažje zaznavanje pešcev, ki prečkajo cesto na prehodih za pešce. To je še posebej pomembno v večjih križiščih, kjer je prometni tok pešcev bolj gost.

Prva svetilka pred križiščem se postavi tako, da je osvetljen tudi deniveliran otok, ki je del križišča. Če deniveliranega otoka pred križiščem na kraku ni, se v tem primeru v smeri iz križišča od konca konfliktnega področja namestita največ dve svetilki.

Obravnavani primer je narejen za svetlobnotehnični razred C4.

Zahteve za svetlobnotehnični razred C4

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} : 10,0 lx
 Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 : 0,40

Podatki o izbranih svetilkah in montaži v križišču

Svetlobni tok : 6.000 lm
 Višina namestitve: 11 m
 Faktor vzdrževanja: 0,9

Podatki o izbranih svetilkah in montaži na krakih križišča

Svetlobni tok: 5.000 lm
 Višina namestitve: 8 m
 Faktor vzdrževanja: 0,9

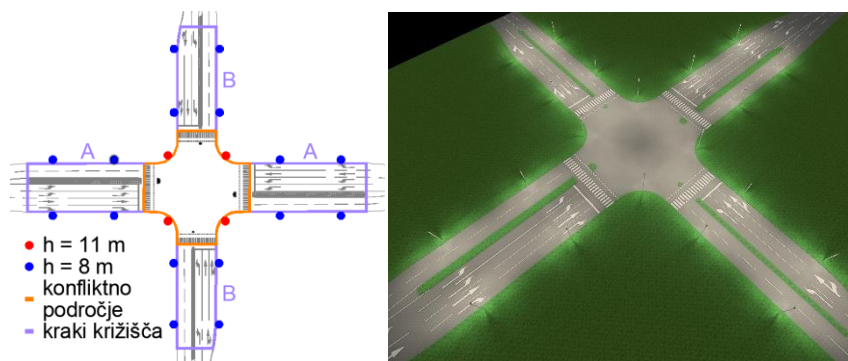
Rezultati

Tabela 27: Rezultati osvetlitve konfliktnega področja na primeru kanaliziranega križišča z več kot tremi razvrstilnimi pasovi

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	11,3 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,44

Tabela 28: Rezultati osvetlitve krakov na primeru križišča z več kot tremi razvrstilnimi pasovi

	Površina A	Površina B
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	10,2 lx	13,5 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,49	0,44



Slika 33: Primer postavitve svetilk za osvetlitev križišča z več kot tremi razvrstilnimi pasovi

7.6.2 Krožna križišča

S pravilno postavljenimi svetilkami po zunanem obodu krožnega križišča se konfliktna mesta, kot so uvozi in izvozi iz krožna križišča, ustrezno osvetlijo. To omogoča voznikom, da lažje zaznajo druga vozila, pešce in kolesarje. Boljša vidnost konfliktnih točk in prehodov za pešce prispeva k bolj varnemu prečkanju prehodov in tudi k bolj tekočemu prometu v krožnem križišču. Vožnja skozi krožišče postane bolj predvidljiva in varnejša, kar zmanjšuje tveganje za zastoje in prometne nesreče. Svetloba na krakih pred krožnim križiščem deluje tudi kot opozorilo za voznike, da se približujejo krožnemu križišču. To je še posebej pomembno v primeru večpasovnega krožnega križišča, kar pomaga voznikom pri pravočasnem prilagajanju

hitrosti in izbiri pravilnega prometnega pasu, kar posledično zmanjšuje možnost nepravilnih manevrov vozil.

Na spodaj prikazanih primerih so svetilke postavljene po zunanjem obodu krožnega križišča tako, da so konfliktna mesta ustrezno osvetljena. Konfliktna mesta v krožnem križišču so uvozi in izvozi iz krožnega križišča. Prehodi za pešce se osvetljujejo v skladu s smernicami v Priročniku za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje.

Drogovi svetilk za osvetljevanje prehodov za pešce naj ne bodo višji kot drogovi svetilk za osvetljevanje krožnega križišča.

Pred krožnim križiščem se na vsakem kraku namestita po dve svetilki na ustrezni razdalji od krožnega križišča.

Spodnja primera sta narejena za svetlobnotehnični razred C4.

Zahteve za svetlobnotehnični razred C4

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} : 10,0 lx
 Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 : 0,40

a) *Krožno križišče s samostojnimi prehodi za pešce*

Rezultati so prikazani samo za konfliktno področje krožnega križišča, saj so prehodi za pešce že toliko oddaljeni od konfliktnih področij krožnega križišča, da jih je bolj smiselno osvetliti ločeno od krožnega križišča z asimetričnimi svetilkami. Razsvetljava prehodov za pešce ni predmet tega primera.

Svetilka za osvetlitev prehoda za pešce na strani smeri vožnje proti krožnemu križišču velja za prvo od dveh svetilk na kraku krožnega križišča.

Ker je to krožno križišče simetrično, so rezultati za vsa štiri konfliktna področja enaki.

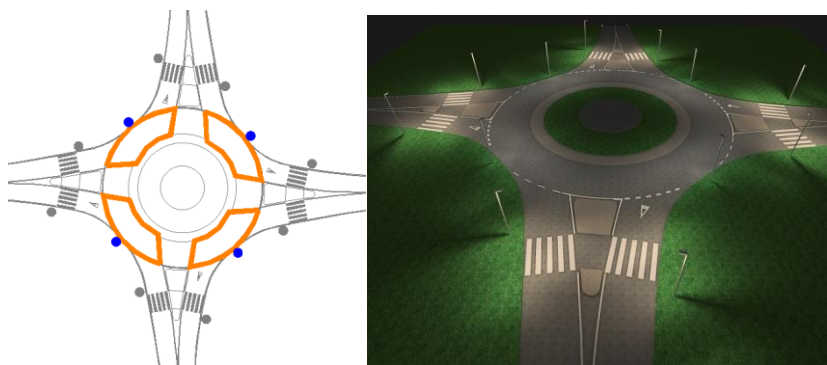
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok: 2.500 lm
 Višina namestitve: 6 m
 Faktor vzdrževanja: 0,9

Rezultati

Tabela 29: Rezultati primera krožnega križišča s samostojnimi prehodi za pešce

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	10,6 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,58



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 34: Primer postavitve svetilk za osvetlitev krožnega križišča s samostojnimi prehodi za pešce

b) Krožno križišče z vključenimi prehodi za pešce

V tem primeru so prehodi za pešce še del krožnega križišča in so zato osvetljeni v sklopu razsvetljave krožnega križišča.

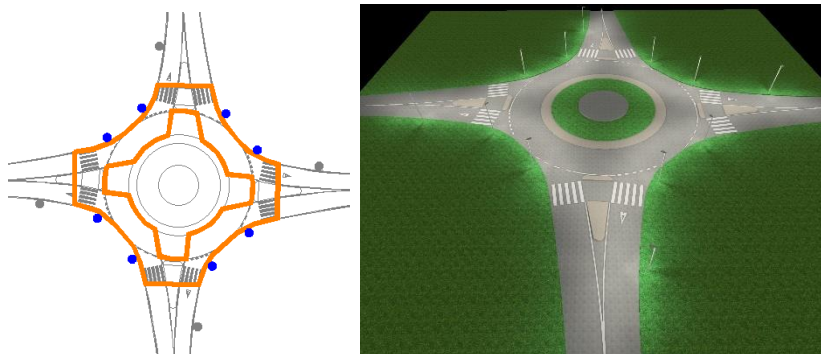
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	2.200 lm
Višina namestitve:	6 m
Faktor vzdrževanja:	0,9

Rezultati

Tabela 30: Rezultati primera krožnega križišča z vključenimi prehodi za pešce

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	11,3 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,48



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 35: Primer postavitve svetilk za osvetlitev krožnega križišča z vključenimi prehodi za pešce

7.6.3 Turbo krožna križišča

Osvetlitev uvozov in izvozov v turbo krožno križišče omogoča voznikom boljšo vidljivost in razumevanje območij, kjer se prepletajo različni prometni pasovi. To omogoča hitrejšo odločitve in ustrezno prilagajanje hitrosti ter s tem zmanjšuje možnost nepravilnih manevrov ali nepredvidnosti, ter posledično možnost nastanka prometne nesreče. Pravilno osvetljena območja vstopa in izstopa lahko prispevajo k boljšemu pretoku prometa in zmanjšajo zastoje. Boljša vidljivost za voznike pomeni tudi večjo varnost za pešce in kolesarje, saj vozniki lažje opazijo njihovo prisotnost in jim omogočijo varno prečkanje ceste.

Za osvetljevanje turbo krožnih križišč veljajo enaka pravila kot za osvetljevanje navadnih krožnih križišč. Tudi v turbo krožnem križišču se osvetljujejo samo konfliktna področja (področja uvozov in izvozov v turbo krožno križišče in iz njega).

Primer je narejen za svetlobnotehnični razred C4. Rezultati so prikazani samo za konfliktna področja v turbo krožnem križišču. Osvetlitev prehodov za pešce in kolesarje ni predmet tega primera.

Drogovi svetilk za osvetljevanje prehodov za pešce naj ne bodo višji kot drogovi svetilk za osvetljevanje krožnega križišča.

Pred turbo krožnim križiščem se na vsakem kraku namestita po dve svetilki na ustrezni razdalji od turbo krožnega križišča.

Svetilka za osvetlitev prehoda za pešce na strani smeri vožnje proti turbo krožnemu križišču velja za prvo od dveh svetilk na kraku turbo krožnega križišča.

Zahteve za svetlobnotehnični razred C4

Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E} : 10,0 lx
 Najmanjša enakomernost osvetljenosti U_0 : 0,40

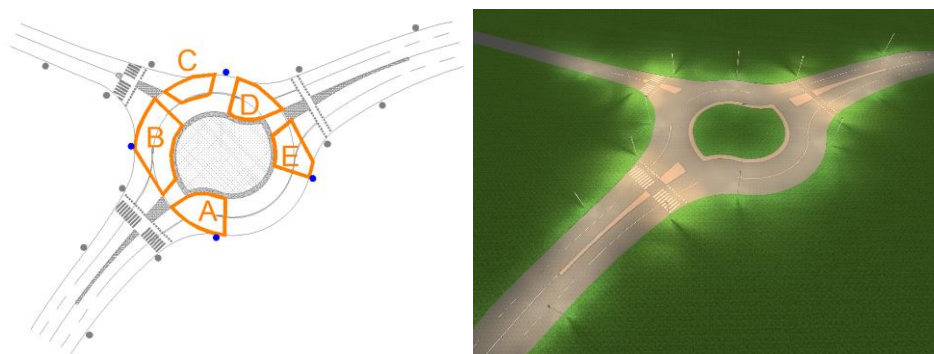
Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok: 8.500 lm
 Višina namestitve: 12 m
 Faktor vzdrževanja: 0,9

Rezultati

Tabela 31: Rezultati primera osvetlitve turbo krožnega križišča

Konfliktna področja	A	B	C	D	E
Povprečna vzdrževana osvetljenost \bar{E}	12,0 lx	11,6 lx	10,1lx	10,2 lx	11,0 lx
Enakomernost osvetljenosti U_0	0,61	0,53	0,90	0,60	0,55



*S sivo barvo so označene svetilke, ki niso predmet primera, a so vseeno prikazane za celovitost primera.

Slika 36: Primer postavitve svetilk za osvetlitev turbo krožnega križišča

7.7 Naprave za umirjanje prometa

Osvetljene naprave za umirjanje prometa omogočajo voznikom in drugim udeležencem v prometu boljšo vidljivost teh elementov ceste, kar povečuje zaznavanje ovir na cestišču. Vozniki hitreje opazijo te naprave in se pravočasno odzovejo na spremembe v prometnih razmerah, kot so grbine, ploščadi, zožitve vozišča itd.

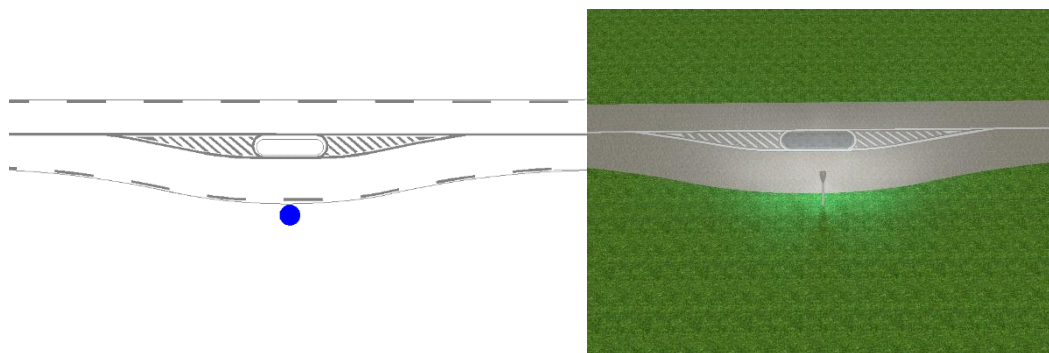
Naprave za umirjanje prometa znotraj naselja se osvetlijo v sklopu razsvetljave vozišča oz. površin za pešce in/ali kolesarje. Naprava za umirjanje prometa zunaj naselja se osvetli s samo eno svetilko (orientacijska razsvetljava naprave za umirjanje prometa). Svetilka se postavi v bližino začetka naprave za umirjanje prometa. Če je naprava za umirjanje prometa osvetljena z znakom z notranjo osvetlitvijo, postavitve cestnih svetilk ni potrebna.

7.7.4 Osvetlitev deniveliranega otoka na avtobusnem postajališču

Primer osvetlitve deniveliranega otoka na avtobusnem postajališču izven naselja je viden pri prvem primeru osvetlitve avtobusnega postajališča (glej podpoglavje 7.5.1.1).

7.7.5 Osvetlitev deniveliranega otoka za zamik osi smernega vozišča na cesti izven naselja

Svetilko se postavi na strani ceste z zamikom osi smernega vozišča na drogu ustrezne višine glede na širino ceste.



Slika 40: Primer postavitve svetilk za osvetlitev deniveliranega otoka za zamik osi smernega vozišča iz ene strani ceste

7.8 Kolesarske površine

V mestnih območjih, kjer se prepletata motorni in kolesarski promet, je ustrezna razsvetljava ključnega pomena za preprečevanje nesreč. Kolesarski prehodi, ki so ustrezno osvetljeni, so bolj prepoznavni za voznike motornih vozil, kar omogoča boljšo prilagoditev hitrosti in ustavljanje vozil ob približevanju križiščem ali prehodom za kolesarje. To povečuje varnost kolesarjev, saj jim omogoča boljše vidne razmere in s tem zmanjšuje možnost morebitnih prometnih nesreč.

Osvetlitev kolesarskih površin predpisuje 49. člen Pravilnika o kolesarskih površinah. Kolesarskih površin izven naselja ne osvetljujemo.

7.8.1 Kolesarski prehodi v naselju

Prehodi za kolesarje se osvetlujejo v skladu s smernicami v Priročniku za cestno razsvetlavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje. Posamezni primeri so prikazani in opisani v priročniku. Splošno velja, da morajo biti vsi prehodi znotraj naselja za kolesarje ustrezno osvetljeni.

Primer osvetlitve prehoda za kolesarje je viden tudi pri primeru osvetlitve turbo krožnega križišča.

7.8.2 Ceste v naseljih s souporabo prometnih pasov

Ceste v naseljih s souporabo prometnih pasov se osvetlijo na enak način kot obremenjeni deli cest v naselju (glej primera osvetlitve obremenjenega dela ceste v podpoglavju 7.1.2).

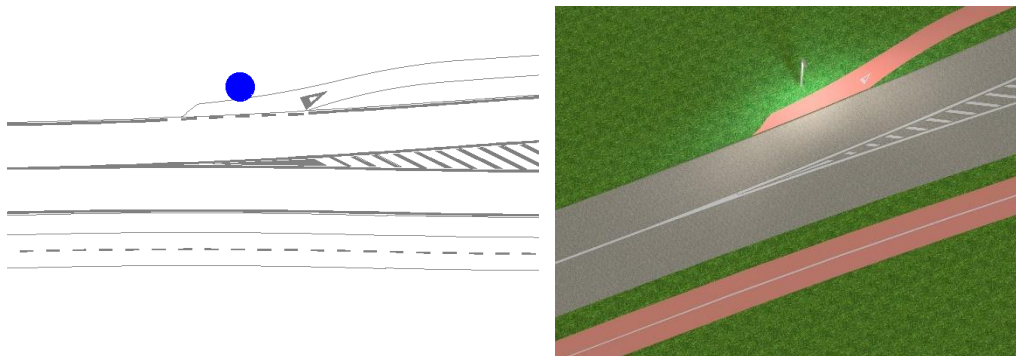
7.8.3 Mesta znotraj naselja, kjer se prepletata motorni in kolesarski promet

Za mesta znotraj naselja, kjer se prepletata motorni in kolesarski promet, veljajo vsi priključki kolesarske steze na vozišče za motorna vozila. Za osvetlitev mest, kjer se prepletata motorni

in kolesarski promet in ki niso že osvetljena v sklopu drugega sistema razsvetljave (npr. obremenjenega dela ceste), se uporabi orientacijsko razsvetljavo (svetilka z izhodnim svetlobnim tokom 500 lm, ki je montirana na drogu višine 4 m, in ustrezno optiko, ki osvetljuje samo mesto mešanja prometa).

Podatki o izbranih svetilkah in montaži

Svetlobni tok:	500 lm
Višina namestitve:	4 m
Faktor vzdrževanja:	0,9



Slika 41: Primer postavitve svetilk za osvetlitev mest, kjer se prepletata motorni in kolesarski promet
Ker se kolesarske površine izven naselij ne osvetljujejo se tudi priključki kolesarske steze na vozišče izven naselij ne osvetljujejo.

7.8.4 Območja fizičnih naprav za umirjanje prometa kolesarjev v naseljih

Območja fizičnih naprav za umirjanje prometa kolesarjev v naseljih osvetlimo na enak način kot naprave za umirjanje prometa (glej primere osvetlitve naprav za umirjanje prometa v podglavju 7.7).

8 Izvedba svetlobnotehničnih meritev

Meritve kazalnikov kakovosti svetlobnotehničnih prametrov se izvajajo skladno s standardom SIST EN 13201-4.

Glede na zahteve svetlobnotehničnih razredov se izvajajo meritve naslednjih parametrov razsvetljave.

Za svetlobnotehnični razred M se izvajajo svetlobnotehnične meritve za presojo:

- svetlosti,
- splošne enakomernosti svetlosti,
- vzdolžne enakomernosti svetlosti,
- količnika osvetljenosti roba.

Meritev relativnega porasta praga zaznavanja ni možno izvajati brez slikovnega merilnika svetlosti (ILMD) in ustrezne programske opreme in je zato v tem dokumentu izpuščena.

Za svetlobnotehnični razred C se izvajajo svetlobnotehnične meritve za presojo:

- horizontalne osvetljenosti,
- enakomernosti osvetljenosti.

Pri meritvah svetlobnotehničnih parametrov na prehodih za pešce in/ali kolesarje se izvajajo tudi svetlobnotehnične meritve za presojo vertikalne osvetljenosti.

Za svetlobnotehnični razred P se izvajajo svetlobnotehnične meritve za presojo:

- horizontalne osvetljenosti (srednje in minimalne),

Če je zahtevana tudi prepoznava obrazov se pri svetlobnotehničnem razredu P izvajajo tudi svetlobnotehnične meritve za presojo:

- vertikalne osvetljenosti in
- polcilindrične osvetljenosti.

8.1 Merilni inštrumenti

Glede na zastavljen cilj meritev je treba določiti največjo razširjeno merilno negotovost podanih rezultatov skladno z dokumentoma CIE 198:2011 in SIST EN 13201-4. Pri sprejemanju odločitev, ki temeljijo na meritvah porabe električne energije cestne razsvetljave ali katerem koli drugem parametru standarda SIST EN 13201-5, je treba upoštevati tudi vpliv merilne negotovosti.

Inštrumenti za meritve svetlobnotehničnih lastnosti morajo biti ovrednoteni v skladu s SIST EN 13032-1 glede vseh pomembnih lastnosti. Vpliv teh lastnosti na merilni rezultat mora biti ovrednoten v modelu merilne negotovosti.

Zaradi zagotovitve merilne sledljivosti morajo biti vsi uporabljeni inštrumenti kalibrirani na uporabljenih merilnih območjih.

Merilne lastnosti uporabljenih inštrumentov morajo biti skladne z namenom meritve. Svetlost mora biti merjena z merilnikom svetlosti, katerega lastnosti so ustrezne za namen meritve. Osvetljenost mora biti merjena z merilnikom osvetljenosti, katerega lastnosti so ustrezne za namen meritve.

8.1.1 Zahteve za merilnik svetlosti

Meritve svetlosti se lahko izvajajo s točkovnim merilnikom svetlosti ali s slikovnim merilnikom svetlosti (Imaging Luminance Measurement Devices - ILM).

Pri obeh vrstah merilnikov svetlosti je treba upoštevati in/ali ovrednotiti vpliv svetlobnih virov, ki so izven merilnega polja.

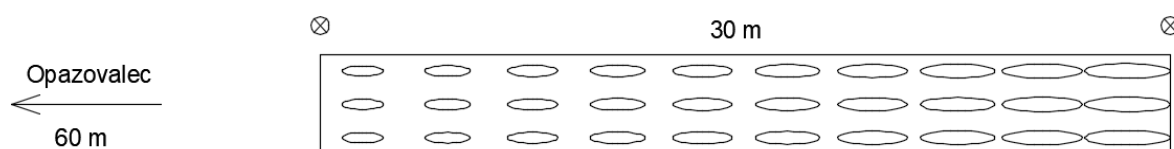
Merilnik mora zagotavljati vsaj tri pomembne števke (significant digits or figures). To pomeni, da je ločljivost merilnika na merilnem območju do 9,99 cd/m² vsaj 0,01 cd/m² ter na merilnem območju do 99,9 cd/m² vsaj 0,1 cd/m².

Merilnik mora ustrezati razredu točnosti A (po DIN 5032-7).

Ne glede na vrsto merilnika svetlosti pri meritvi svetlosti v točkah mreže velikost merjene površine ne sme meriti več kot 2 kotni minuti v vertikalni ravnini in ne več kot 20 kotnih minut v horizontalni ravnini. Kot merilnega polja inštrumenta ne sme biti manjši od 1 kotne minute.

Polje opazovanja se po standardu SIST EN 13201-3 začne 60 m od opazovalca (lokacija merilnika svetlosti). Največje vrednosti kotov merilnega stožca iz merilnika svetlosti so določene tako, da se prepreči prekrivanje opazovanih površin pri tej razdalji.

Pri podanih zahtevah za merilnik svetlosti, upoštevani razdalji 60 m med merilnikom in začetkom polja opazovanja in višini namestitve merilnika 1,5 m, je merjena površina posamezne merilne točke na tleh široka 0,36 m na začetku polja opazovanja in 0,51 m na koncu 30 m dolgega polja opazovanja ter dolga 1,47 m na začetku polja opazovanja in 3,04 m na koncu 30 m dolgega polja opazovanja (Slika 42).



Slika 42: Velikost površine merilnih točk pri meritvi svetlosti z ustreznim inštrumentom

Če se meritve svetlosti izvedejo pri razdalji manjši od 60 m, se priporoča, da merilni stožec merilnika svetlosti ne presega 30 kotnih minut. Velikost merjene površine posamezne točke na vozišču ne sme biti večja od 0,5 m prečno in ne več kot 2,5 m vzdolžno. Tudi v tem primeru se površine merilnih točk ne smejo prekrivati.

8.1.2 Zahteve za merilnik osvetljenosti

Tako horizontalno kot vertikalno osvetljenost je treba meriti z merilnikom osvetljenosti (Ix-meter). Merilnik mora ustrezati razredu točnosti A (po DIN 5032-7). Za meritev horizontalne osvetljenosti mora biti merilna glava opremljena s kardanskim obešalom (gimbal) ali libelo, ki omogoča njeno horizontalno namestitvev.

Za merjenje vertikalne osvetljenosti mora merilna glava omogočati namestitev na ustrezen stativ, ki zagotavlja njen vertikalni položaj. Tudi v tem primeru se priporoča uporaba kardanskega obešala (gimbal) ali libele.

Merilnik mora zagotavljati vsaj tri pomembne števke (significant digits or figures). To pomeni, da je ločljivost merilnika na merilnem območju do 9,99 lx vsaj 0,01 lx ter na merilnem območju do 99,9 lx vsaj 0,1 lx.

Merilnik mora biti skupaj z merilno glavo (ali glavami, če se uporabljajo različne glave za horizontalno, vertikalno in polcilindrično osvetljenost) ustrezno kalibriran z navedeno sledljivostjo do mednarodnega sistema enot (SI).

8.2 Merjeni odseki

Meritve morajo obravnavati celotno površino inštalacije cestne razsvetljave pri vseh režimih obratovanja (svetlobnotehnični razredi).

Če so svetlobnotehnične lastnosti enako projektirane za celotno dolžino inštalacije cestne razsvetljave, se lahko izbere določeno število odsekov in se na njih izvede meritve (merjeni odseki). V tem primeru je treba v poročilu o meritvah zapisati razloge in razlago za takšno izvedbo meritev in posledice, ki jih ima takšna meritev. Eden od najbolj pogostih kriterijev za izbiro določenega odseka je padec napetosti v napajalni liniji ali razdalja med svetilkami. Izbere se odsek z največjim padcem napetosti ali odsek z največjo razdaljo med svetilkami.

8.3 Merjeni parametri

Na merjenem odseku je potrebno izmeriti tudi geometrične podatke (razdalja med stebri, širina vozišča in voznega pasu). Ti podatki morajo biti izmerjeni ali znani zaradi določitve izhodišča koordinatnega sistema in določitve merilnih točk.

Lokacija, naklon in orientacija senzorja merilnika osvetljenosti (pri meritvah osvetljenosti) ali lokacija merjene površine (pri meritvah svetlosti) glede na merilne točke mora biti zabeležena v poročilu o meritvah.

Pri meritvah osvetljenosti mora biti v poročilu o meritvah zabeležena tudi z koordinata (višina površine senzorja nad površino vozišča).

Meritve za preverjanje skladnosti z zahtevami standarda morajo preučiti vse svetlobnotehnične parametre kakovosti za izbran svetlobnotehnični razred.

Zmanjšano število parametrov se lahko uporabi, če se s tem strinja tudi naročnik ali upravljavec in je ta izbira upoštevana tudi projektiranju inštalacije cestne razsvetljave.

Meritve za preverjanje skladnosti z zahtevami projektne naloge morajo preučiti parametre, kot so bili določeni in upoštevani pri projektiranju inštalacije cestne razsvetljave.

V poročilu o meritvah je treba zabeležiti tudi vremenske in okoljske pogoje (temperatura, vlaga, vsiljena svetloba). Če napajalna napetost lahko vpliva na delovanje razsvetljave, je treba izvesti tudi meritve napetosti in jih podati v poročilu. Večina sodobnih LED svetilk ni občutljiva na spremembe napajalne napetosti znotraj območja $U_n \pm 10\%$.

Poročilo mora vsebovati shemo ali skico lokacije z vrisanimi svetilkami, merilnim poljem in merilnimi točkami. Shema/skica mora enolično podati lokacijo meritev.

8.4 Pogoji za meritve - stabilizacija po vklopu

Svetilke potrebujejo določen čas, da se njihov svetlobni tok stabilizira. Vse meritve se opravijo, ko je obdobje stabilizacije končano.

Če obstajajo pomisleki glede stabilnosti svetlobnega toka inštalacije cestne razsvetljave med meritvijo, je potrebno opravljati tudi kontrolne meritve. To se izvede z meritvami osvetljenosti na istem mestu ali mestih v rednih časovnih presledkih, da se zagotovi, da je stabilnost dosežena in vzdrževana pred in med obdobjem meritev svetlobnotehničnih parametrov inštalacije cestne razsvetljave.

Takšne meritve se izvede tudi kadar obstaja možnost, da se svetlobni tok svetilk med meritvijo zniža zaradi samodejnega vklopa redukcije.

Za ta namen se lahko uporablja "Data logger", ki omogoča shranjevanje vrednosti osvetljenosti skupaj z časom. Predlagano je shranjevanje vrednosti osvetljenosti v intervalu 1 minute. Za morebitno korekcijo izmerjenih rezultatov na polni svetlobni tok iz meritve v času redukcije je potrebno ob posamezni meritvi na polju vrednotenja zabeležiti tudi čas meritve. Priporočljiva je uporaba alarma na »data loggerju«, ki merilca takoj opozori, da so svetilke prešle v način z reduciranim svetlobnim tokom. Če se v tem primeru z meritvami nadaljuje je potrebno počakati, da se svetilke pri zmanjšanji moči ponovno stabilizirajo.

8.5 Vremenski pogoji

Vremenske razmere morajo biti takšne, da ne vplivajo bistveno na meritve. V določenih vremenskih razmerah atmosferska absorpcija bistveno zmanjša nivo osvetljenosti ali spremeni merjeno svetlost.

Če vremenske razmere v času merjenja ne predstavljajo običajnih pogojev, je treba preložiti izvedbo meritev.

8.5.1 Merilni instrumenti

Visoke ali nizke temperature ter kondenzacija ali vlaga na površinah merilnih inštrumentov lahko vplivajo na kalibracijo in točnost merilnih instrumentov. Zaradi visokih hitrosti vetra lahko merilni instrumenti vibrirajo ali nihajo.

Vpliv vremenskih razmer na delovanje instrumenta se upošteva z uporabo korekcijskih faktorjev. Ti vplivi se upoštevajo pri oceni merilne negotovosti.

Če so vremenske razmere zunaj območja znanih korekcijskih faktorjev, je treba preložiti izvedbo meritev.

8.5.2 Inštalacija cestne razsvetljave

Visoke ali nizke temperature ali visoke hitrosti vetra lahko vplivajo na izhodni svetlobni tok toplotno občutljivih svetlobnih virov ali svetilk.

Visoke hitrosti vetra lahko povzročijo nihanje/zibanje svetilk.

Presevnost ozračja bo znatno vplivala na svetlobo, ki bo dosegla obravnavano površino in bo v primeru meritev svetlosti vplivala tudi na svetlobo, ki se odbije od merjene površine do merilnika svetlosti.

Meritve svetlosti se izvajajo samo kadar je cesta popolnoma suha. Rahla vlaga na vozišču lahko bistveno vpliva na svetlost površine ceste.

Če vremenske razmere v času merjenja ne predstavljajo pogojev, uporabljenih v fazi načrtovanja cestne razsvetljave, je treba meritve odložiti.

8.5.3 Razmere na vozišču

Fotometrične lastnosti cestne površine se lahko sčasoma zelo spremenijo, zlasti v prvih treh letih.

V primeru meritev svetlosti na novi površini ceste se lahko izmerjene vrednosti razlikujejo od pričakovanih, ker je dejanska svetlobnost drugačna od tiste, uporabljene v fazi projektiranja (merjene ali pridobljene iz standardnih tabel cestne površine).

V tem primeru se lahko svetlobnotehnične razmere na vozišču oceni s primerjavo meritev osvetljenosti in izračuna svetlosti (postopek je razložen v informativnem Dodatku E standarda SIST EN 13201-4:2014).

8.5.4 Vsiljena svetloba in ovire / Svetloba iz okolice

Kadar so meritve namenjene presoji samo cestne razsvetljave, je treba preprečiti ali ovrednotiti neposredno ali odsevno svetlobo iz okolice. Ukrepe, sprejete za to, je treba zabeležiti v poročilu o meritvah.

Pri meritvah je treba izbrati območja, ki ne vsebujejo ovir, ki povzročijo sence. Te lahko vključujejo drevesa, parkirane avtomobile ali urbano pohištvo. Prisotnost morebitnih ovir je treba zabeležiti v poročilo o meritvah.

Vsaka senca merilcev naj se zmanjša na najmanjšo možno raven. Paziti je treba, da osebje, ki izvaja meritve, ali oprema, ki se uporablja, ne zasenči svetlobe, ki bi sicer dosegla fotometrično glavo (meritev osvetljenosti) ali merjeno površino ceste (meritev svetlosti) ali odsevala svetlobo, ki sicer ne bi dosegla fotometrične glave oz. merjene površine ceste.

8.6 Fotometrične meritve – lokacija merilnik točk

Položaj mrežnih točk, na katerih se izvajajo meritve, mora biti enak, kot je določen s SIST EN 13201-3:2014.

Če je dovoljeno z razpisom ali dogovorjeno z naročnikom, se lahko meritve izvede v manjšem številu točk, pri čemer se uporabi vsaj 50% standardnih točk mreže ali se uporabi alternativna mreža merilnih točk. Poenostavljena mreža ali alternativna mreža mora imeti enakomerno porazdelitev točk po obravnavanem območju, ki se uporablja za definiranje celotne mreže (glej SIST EN 13201-3:2014).

Točnost lokacije merilnih točk mora biti vključena v oceni merilne negotovosti meritev.

8.7 Meritve svetlosti

8.7.1 Lokacija opazovalca (merilnik svetlosti) in lokacija merilnih točk

Pri meritvah svetlosti mora biti položaj opazovalca enak, kot je določen s SIST EN 13201-3:2014, to je 60 m pred začetkom polja vrednotenja. Položaj opazovalca je na sredini voznega pasu. Višina senzorja mora biti pri merilni razdalji 60 m točno 1,5 m, kolikor je povprečna višina oči pri vožnji z avtomobilom.

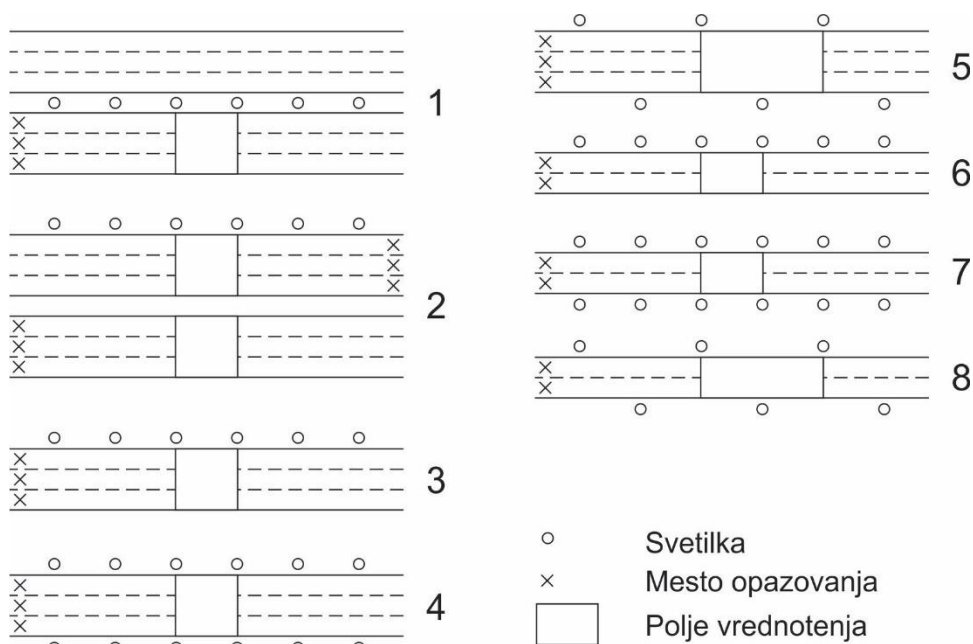
Meritve se lahko izvede na manjši razdalji in na sorazmerni nižji višini. Pri tem pa mora biti vidni kot merilnika ($89 \pm 0,5$)° glede na normalo na površino ceste. Tako je pri merilni razdalji 40 m merilnik nameščen na višino 1 m, pri merilni razdalji 20 m pa je nameščen na višino 0,5 m.

Točnost lokacije opazovalca mora biti vključena v oceni merilne negotovosti meritev.

Merilnik svetlosti se postavi na simetralo vsakega voznega pasu!

V prečni smeri mora biti položaj opazovalca (merilnik) vsakokrat v sredini vsakega voznega pasu. Povprečno vrednost svetlosti, splošno enakomernost svetlosti in relativni porast praga zaznavanja se izračuna za celotno vozišče (polje vrednotenja) za vsak položaj opazovalca. Vz dolžno enakomernost svetlosti se izračuna na sredinski črti vsakega voznega pasu. Če je na cestišču več voznih pasov za rezultat povprečne svetlosti, splošne enakomernosti svetlosti in vzdolžne enakomernosti svetlosti treba upoštevati najnižjo od izmerjenih/izračunanih vrednosti. Kot rezultat relativnega porasta praga zaznavanja je treba upoštevati največjo od izmerjenih vrednosti.

Na spodnji sliki je prikazanih nekaj najbolj pogostih primerov postavitve opazovalca glede na polje vrednotenja.



- 1 Šestpasovna cesta s sredinskim zelenim pasom in dvojno centralno razporeditvijo svetilk
- 2 Šestpasovna cesta s sredinskim zelenim pasom in enostransko razporeditvijo svetilk
- 3 Tripasovna cesta z enostransko razporeditvijo svetilk
- 4 Tripasovna cesta z dvostransko razporeditvijo svetilk
- 5 Tripasovna cesta z dvostransko zamaknjeno razporeditvijo svetilk
- 6 Dvopasovna cesta z enostransko razporeditvijo svetilk
- 7 Dvopasovna cesta z dvostransko razporeditvijo svetilk
- 8 Dvopasovna cesta z dvostransko zamaknjeno razporeditvijo svetilk

Slika 43: Lokacije opazovalca glede na polje vrednotenja

Merilne točke znotraj področja vrednotenja določimo za vsak prometni pas posebej. Znotraj voznega pasu so točke razporejene v pravokotni mreži, kjer je vzdolžna razdalja med posameznimi točkami enaka:

$$D = \frac{S}{N}$$

kjer je:

- D je vzdolžna razdalja med dvema merilnima točkama (m);
- S je razdalja med dvema svetilkama (m).
- N je izbrano število vzdolžnih merilnih točk v področju vrednotenja, pri čemer mora veljati:
 če je $S \leq 30$ m, $N=10$,
 če je $S > 30$ m, je N najmanjše celo število s katerim dobimo $D \leq 3$ m.

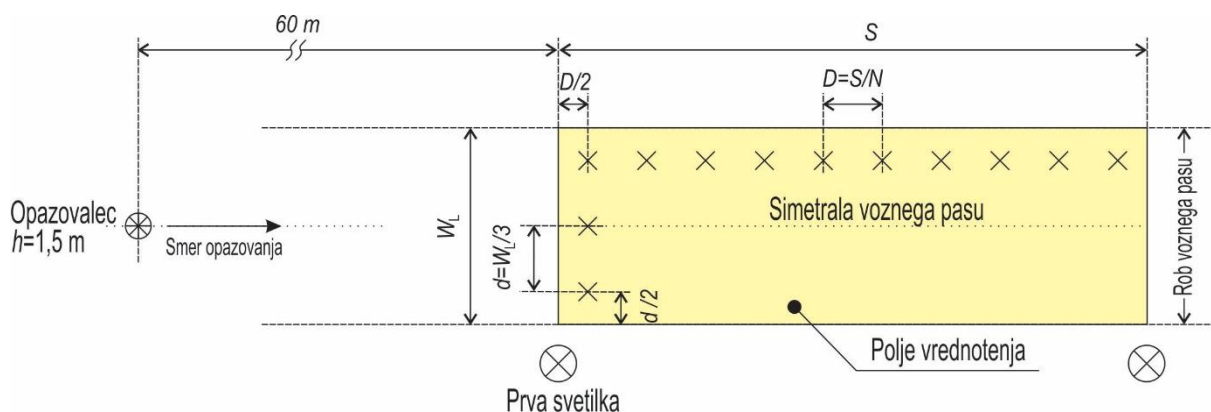
Prečna razdalja med posameznimi točkami pa je enaka:

$$d = \frac{W_L}{3}$$

kjer je:

- d je prečna razdalja med dvema merilnima točkama (m);
- W_L je širina področja vrednotenja - širina voznega pasu (m);

Točke pozicioniramo tako, da je razdalja med robom področja vrednotenja in prvo vzdolžno vrsto merilnih točk enaka $d/2$.



Slika 44: Postavitev merilnih točk na posameznem voznem pasu za meritev svetlosti

8.7.2 Izbira merilnih točk

Če so nekatere točke merilne mreže locirane na horizontalnih cestnih oznakah (puščica, črta, zebra, prehod čez cesto), se ne upoštevajo pri določanju povprečne vrednosti svetlosti in enakomernosti. Kljub temu se te točke zapišejo v poročilo o meritvah.

Nekatere točke mreže se lahko nahajajo v senci objekta (drevesa) ali oljnem madežu itd. V takih primerih je priporočljivo, da se te točke izločijo pri določanju povprečne vrednosti svetlosti in enakomernosti, a se jih kljub temu zapiše v poročilo o meritvah. Lahko pa se s pomočjo algoritmov v informativni prilogi B standarda SIST EN 13201-4:2014 oceni merjene vrednosti.

Najmanjše in največje izmerjene vrednosti svetlosti na obravnavani površini se navedejo v poročilu o meritvah.

8.7.3 Meritev povprečne vrednosti svetlosti

Povprečna vrednost svetlosti se izračuna kot povprečna vrednost svetlosti, izmerjenih na celotnem polju vrednotenja ali z enim odčitkom ustreznega območja površine ceste pri uporabi slikovnega merilnika svetlosti.

Opomba: za izračun povprečne vrednosti svetlosti se upoštevajo izmerjene vrednosti na vseh pasovih pri enem položaju opazovalca. Na primer v situacijah 6, 7, 8 na Slika 43 se svetlost obeh prometnih pasov meri dvakrat, v situacija 1-4 pa se svetlost vseh treh pasov meri trikrat.

8.8 Meritev osvetljenosti

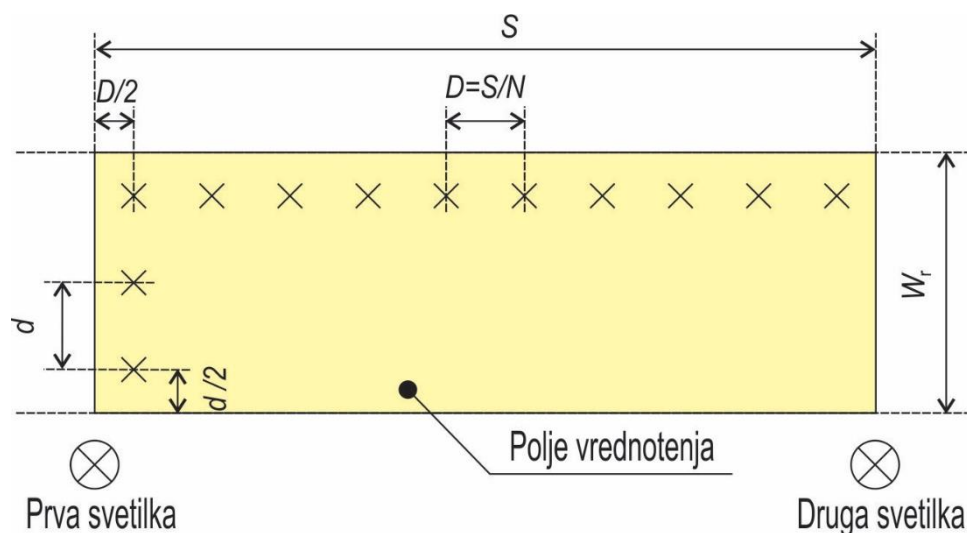
8.8.1 Splošno

Izmeri se lahko vsaka od štirih različnih vrst osvetljenosti, odvisno od svetlobnotehničnega razreda ali razredov cestne razsvetljave. To so:

- horizontalna osvetljenost,
- polkrogelna osvetljenost,
- polcilindrična osvetljenost,
- vertikalna osvetljenost.

8.8.2 Mreža merilnih točk

Položaj mrežnih točk, na katerih se izvajajo meritve, mora biti enak, kot je določen s SIST EN 13201-3:2014. Lokacija točk je prikazana na spodnji sliki.



Slika 45: Merilna mreža pri meritvi osvetljenosti

Merilne točke morajo biti enakomerno porazdeljene po polju vrednotenja. Število točk se določi po spodnjem pravilu. Vzdolžna razdalja med posameznimi točkami je enaka:

$$D = \frac{S}{N}$$

kjer je:

- D je vzdolžna razdalja med dvema merilnima točkama (m);
- S je razdalja med dvema svetilkama (m).
- N je izbrano število vzdolžnih merilnih točk v področju vrednotenja, pri čemer mora veljati:
 - če je $S \leq 30$ m, $N=10$,
 - če je $S > 30$ m, je N najmanjše celo število s katerim dobimo $D \leq 3$ m.

Prečna razdalja med posameznimi točkami pa je enaka:

$$d = \frac{W_r}{n}$$

kjer je:

- d je prečna razdalja med dvema merilnima točkama (m);
- W_r je širina voznega pasu oz. širina polja vrednotenja (m);
- n je število točk v prečni smeri, ki je lahko 3 ali več oziroma najmanjše celo število, večje od 2, s katerim dobimo $d \leq 1,5$ m

8.8.3 Merilna mreža na površinah nepravilnih oblik

Pri površinah nepravilnih oblik in če razmik med svetilkami ni enakomeren, je težko povezati razmik med mrežnimi točkami z razmikom med svetilkami. V tem primeru se naredi merilna mreža, kjer razdalje med merilnimi točkami v nobeni smeri ne sme presegati 1,5 m. Glavne smeri prometnega toka pri izračunu navpične in polcilindrične osvetljenosti je treba določiti glede na uporabo ali verjetno uporabo merjenega področja.

Primer določitve merilnih točk za meritev osvetljenosti

Krožno križišče z enim voznim pasom.

Notranji premer: 7,5 m

Zunanji premer: 15 m

Izračunamo širino voznega pasu, ki je 7,5 m. Ker je samo en prometni pas, so v mreži merilnih točk v prečni smeri 3 točke. Upoštevamo, da je prva točka odmaknjena od notranjega kroga za polovico razdalje med točkami. Glede na širino pasu, ki je 7,5 m, je razdalja med točkami 2,5 m. Razdalja med točkami v vzdolžni smeri ne sme biti več kot 3 m. Zato na zunanjem koncentričnem krogu merilnih točk, ki ima izračunan premer 13,75 m in obseg 86,4 m določimo 30 točk. Tako bo razdalja med merilnimi točkami na tem krogu približno 2,9 m. tudi na notranjih dveh krogih izberemo 30 točk, da je merilna mreža pravilna. Na vsakem kraku dodamo še po 9 merilnih točk na vsakem pasu.

8.8.6 Meritev polkrogelne osvetljenosti

Polkrogelno osvetljenost v točki je mogoče izmeriti z merilnikom osvetljenosti za merjenje osvetljenosti na ravnini z naslednjim postopkom. V točki se izmeri horizontalna osvetljenost $E_{h,m}$, ki je prispevek vseh svetilk. Komponenta $E_{l,m}$ se izmeri kot prispevek posamezne l -te svetilke. Na svetlobo občutljiva površina fotometrične glave se obrača tako, da svetloba vpada nanjo pod pravim kotom iz obravnavane svetilke, vsa druga svetloba pa je izključena. Izmerjena polkrogelna osvetljenost $E_{hs,m}$ je dana:

$$E_{hs,m} = \frac{1}{4} \left(E_{h,m} + \sum_{l=1}^{n_{lu}} E_{l,m} \right)$$

kjer je:

$E_{h,m}$ izmerjena horizontalna osvetljenost, ki je prispevek vseh svetilk cestne razsvetljave.

$E_{l,m}$ izmerjena pravokotna osvetljenost zaradi l -te svetilke

n_{lu} število svetilk cestne razsvetljave

Ostali pogoji za meritev polkrogelne osvetljenosti so enaki pogojem za horizontalno osvetljenost.

8.8.7 Meritve polcilindrične osvetljenosti

Polcilindrično osvetljenost v točki se izmeri z merilnikom za merjenje polcilindrične osvetljenosti (Slika 47).



Slika 47: Merilnik za merjenje polcilindrične osvetljenosti

Središče površine fotometrične glave, ki je občutljiva na svetlobo, mora biti nameščeno na višini 1,5 m nad nivojem tal. Površina fotometrične glave, občutljive na svetlobo, mora biti navpična in pravilno usmerjena, običajno obrnjena vzdolžno z glavno smerjo gibanja pešcev.

Polcilindrično osvetljenost v točki je mogoče izmeriti tudi z merilnikom osvetljenosti za merjenje osvetljenosti na ravnini z naslednjim postopkom. V točki se izmeri vertikalna osvetljenost v treh

glavnih smereh, kamor bi bil obrnjen polcilinder senzorja. Polcilindrična osvetljenost je povprečje teh treh vrednosti vertikalne osvetljenosti.

8.8.8 Meritve vertikalne osvetljenosti

Središče površine fotometrične glave, ki je občutljiva na svetlobo, mora biti nameščeno na višini 1,5 m nad nivojem tal glede na mrežne točke, opredeljene v SIST EN 13201-3. Površina fotometrične glave, ki je občutljiva na svetlobo, mora biti postavljena vertikalno in pravilno usmerjena, običajno pod pravim kotom glede na glavne smeri gibanja pešcev.

8.8.9 Dodatne zahteve za statične merilne sisteme

Pri meritvi osvetljenosti se za zmanjšanje vplivov merilnih sistemov ali merilcev uporablja merilnik osvetljenosti s fotometrično glavo, pritrjeno na merilnik s kablom, ali merilnik osvetljenosti s kablom za zamrznitev izmerjene vrednosti. Kabli morajo biti dovolj dolgi, da se merilci lahko postavijo tako, da ne zasenčijo svetlobe, ki bi sicer dosegla fotometrično glavo.

Uporaba stabilizatorjev (gimbal) olajša nalogo vzdrževanja glave fotometra pri pravilnem naklonu glede na običajno ravnino cestišča.

Pri meritvi horizontalne osvetljenosti mora biti merilna višina v območju do 100 mm od tal. Če so svetilke cestne razsvetljave nameščene na višini manj kot 2 m, sme biti glava fotometra največ 50 mm od tal razen, če se vrednosti osvetljenosti tudi izračunajo na dejanski merilni višini.

8.8.10 Meritev količnika osvetljenosti robov (REI)

Količnik osvetljenosti robov se meri v skladu z zahtevami za merjenje horizontalne osvetljenosti in merilnih mrež, določenih v prejšnjih poglavjih.

Ko so znane izmerjene vrednosti osvetljenosti v točkah mreže, se količnik osvetljenosti robov izračuna z uporabo spodnjih enačb, povzetih po SIST EN 13201-3: 2015:

$$R_{EI12,m} = \frac{\overline{E}_{h,pas1,m}}{\overline{E}_{h,pas2,m}}$$

$$R_{EI43,m} = \frac{\overline{E}_{h,pas4,m}}{\overline{E}_{h,pas3,m}}$$

$$R_{EI,m} = \min(R_{EI12,m}, R_{EI43,m})$$

V nekaterih primerih je meritve osvetljenosti na območjih zunaj vozišča težko ali nemogoče izvesti. V teh primerih količnika osvetljenosti robov ni mogoče izračunati, a se v poročilu o meritvah kljub temu poda razmerja med izmerjeno povprečno horizontalno osvetljenostjo in izračunano povprečno horizontalno osvetljenostjo istih pasov vozišča.

OPOMBA Na primer, če ta območja niso dostopna, niso ravna ali se tam nahajajo ovire ali objekti, ki povzročajo sence.

8.8.11 Meritev porasta praga zaznavanja (f_{ri})

Po potrebi se lahko porast praga zaznavanja izmeri z postopkom, ki je opisan v SIST EN 13201-4: 2015.

8.8.12 Meritve osvetljenosti na prehodih za pešce

Meritve svetlobnotehničnih parametrov na prehodih za pešce in kolesarje izvajamo skladno z Priročnikom za cestno razsvetljava v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje.

8.9 Meritve ne-svetlobnotehničnih parametrov

8.9.1 Splošno

Izbira ne-svetlobnotehničnih meritev mora biti usklajena z namenom meritev. Če se meritve izvajajo zaradi primerjave z zahtevami, je priporočljivo, da se izvedejo natančne meritve ne-svetlobnotehničnih parametrov.

Kadar se meritve izvajajo za spremljanje stanja cestne razsvetljave, je možno, da bodo zadostovale manj podrobne meritve ne-svetlobnotehničnih parametrov

8.9.2 Napajalna napetost

Po potrebi se med meritvijo svetlobnotehničnih parametrov izvede tudi neprekinjeno meritev napajalne napetosti ali vsaj vrednosti napetosti na začetku in koncu meritve. Meritev se izvede na pomembni točki električne napeljave tako, da se lahko opazuje morebitne spremembe. Za izvedbo teh meritev je predlagana uporaba V-metra s funkcijo snemanja. Če se smatra, da je svetlobni tok svetilk v cestni razsvetljavi neodvisen od sprememb napajalne napetosti, neprekinjeno merjenje napajalne napetosti ni potrebno.

8.9.3 Temperatura in vlažnost

Po potrebi se temperatura in vlažnost izmerita na višini 1 m nad tlemi. Zabeleži se ju vsaj na začetku meritev, lahko pa tudi večkrat tekom merjenja.

8.9.4 Geometrični podatki / Situacija

Po potrebi se opravijo meritve geometrije inštalacije cestne razsvetljave (glej informativno prilogo E standarda SIST EN 13201-4).

Te meritve lahko vključujejo meritve situacije inštalacije, višine stebrov in dolžine previsa. Poleg tega se oceni nagib pri namestitvi svetilk, orientacija svetilk in vrtenje svetilk, če so ti podatki pomembni za doseganje ciljev merjenja.

8.9.5 Inštrumenti za ne-svetlobnotehnične meritve

Merjenje ne-svetlobnotehničnih parametrov, ki so pomembni za merilne cilje/namene, se izvaja s kalibriranimi instrumenti.

Odločitev o uporabi nekalibriranih instrumentov za določene ne-svetlobnotehnične parametre se navede v poročilu o meritvah. Za te parametre se merilna negotovost ne ocenjuje.

8.9.6 Poročilo o meritvah

Poročilo o meritvah mora vsebovati vsaj:

- predmet/objekt meritev;
- kraj in čas meritve. Če gre za cesto, mora lokacija vsebovati oznako ceste, odseka in stacionažo;
- temperature in vlažnosti okolice;
- skico ali zračni posnetek polja vrednotenja z bližnjo okolico. Položaj opazovalca in položaj merilnih točk mora biti nedvoumno določen na skici in v tabeli rezultatov;
- vse informacije, ki so bile zbrane med meritvijo, če so pomembne za namen meritve;
- podrobnosti o uporabljenih instrumentih, njihovo identifikacijsko/serijsko številko za nedvoumno identifikacijo in njihove pogoje kalibracije (datum, veljavnost in meroslovna sledljivost);
- podrobnosti o vremenskih in okoljskih pogojih ter o električnih lastnostih napajanja;
- kratek opis postopkov, uporabljenih pri meritvah in obdelavi podatkov, vključno z oceno merilne negotovosti. (Če ima izvajalec metodo dela opisano v ločenem dokumentu, je dovolj sklic na metodo.)
- rezultate meritev z njihovo merilno negotovostjo za polni svetlobni tok in za vse stopnje redukcije svetlobnega toka;
- razlog, utemeljitev in posledice izbire območij inštalacije cestne razsvetljave, če se ne meritve ne izvedejo na njeni celotni dolžini;
- ukrepi, ki so bili sprejeti za preprečevanje ali upoštevanje neposredne ali odsevane svetlobe iz okolice;
- vse ostale informacije, omenjene v prejšnjih poglavjih;
- stopnja redukcije ali stopnje programirane redukcije, če je bila prisotna;
- opis uporabljene merilne opreme;
- opis razsvetljavne naprave;
- navedbo opaženih pomanjkljivosti razsvetljavne naprave;
- potrdilo o kalibraciji merilnika;

Oseba, odgovorna za izvedbo meritev, mora podpisati poročilo o meritvah.

8.9.7 Presoja merilnih rezultatov

Pri izvedbi meritve za ugotavljanje skladnosti z zahtevanimi projektnimi pogoji je potrebna primerjava merilnih rezultatov z izračuni. Pri ugotavljanju skladnosti je potrebno upoštevati, da so bili izračuni izvedeni z upoštevanim faktorjem vzdrževanja, meritve pa se običajno izvaja, ko je razsvetljava popolnoma nova in še ni prišlo do znižanja svetlobnega toka svetlobnih virov. Tako izvedene meritve niso direktno primerljive z izračuni. Za pravilno primerjavo imamo na voljo dva postopka:

1. Ponovi se izračune, pri katerih se upošteva faktor vzdrževanja 1,0. Ti izračuni so direktno primerljivi z meritvami nove inštalacije cestne razsvetljave.

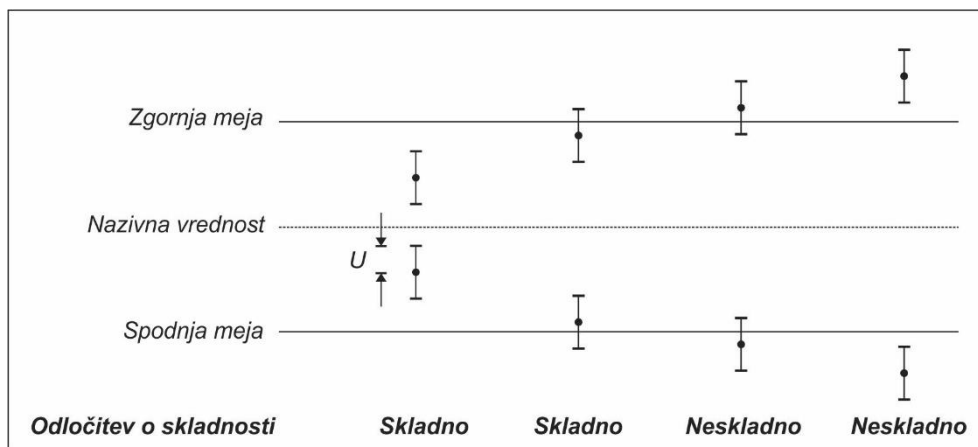
2. Če ni mogoče ponoviti izračunov s faktorjem vzdrževanja 1,0, se v rezultatih izračunov vrednosti svetlosti in osvetljenosti deli s faktorjem vzdrževanja. Te vrednosti so primerljive z meritvami nove inštalacije cestne razsvetljave.

Če so nameščene svetilke, katerih predstikalne naprave omogočajo funkcijo “Constant Lumen Output” in je ta funkcije omogočena, potem se rezultate meritev in izračunov lahko direktno primerja.

Če se rezultate izvedenih meritev primerja z zahtevami projektnih pogojev ali zahtevami svetlobnotehničnih razredov, je treba rezultate meritve pomnožiti s faktorjem vzdrževanja. Te, korigirane, rezultate se primerja z zahtevami.

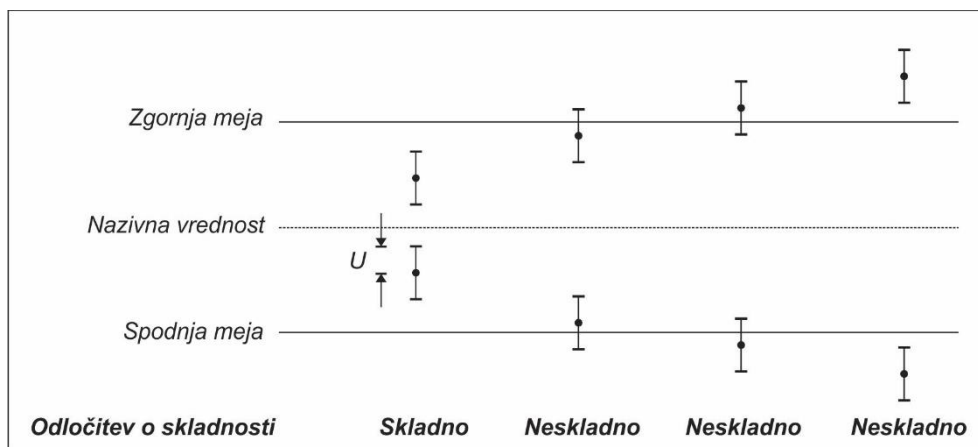
Na podoben način se korigira izmerjene rezultate, če so bile meritve izvedene, ko so bile svetilke v redukciji svetlobnega toka. Korigiran rezultat se primerja z zahtevami.

Pri podajanju odločitve glede skladnosti z zahtevami mora biti jasno določeno pravilo odločanja (Slika 48 in Slika 49)



$U = 95\%$ razširjene merilne negotovosti meritve

Slika 48: Pravilo odločanja brez upoštevanja merilne negotovosti meritve



$U = 95\%$ razširjene merilne negotovosti meritve

Slika 49: Pravilo odločanja z upoštevanjem merilne negotovosti meritve

9 Druge zahteve za projektiranje in izvedbo cestne razsvetljave

9.1 Tehnične zahteve za vgrajeno opremo

Pri pripravi razpisne dokumentacije ali povpraševanja je treba čimbolj natančno opisati tehnične zahteve, ki jih morajo izpolnjevati svetilke. Tehnične zahteve naj vključujejo vse pomembne svetlobnotehnične, električne, mehanske in oblikovne podatke o svetilkah, a hkrati ne smejo preveč omejevati konkurence. V nadaljevanju so zapisane zahteve, ki pa se lahko za potrebe posamezne razpisne dokumentacije razširijo ali skrčijo.

Naročnik naj si pridrži pravico zahtevati vzorce ponujenih svetilk z namenom tehnične ocene ponudb, to je preverjanja zahtevanih tehničnih lastnosti.

9.1.1 Dokazila za izpolnjevanje tehničnih zahtev

Kot dokaz, da ponujene svetilke izpolnjujejo zahtevane tehnične lastnosti, naj ponudniki za ponujene svetilke zagotovijo:

- tehnični list z vsemi zahtevanimi podatki,
- ENEC oz. ENEC+ certifikat, če se smatra, da je ta potreben,
- Izjava EU o skladnosti, ki je potrjena s strani proizvajalca svetilk,
- izračun osvetlitve, če so v razpisnih pogojih zapisane zahteve iz SIST EN 13201-2 ali druge zahteve,
- fotometrične podatke ponujenih svetilk v digitalni obliki v LDT ali drugem primerljivem formatu.

Če katera od tehničnih lastnosti ponujenih svetilk ni razvidna iz razpoložljivih tehničnih listov ali tehničnih katalogov, lahko kot dokazilo o tehničnih lastnostih ponujenih svetilk ponudnik predloži overjeno izjavo proizvajalca svetilk.

Vsa predložena dokumentacija mora biti v slovenskem jeziku. Če je kateri od dokumentov, ki ga ponudnik predloži kot dokazilo, zapisan v tujem jeziku, ga mora ponudnik predložiti skupaj z overjenim prevodom v slovenski jezik pooblaščenega sodnega tolmača.

9.1.2 Svetlobnotehnične zahteve

Naročnik, ki naroča razsvetljavo za obravnavani odsek, mora vse merodajne podatke posredovati projektantu, ki določi svetlobnotehnični razred odseka. **Podatke, ki so potrebni za določitev svetlobnotehničnega razreda, priskrbi odgovorni vodja projekta v sodelovanju z upravljavcem cest.** Ko je znan svetlobnotehnični razred, so znane tudi minimalne zahteve za parametre (SIST EN 13201-2), ki opisujejo kakovost cestne razsvetljave.

Ponudnik sam določi moč, svetlobni tok in optiko svetilke, da bo le-ta izpolnjevala zahtevane pogoje.

Predlagamo, da se zahteva, da so izračuni izdelani v brezplačnih programskih paketih DIALux ali Relux, da jih lahko naročnik tudi sam preveri. Izračune različnih ponudnikov je na ta način tudi lažje primerjati med seboj in preprečiti oz. najti morebitne manipulacije v izračunih.

Rezultati izračunov morajo biti v slovenskem jeziku.

V sklopu rezultatov morajo biti jasno razvidni naslednji podatki:

- celotna moč svetilke (skupaj z izgubami v predstikalni napravi),
- izhodni svetlobni tok svetilke, ki mora upoštevati vse izgube na lečah, reflektorjih in/ali zaščitnem steklu,
- podobna barvna temperature svetlobe,
- indeks barvnega videza,
- svetlobni izkoristek svetilke (lm/W),
- ULOR.

Pri izračunih svetlosti je treba vnesti tudi osnovne podatke o površni, ki se obdeluje. Če le-teh podatkov ni moč pridobiti, predlagamo, da se izbere tipični material cestišča R3, ki ima svetlobnost $Q_0=0,07 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$.

Uporabljen faktor vzdrževanja je odvisen tudi od svetilk in vzdrževanja svetlobnega toka teh svetilk. Pri sodobnih svetlobnih virih se po navadi uporabi faktor vzdrževanja 0,9, če pa je v predstikalni napravi omogočena funkcija stalnega svetlobnega toka (CLO, ali primerljivo), se lahko uporabi faktor vzdrževanja 0,95.

Optični sistem svetilke mora biti v skladu z Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (ULOR=0) in mora zagotavljati omejitev bleščanja razreda G*3 do G*6, skladno z zahtevami podanimi v SIST EN 13201-2.

Podobna barvna temperature svetlobe naj bo 2700 K in 2200 K na naravovarstvenih območjih. Indeks barvnega videza (Ra, CRI) naj bo višji od 70. Življenjska doba svetilke: najmanj 60.000 ur (metode, po kateri se določa življenjska doba so lahko: L80B20, L80B10, L70B10, L80 – Ta 25°C). Pri svetilkah za cestno razsvetlavo ni potrebe po zahtevah glede MacAdamovih elips.

9.1.3 Električne lastnosti

Svetilke morajo imeti izvedeno napajanje tako, da se ob odpiranju pokrova svetilke ali električnega dela, napajanje prekine in so vsi bistveni deli svetilke (napajalnik, komunikacijski modul, LED modul) brez napajanja.

Svetilke morajo nemoteno delovati v napetostnem območju od 207 do 253 V (230 V (1±10%)).

Vgrajena mora biti ustrezna prenapetostna zaščita. Svetilke morajo biti odporne na prenapetosti vsaj do 10 kV ali več.

Svetilka mora imeti vgrajeno termično zaščito, ki ob preseganju kritičnih vrednosti zniža svetlobni tok ali celo izklopi svetilko.

Vsaka svetilka mora imeti ustrezen priključni električni kabel (napajanje in komunikacija). Minimalni presek posameznega vodnika je 1,5 mm², vodnik mora biti bakren in finožični.

Posamezni vodniki morajo biti enoumno označeni (L, N, PE, D+, D-). Svetilka mora biti že ožičena s primerno dolgim kablom (dolžina do priključne plošče v stebru).

9.1.4 Oblikovne zahteve

Na celotnem obravnavanem cestnem odseku naj bodo svetilke iste družine. „Ista družina“ svetilk pomeni, da so svetilke:

- istega proizvajalca,
- proizvajalec je svetilke poimenoval kot družina svetilk,
- svetilke so podobnega izgleda oz. oblike,
- svetilke iz iste družine imajo lahko različno velika ohišja.

S tem se zagotovi, da ima cestni odsek ali npr. celo naselje enoten vizualni izgled svetilk. Hkrati se zmanjša število različnih tipov svetilk zaradi enostavnejšega kasnejšega vzdrževanja svetilk.

9.1.5 Okoljske zahteve

Pri definiranju okoljskih zahtev je treba preveriti zahteve za vsako posamezno lokacijo posebej. Definirati je potrebno pravilno minimalno temperaturo okolice, saj so znotraj Slovenije velike razlike pri minimalni temperaturi. Če se svetilke nahajajo v bližini morja morajo biti ustrezno galvanjsko zaščitene proti slanemu pršcu in imeti ustrezno UV odpornost. Svetilka mora nemoteno delovati vsaj v temperaturnem območju okolice od -20°C do $+35^{\circ}\text{C}$.

9.1.6 Ostale zahteve

Svetilke morajo biti zasnovane modularno in omogočati menjavo ali popravilo posameznih delov svetilke.

Zahteva po enostavni menjavi posameznih delov svetilk na lokaciji brez orodja ni smotrna, ker se svetilke skoraj nikoli ne servisirajo na terenu. Večinoma se vse nedelujoče svetilke demontirajo in se servis izvaja v delavnicah.

Zahteva po tlačno litem ohišju preveč omejuje konkurenco, saj so tudi svetilke, ki so izdelane po principu gravitacijskega litja in nato ustrezno mehansko obdelane ali če so izdelane iz ekstrudiranega materiala lahko za določene aplikacije ustrezne.

Presevni del svetilke je lahko izdelan iz varnostnega kaljenega stekla ali ustrezne UV odporne umetne mase. Svetilke, ki nimajo presevnega dela svetilke, ker leče predstavljajo tudi zaščito svetlečih diod pred atmosferskimi vplivi, morajo uporabljati leče iz UV odporne umetne mase. Mehanska odpornost presevnega dela ali leč mora biti v vsakem primeru najmanj IK 08.

Vse svetilke naj bodo predpripravljene za vključitev v napreden sistem upravljanja mesta (»Smart city«). Napredni sistem upravljanja mesta je sistem, ki združuje informacijsko-komunikacijsko tehnologijo (IKT) in različne fizične naprave, povezane z omrežjem interneta stvari (IoT), z namenom optimizacije učinkovitosti delovanja in storitev naprednega upravljanja mesta ter povezave z meščani. Za vključitev v napredni nadzorni sistem velja, da morajo biti svetilke opremljene z ustrezno programabilno predstikalno napravo.

Da bi ponujene svetilke izpolnjevale navedeni pogoj pripravljenosti za vključitev v sistem naprednega upravljanja mesta morajo biti opremljene z:

- programabilno predstikalno napravo s komunikacijskim protokolom DALI 2.0,
- vtičnico Zhaga (ali enakovredno) z vso potrebno napeljavo in s pokrovom, ki preprečuje vdor vode in umazanije v vtičnico oz. svetilko in ki ohranja stopnjo IP zaščite svetilke.

9.2 Upravičenost postavitve pasivno varnih drogov

Po podatkih v literaturi se približno polovica smrtnih primerov v prometnih nesrečah zgodi v nesrečah, pri katerih je vozilo zletelo s ceste. Med temi je približno 12 % do 15 % takih, pri kateri se je vozilo zaletelo v drevo ali drog cestne razsvetljave. [6] V prometnih nesrečah s smrtnih izidom v ZDA je v nekaj več kot 2 % vzrok za smrt trk v drog cestne razsvetljave. Pri mrtvih v prometnih nesrečah, kjer je vozilo zletelo s ceste, je takih 4 %. Če podrobneje pogledamo število smrti zaradi udarca vozila v drog javne razsvetljave, statistika pokaže sledeče: 13 % mrtvih je motoristov; v 37 % primerov se je trk zgodil na ovinku; 58 % primerov se je zgodilo na cestah, kjer je hitrost omejena na 50 km/h do 70 km/h; 65 % takih nesreč se je zgodilo v urbanem okolju. [7] V Sloveniji se je v letih od 2005 do 2009 zgodilo 220.578 nesreč z skupaj 72.518 poškodbami, od tega 1198 smrtnimi. Pri 5610 poškodbah je bil vzrok trk v fiksen objekt, 183 teh poškodb je bilo smrtnih. [8] Torej je trk v fiksen objekt (iz študije ni možno razbrati, koliko od teh objektov je bilo drogov cestne razsvetljave) vzrok za dobrih 15 % smrtnih izidov v prometnih nesrečah, torej podobno kot drugje po svetu.

Eksperimentalni trki vozila v tog drog cestne razsvetljave [9] so bili izvedeni v Romuniji. Uporabljeno vozilo je bilo Fiat Punto 55, letnik med 1995 do 1998, torej manjše osebno vozilo s težo med 850 in 900 kg. Pri trku s hitrostjo 39,4 km/h se je drog zaril do približno polovice motornega prostora oziroma do polovice razdalje med začetkom vozila in prvo osjo. Maksimalen pojemek med trkom je znašal 350 m/s². Pri višji hitrosti (60 km/h) je drog končal približno 10 cm pred vetrobranskim steklom oziroma pri prvi osi. Maksimalen pojemek je bil 305 m/s². Pri hitrosti 85,9 km/h so posledice hujše, drog je končal približno pri polovici vetrobranskega stekla. Največji izmerjeni pojemek je bil 300 m/s². V četrtek poskusu je bila hitrost vozila 102,8 km/h in drog je končal na začetku strehe vozila. Maksimalen pojemek med trkom je bil 285 m/s². Rezultati kažejo, da je pri večji hitrosti pojemek sicer nekoliko manjši, vendar pa npr. pri 100 km/h celoten motorni del avta konča v kabini in s tem povzroči hude, najverjetneje smrtne poškodbe voznika in potnikov. Izmerjeni pojemki so bili sicer veliki, vendar kratkotrajni. Enciklopedija Britanica o poškodbah zaradi pojemkov navaja sledeče: "Izpostavljenost pojemkom, ki trajajo dlje kot 0,2 sekunde, lahko povzroči premik tekočine ali deformacijo tkiva. Če je trajanje pojemka v položaju, obrnjenem naprej, krajše od 0,2 sekunde, je največja sprejemljiva sila pojemka 30 g (približno 300 m/s²). To povzroči padec krvnega tlaka, porast srčnega utripa, šibkost in bledico kože. V položaju, ko je oseba obrnjena nazaj, je mogoče brez vidnih težav prenesti sile do 35 g (približno 350 m/s²)". Na podlagi tega lahko sklepamo, da pojemki pri trku v tog drog javne razsvetljave niso tako veliki, da bi lahko povzročili smrt, lahko pa je smrt voznika in/ali potnikov posledica deformacije vozila ob trku. Na podlagi opisanih poskusnih trkov tako lahko sklepamo, da trki pri hitrosti do 40 km/h z določeno verjetnostjo ne povzročijo smrti in tudi ne težjih poškodb.

Definicije, specifikacije in zahteve za droge cestne razsvetljave so navedene v standardu SIST EN 40. Zahteve za pasivno varne droge za cestno razsvetlavo in njihovo testiranje pa podaja standard SIST EN 12767. Standard deli pasivno varne droge v tri kategorije glede na količino energije, ki jo ob trku lahko absorbirajo:

- Drogovi kategorije HE (High Energy absorbing) lahko absorbirajo veliko količino energije kar pomeni, da povzročijo tudi največje poškodbe na vozilu, ki trči v tak drog cestne razsvetljave. Drog ob trku upočasni vozilo za od 50 km/h do 100 km/h, kar pomeni da se vozilo pri hitrosti, ki je večja od 50 km/h lahko ne ustavi popolnoma. Na primer pri trku s hitrostjo 100 km/h je "izstopna hitrost" še vedno lahko 50 km/h. To pa vseeno bistveno zmanjša poškodbe pri sekundarnem trku v oviro za drogom. Določeni drogovi te kategorije lahko sicer ustavijo vozilo ob trku tudi pri hitrostih, večjih od 50 km/h, vendar so v tem primeru poškodbe vozila in potnikov ustrezno večje.
- Kategorija LE (Low Energy absorbing) so drogovi, ki ob trku absorbirajo malo energije. Ti se ob trku običajno upognejo pod vozilo preden se odlomijo ali podrejo. Vozilo se ob trku upočasni za od 30 km/h do 50 km/h.
- Tretja kategorija so NE (Non Energy absorbing) drogovi, pri katerih se hitrost vozila ob trku upočasni za manj kot 30 km/h. To bistveno zmanjša poškodbe vozila in potnikov ob trku v drog, poveča pa verjetnost za sekundarni trk in poškodbe (tudi drugih udeležencev v prometu) pri tem sekundarnem trku, če so za drogom še druge ovire ali drugi udeleženci v prometu.

Standard predpisuje označevanje pasivno varnih drogov v obliki npr: 100-HE-C-R-NS-MD-0, kjer je pomen posameznih delov oznake:

- 100: številka na začetku oznake pove, s kakšno hitrostjo trka je bil drog testiran. Možne hitrosti so 100 km/h, 70 km/h ali 50 km/h. Poleg tega je vsak pasivno varen drog testiran tudi s hitrostjo 35 km/h.
- HE: je oznaka za kategorijo glede absorpcije energije ob trku in je poleg HE lahko še LE ali NE.
- C: je oznaka stopnje varnosti potnikov. Oznaka gre od A (najbolj varno) do E (najmanj varno). Oznake pomenijo različni pojemek ob trku in različno hitrost s katero glava voznika ali potnika udari ob armaturno ploščo avtomobila. Vse oznake stopnje varnosti zaradi tehničnih omejitev niso možne pri vseh oznakah za kategorijo absorpcije energije. Tako pri HE drogovih oznaki varnosti potnikov B ali A nista možni.
- R: je oznaka temelja droga. R (rigid) pomeni, da je drog v togem temelju, npr. v betonu. Možni oznaki sta še S (soil), ki pomeni, da je drog temeljen v standardi zemlji z določeno sestavo in gostoto in X, ki opredeljuje vse ostale načine temeljenja droga.
- NS: oznaka podaja način kolapsa droga. Možni oznaki sta SE (separation), ki pomeni, da se drog ob trku odlomi oziroma razlomi in NS (no separation), pri kateri drog ostane v enem kosu. Drog se lahko različno obnaša pri različnih hitrostih trka, zaželena lastnost pa je NS, ker lahko deli droga, če se ta razlomi, povzročijo dodatne trke ali poškodbe drugih udeležencev v prometu.
- MD: predzadnji del oznake opredeljuje smerni razred droga. Oznaka SD (Single Directional) pomeni, da je drog pasivno varen samo pri trku iz ene smeri (20°). Pri oznaki BD (Bi Directional) je drog pasivno varen pri trku iz dveh smeri (20° in 160°). Tretja možna oznaka je MD (Multi Directional) in pomeni, da je drog pasivno varen pri trku iz katerekoli smeri. Tak drog predstavlja največjo varnost, vendar ni vedno tehnično izvedljiv.
- 0: zadnji del oznake podaja nevarnost vdora strehe. Drog po trku lahko pade na streho vozila in jo zaradi svoje teže vdre, kar predstavlja dodatno nevarnost za voznika in potnike. Možnosti sta dve: 0 (not sensitive to dent) za droge, ki pri padcu na streho ne povzročijo vdora za več kot 102 mm (4 palce) in 1 (sensitive to dent), ki pri padcu na streho lahko povzročijo večji udar.

Evropski standard EN 12767 (oziroma SIST EN 12767) ne podaja nobenih priporočil, kakšne drogove uporabiti v določenih situacijah, se pa tovrstna priporočila najdejo v angleškem dodatku k tem standardu in v nekaterih nacionalnih priporočilih o uporabi pasivno varne cestne opreme (Norveška, Švedska, Finska, Slovaška, Poljska). Priporočila se po posameznih državah razlikujejo, lahko pa jih strnemo v naslednje točke:

- Ob cestah z omejitvijo hitrosti nad 65 km/h ali 70 km/h se priporoča uporaba drogov z oznako testne hitrosti 100. Če je omejitev hitrosti nižja od te, pa z oznako testne hitrosti 70. Uporaba drogov z oznako testne hitrosti 50 se v večini držav odsvetuje, ker so hitrosti ob trkih tudi na cestah z omejitvijo hitrosti 50 km/h običajno večje od te hitrosti.
- Ob cestah na ruralnih področjih, kjer imamo samo motorni promet in ob cesti ni drugih objektov ali prometnih udeležencev (pešci, kolesarji) se priporoča uporabo drogov z oznako absorpcije energije NE, ki povzročijo manjše poškodbe na vozilu in potnikih, ne ustavijo pa vozila.
- Ob cestah na ruralnih področjih, kjer imamo ob cesti še druge ovire (drevesa, zgradbe...) ali vzporedne prometne površine za druge prometne udeležence (pešce, kolesarje...) ter ob cestah v urbanem okolju (naselje...) se priporoča uporaba drogov z oznako absorpcije energije LE ali HE.
- Ostale lastnosti se izbere glede na specifično situacijo.

Pasivno varni drogovi cestne razsvetljave se priporočajo povsod, kjer obstaja določena verjetnost trka motornega vozila v drog in je dovoljena hitrost vozila taka, da lahko pride do resnih poškodb potnikov v vozilu.

V splošnem lahko priporočila za postavitve pasivno varnih drogov v literaturi strnimo v sledeče točke:

- Na cestah, kjer je hitrost omejena na dovolj nizko vrednost (30 km/h ali največ 40 km/h v naseljih), pasivno varni drogovi niso potrebni.
- Uporaba pasivno varnih drogov ni potrebna, če ti stojijo za varovalno ograjo in izven delovnega območja ograje.
- Prav tako pasivno varni drogovi niso potrebni, če so ob cesti parkirana vozila.
- Podobno pasivno varni drogovi niso potrebni, kjer hitrost vožnje zaradi geometrije ceste ali drugih ovir ni večja od 30 km/h.
- Se pa v vseh zgornjih primerih vseeno priporoča uporaba pasivno varnih drogov na mestih, kjer so nesreče pogoste ter na mestih, kjer obstaja večja verjetnost trka npr. na zunanji strani ostrih ovinkov.
- V ruralnem okolju ter na urbanih neposeljenih področjih, kjer za drogovi cestne razsvetljave ni drugih prometnih udeležencev ali drugih ovir in torej ne obstaja nevarnost sekundarnega trka se lahko uporabijo pasivno varni drogovi z oznako energijske absorpcije NE.
- V urbanem okolju ter na mestih v ruralnem okolju, kjer obstaja nevarnost sekundarnega trka se priporoča uporaba pasivno varnih drogov z oznako energijske absorpcije LE ali HE.
- Na mestih, kjer se za drogovi cestne razsvetljave nahaja kolesarska steza ali pločnik za pešce oziroma drugi udeleženci v prometu se večinoma priporočajo drogovi z oznako energijske absorpcije HE. Možna je tudi uporaba drogov z oznako LE, če je omejitev hitrosti manjša od 50 km/h. Se pa običajno tudi v teh primeri priporoča uporabo drogov z oznako HE.

- Za drogove cestne razsvetljave, postavljene na sredinskem pasu med vozišči ali prometnimi pasovi se priporoča uporaba pasivno varnih drogov z oznako energijske absorpcije HE.
- Če je omejitev hitrosti nižja od 70 km/h se lahko uporabijo pasivno varni drogovi z hitrostno oznako 70. Pri višji omejitvi hitrosti je treba uporabiti pasivno varne drogove z hitrostno oznako 100.

Praviloma izberemo pasivno varen drog s čim nižjo oznako stopnje varnosti potnikov (A, B, C, D, E), ki je glede na potrebno oznako energijske absorpcije in hitrostno oznako na voljo.

9.3 Upoštevanje razvojnih trendov in vpliva na okolje

Pri projektiranju cestne razsvetljave je seveda treba upoštevati razvojne trende in vpliv cestne razsvetljave na okolje. Oboje se da združiti v slogan: "Osvetliti samo tam, kjer je potrebno, samo takrat, ko je potrebno in samo toliko, kot je potrebno." Pri tem je dobro upoštevati še nova spoznanja o vplivu spektra svetlobe na organizme v okolju ter trenutno stanje tehnike na področju cestne razsvetljave.

Osvetliti samo tam, kjer je potrebno: cestna razsvetljava ima dokazano velik negativen vpliv na okolje, zato se vedno bolj omejuje njeno uporabo. Če je bilo včasih v navadi, da se je osvetljevalo vse ceste in poti, je danes trend, da se osvetljuje samo tam, kjer je svetloba ponoči res potrebna. Glavni razlog za postavitev cestne razsvetljave je zagotovitev ustrezne prometne varnosti. Pri tem želimo zaščititi predvsem ranlivejše udeležence v prometu, torej pešce in kolesarje. Zato npr. osvetljevanje cest za motorna vozila izven naselij ni potrebno. Tudi v naseljih, kjer je ob cesti pločnik, osvetljevanje ceste ni potrebno, pri večjem številu pešcev v temnem delu dneva pa je mogoče smiselno ustrezno osvetliti pločnik. Nekaj smernic, kaj je in česa ni potrebno osvetliti najdemo v Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah: "S cestno razsvetlavo se osvetljujejo prometno najbolj obremenjeni deli cest v naseljih, prehodi in podhodi za pešce, križišča s tremi ali več razvrstilnimi pasovi, razcepi avtocest in hitrih cest ter njihovi priključki, servisne prometne površine, avtobusna postajališča rednih prog javnega prevoza potnikov, ceste na mejnih prehodih ter ceste v srednje dolgih in dolgih predorih. Kratki predori morajo biti razsvetljeni, če je skozi predor dovoljen promet pešcev oziroma kolesarjev. (75. člen, 3. odstavek)". Pri vseh ostalih prometnih površinah pa je potreben temeljit razmislek, zakaj neko površino osvetliti in če prednosti osvetlitve odtehtajo negativne vplive na okolje in okoliške prebivalce. Pri tem seveda upoštevamo tudi vplive porabe električne energije in finančnih sredstev za investicijo.

Pod "osvetliti samo tam, kjer je potrebno" se razume tudi, da osvetlimo samo prometno površino, ne pa tudi površine ob tej prometni površini (travnati del, dvorišče, hišo ob pločniku...). Pri izbiri svetilke oziroma optike moramo torej paziti, da ne povzročamo vsiljene svetlobe, to je svetlobe, ki konča izven površine, ki jo osvetljujemo.

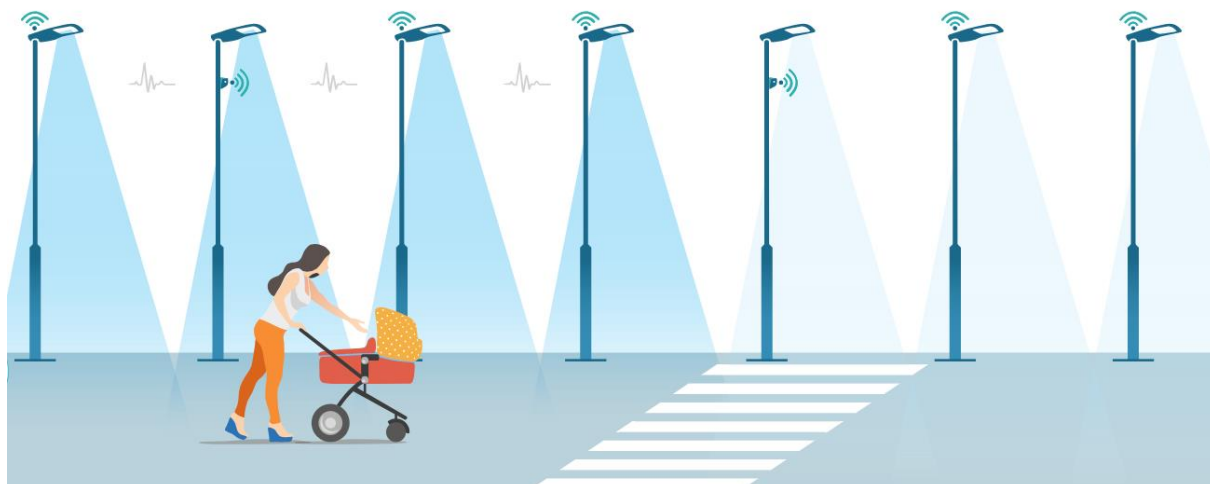
Osvetliti samo takrat, ko je potrebno: določene prometne površine so v uporabi samo določen del dneva. V nočnem času praktično ni kolesarjev na kolesarskih poteh izven naselij. Po 20:00 ali 21:00 uri tudi ni več učencev na šolskih poteh. Tudi splošno se gostota prometa, predvsem pešcev in kolesarjev po 23:00 ali 24:00 uri precej zmanjša. Če torej ni udeležencev v prometu, tudi cestna razsvetljava ni potrebna. Ugašanje cestne razsvetljave, skupinsko ali posamično, je z današnjo tehniko možno urediti brez posebnih težav. Z uporabo sodobnih napajalnikov v svetilkah se lahko nastavi urnike delovanja. Možno je uporabiti inteligentno razsvetlavo s senzorji, ki se odzivajo na prisotnost pešcev ali kolesarjev na prometni površini. Tudi uporaba tipke ali senzorja za vklop razsvetljave prehoda za pešce in časovnik za njen izklop je lahko zelo uporabna rešitev za zmanjšanje vpliva razsvetljave na okolje.

Osvetliti samo toliko, kot je potrebno: človeški vid je zelo prilagodljiv, tako da se tudi samo pri svetlobi zvezd še vedno lahko orientiramo v okolju. V urbanem okolju je zaradi drugih

svetlobnih virov, ki vplivajo na adaptacijo očesa, potrebno nekaj več svetlobe za varno gibanje in orientacijo. Okvirne številke najdemo v standardu SIST EN 13201-2. Pri tem pa je treba upoštevati, da je v standardu priporočena raven osvetljenosti ali svetlosti prometne površine odvisna od različnih dejavnikov, med drugim tudi od gostote prometa. Izberemo jo s pomočjo izbire svetlobnotehničnega razreda, okvirna navodila podaja tehnično poročilo SIST-TP CEN/TR 13201-1. Tehnično poročilo predvideva tudi, da se prometne razmere tekom noči spreminjajo, kar pomeni, da se spreminja tudi ustrezen svetlobnotehnični razred. Če se gostota prometa zmanjša, če se spremeni število različnih udeležencev v prometu... se ustrezno spremeni tudi svetlobnotehnični razred. To je s sodobno tehniko možno upoštevati z nastavitvijo ustreznih urnikov zatemnjevanja svetilk v predstikalni napravi oziroma gonilniku v svetilki. Poleg tega je vrednosti osvetljenosti in svetlosti v standardu treba gledati kot priporočene optimalne vrednosti in ne kot vrednosti, ki jih je dobro čim bolj preseči. Raziskave razsvetljave za pešce, izvedene v zadnjih letih, kažejo da so te vrednosti prej previsoke kot prenizke. Tudi pri nižjih vrednostih, kot jih podaja standard, brez težav dosežemo ustrezno vidnost prometne površine in s tem ustrezno varnost njenih uporabnikov. Zato ni nobene potrebe, da bi prometne površine presvetlili. To lahko negativno vpliva na adaptacijo očesa in poveča bleščanje, poleg tega pa poveča tudi porabo električne energije in svetlobno onesnaževanje okolja.

Barva svetlobe: pred množično uporabo svetlečih diod (LED) so kot najboljši svetlobni vir za cestno razsvetljavo veljale natrijeve sijalke (nizkotlačne ali visokotlačne) s poudarjeno rumeno barvo svetlobe. Zaradi poudarjenega rumenega dela spektra so imele višji svetlobni izkoristek kot starejše visokotlačne živosrebrove sijalke, človeško oko je namreč najbolj občutljivo na rumeno-zeleni del svetlobnega spektra. S prihodom LED se je barva svetlobe v cestni razsvetljavi premaknila v bolj modrikasto področje (barvna temperatura 4000 K) saj so imele take LED takrat največji svetlobni izkoristek. Z razvojem LED so se razlike med svetlobnimi izkoristki pri različnih barvnih temperaturah zmanjšali tako da danes ni nobenega razloga več, da ne bi uporabljali LED z nižjo barvno temperaturo (2700 K ali celo 2200 K). LED z nižjo barvno temperaturo imajo v svetlobnem spektru manjši delež modre svetlobe, s tem pa manj vplivajo na raven melatonina v človeškem organizmu, na žuželke in na sipanje svetlobe v atmosferi. Zaradi tega so določene države že omejile barvno temperaturo svetlobe cestnih svetilk na 3000 K ali manj.

Poleg omenjenih je v zadnjih letih močno prisoten tudi trend digitalizacije cestne razsvetljave oziroma t.i. pametna cestna razsvetljava, včasih imenovana tudi dinamična razsvetljava. Svetilke cestne razsvetljave je mogoče povezati v omrežje in z njimi upravljati na daljavo. V isto omrežje je možno povezati tudi različne senzorje (npr. prisotnosti prometnih udeležencev, gostote prometa...), vremenske postaje, kamere... in vse to uporabiti za pametno krmiljenje cestne razsvetljave. Tak sistem omogoča krmiljenje razsvetljave glede na trenutne razmere, s čimer lahko zmanjšamo tako porabo električne energije kot tudi svetlobno onesnaževanje okolja. Ko ni nobenih udeležencev v prometu je cestna razsvetljava lahko izklopljena ali deluje na minimalni moči. V primeru prihoda pešca ali vozila, pa se pred njim razsvetljava vklopi oziroma se njena moč poveča, tako da dosežemo ustrezne svetlobnotehnične razmere. Za pešcem ali vozilom pa se spet vzpostavi prejšnje stanje. Poleg tega iz sistema lahko pridobimo podatke o delovanju posameznih svetilk in ostalih komponent, kar olajša in poceni vzdrževanje cestne razsvetljave.



Slika 50: Prikaz delovanja pametne (dinamične) razsvetljave, kjer se ustrezne razmere zagotavljajo glede na prisotnost udeležencev v prometu s pomočjo senzorjev in komunikacije med svetilkami in nadzorno postajo

Če povzamemo: razvojni trendi danes na področju cestne razsvetljave narekujejo sledeče:

- upoštevanje vpliva na okolje;
- temeljit premislek ali je cestna razsvetljava na določenem področju res potrebna;
- pravilna izbira svetlobnotehničnih razredov z upoštevanjem dejanskih razmer po npr. posameznih intervalih temnega dela dneva;
- uporaba energijsko varčnih svetilk z ustrezno optiko, tako da dosežemo ustrezno osvetljenost prometne površine, ustrezno energijsko učinkovitost in čim manj vpliva na okolje;
- izbor ustrezne barve svetlobe (2700 K za splošno uporabo in 2200 K v naravovarstvenih področjih);
- izbor predstikalne naprave oziroma gonilnika, ki omogoča zatemnjevanje svetilke vsaj v nastavljivih intervalih;
- uporabo pametne (dinamične) cestne razsvetljave (senzorji, krmilniki, daljinski nadzor...).

10 Razvojni trendi na področju cestne razsvetljave

Glavna trenda v razvoju cestne razsvetljave v zadnjih letih sta zmanjševanje porabe električne energije, kar se je kot zelo pomemben parameter ponovno pokazalo med energetske krizo v letu 2022 in zmanjšanje svetlobnega onesnaževanja okolja. Znotraj tega pa lahko zasledimo sledeče trende:

- Prehod na LED tehnologijo: Svetleče diode (LED) so se pokazale kot energijsko učinkovit svetlobni vir z dolgo življenjsko dobo. Danes je njihov svetlobni izkoristek (lm/W) presegel svetlobne izkoristke vseh ostalih svetlobnih virov, ki se uporabljajo tako v cestni kot notranji razsvetljavi. Enako velja tudi za njihovo življenjsko dobo. Poleg tega so LED zelo majhnih dimenzij, kar omogoča uporabo leč za usmerjanje svetlobe, to pa prinese v primerjavi z uporabo reflektorjev pri drugih svetlobnih virih, še dodatne prihranke pri porabi energije. Trenutno LED predstavljajo od 40 % do 60 % trga svetlobnih virov, pričakuje pa se, da bodo v naslednjem desetletju presegle 80 %.

- Sistemi pametne razsvetljave: Porabo električne energije za cestno razsvetljavo je možno znižati tudi s prilagajanjem nivojev svetlosti oz. osvetljenosti trenutnim razmeram na cesti. Zato se v sisteme pametne cestne razsvetljave poleg adaptivne razsvetljave (svetilke, ki omogočajo krmiljenje svetlobnega toka) integrira senzorje, kamere in krmilne sisteme, ki spremljajo gostoto prometa, udeležence v prometu (pešci, kolesarji, motorna vozila) ter vreme in v odvisnosti od časa dneva krmilijo svetlobnotehnične parametre. Poleg dodatnega prihranka energije pametni sistemi razsvetljave zagotavljajo tudi večjo prometno varnost. Proizvajalci ponujajo vse več (različnih) sistemov pametne razsvetljave, ki delujejo z različnimi komunikacijskimi kanali (po energetske omrežju, brezžično z radijskimi signali, brezžično v mobilnem omrežju...).
- Povezana infrastruktura: Sisteme pametne razsvetljave je možno povezati z drugimi infrastrukturnimi sistemi v okviru mesta oziroma občine. Take povezave omogočajo centralen nadzor, vzdrževanje in zbiranje ter hranjenje podatkov. To pa dodatno poveča prihranke (npr. manj stroškov za vzdrževanje) in varnost uporabnikov (hitrejša odprava okvar) prometnih površin.
- Integrativna razsvetljava: spoznanja o dobrobiti, ki jih lahko ima integrativna razsvetljava (integrative lighting, human centric lighting) na ljudi vplivajo tudi na razvoj cestne razsvetljave predvsem v urbanih okoljih. Z upoštevanjem bioloških in psiholoških učinkov svetlobe na ljudi je možno razsvetljavo narediti bolj prijazno ljudem, pa tudi drugim živim bitjem (živalim in rastlinam).
- Svetilke s solarnimi paneli: Integracija solarnih panelov in baterije v svetilko omogoča postavitev cestne razsvetljave tudi tam, kjer v bližini ni elektroenergetskega omrežja. V določenih primerih, predvsem tam, kjer je veliko sončnih dni in so povprečne letne temperature ustrezno visoke, je možno z uporabo svetilk s solarnimi paneli priti do ustrezno trajnostnih in varčnih rešitev. Žal pa svetilke s solarnimi paneli niso zanesljiva rešitev za cestno razsvetljavo. V daljših obdobjih slabega vremena (zimski čas, daljše deževje...) se lahko zgodi, da energija, ki jo sončne celice pridobijo tekom dneva ne zadošča za celonočno obratovanje razsvetljave. Zaradi tega je taka razsvetljava primerna predvsem tam, kjer zadošča orientacijska razsvetljava, ne pa tudi na prometnih površinah, kjer je cestna razsvetljava nujna za zagotavljanje prometne varnosti. Svetilke s solarnimi paneli tako niso primerne za cestno razsvetljavo, ki jo kot obvezno navaja Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah.
- Uporaba novih materialov: v trendu je tudi uporaba novih materialov za izdelavo svetilk cestne razsvetljave kot so aluminijeve zlitine ali kompozitni materiali za izdelavo ohišij, polikarbonati in akrili ter steklo za izdelavo optičnih elementov svetilk, posebna keramika za hladilne sisteme, različne tehnike obdelave površin... Z uporabo novih materialom lahko zmanjšamo porabo električne energije za proizvodnjo svetilk, podaljšamo njihovo življenjsko dobo in omogočimo reciklažo in ponovno uporabo materiala. Vse to v celotnem življenjskem ciklu svetilke prinese dodatno zmanjšanje porabe energije in manjše obremenjevanje okolja.
- Analiza podatkov: sistemi pametne razsvetljave lahko s pomočjo različnih senzorjev in kamer zberejo večjo količino podatkov, ki jih lastnik (mesto, občina) ob primerni analizi lahko uporabi za izboljšanje druge infrastrukture. S pomočjo teh podatkov je možno optimizirati prometne tokove, izboljšati varnost kot tudi načrtovanje prometne in druge infrastrukture.
- Estetika: Vedno več pozornosti je pri načrtovanju cestne razsvetljave namenjene tudi estetiki – izgledu svetilk, drogov in celotne postavitve. Cestna razsvetljava z dobrim estetskim izgledom ne opravlja samo svoje osnovne funkcije ampak tudi izboljša izgled in privlačnost urbanih področij. S tem pa lahko privabi več obiskovalcev na taka

področja, kar posledično lahko pomeni tudi določen pozitiven učinek na ekonomijo tega področja.

Poleg boljši energetske učinkovitosti cestne razsvetljave se veliko pozornosti posveča tudi njeni večji okoljski sprejemljivosti oziroma zmanjševanju svetlobnega onesnaževanja. Pod svetlobnim onesnaževanjem največkrat razumemo prekomerno, napačno usmerjeno ali motečo umetno svetlobo, ki jo proizvaja cestna in druga (zunanja) razsvetljava zaradi človeških dejavnosti in ki posega v naravno ali bivalno okolje. Svetlobno onesnaženje ima škodljive učinke na okolje, torej na ljudi, živali in rastline. V nadaljevanju je predstavljenih še nekaj trendov, povezanih z zmanjševanjem svetlobnega onesnaževanja:

- Zastiranje in usmerjanje svetlobe: uporaba dobro konstruiranih optičnih delov svetilk omogoča usmerjanje svetlobe samo na površine, kjer jo potrebujemo za zagotavljanje ustrezne vidljivosti. S tem se zmanjša količina svetlobe, ki se razprši v okolje (svetlobno onesnaženje), posledično pa tudi poraba energije. Tako lahko dosežemo boljšo vidljivost udeležencev v prometu ob hkratnem zmanjšanju svetlobnega onesnaženja in porabe električne energije.
- Pametna razsvetljava: krmiljenje svetlobnega toka pri pametni razsvetljavi in njegovo prilagajanje prometnim razmeram na osvetljeni površini, npr. zmanjšanje svetlobnega toka ob zmanjšanem prometu ali številu različnih udeležencev v prometu. S tem zmanjšamo porabo energije za cestno razsvetljava pa tudi svetlobno onesnaženje, ki ga razsvetljava povzroča, pri tem pa ne zmanjšamo tudi prometne varnosti.
- Barvna temperatura svetlobe: različne raziskave so potrdile, da ima svetloba različnih valovnih dolžin različne vplive na ljudi kot tudi na naravo. V večini primerov se vpliv zmanjšuje z naraščanje valovne dolžine svetlobe. Toplo bela (nižja barvna temperatura) ali celo oranžna (amber) svetloba je zato bolj primerna kot bolj modrikasta (hladno bela) svetloba. Posledično vse več držav omejuje barvno temperaturo svetlobe, ki se lahko uporablja za cestno razsvetljava na 3000 K ali celo manj.
- Parki temnega neba: v svetu se ustanavlja vse več parkov s temnim nebom, kjer se poskuša svetlobno onesnaževanje zmanjšati na najmanjšo možno mero ali celo odpraviti. Namen teh področij je zaščititi in ohraniti naravno temo za opazovanje zvezd, divje živali in dobro počutje ljudi.

Oba glavna trenda v cestni razsvetljavi: zmanjševanje porabe električne energije in zmanjševanje svetlobnega onesnaževanja se medsebojno podpirata in dopolnjujeta. Z uporabo LED tehnologije, boljših svetilk in bolj premišljene uporabe z vključevanjem krmiljenja svetlobnega toka... se zmanjšuje tako poraba električne energije kot tudi svetlobno onesnaževanje. Pri tem pa je vseeno mogoče ohraniti ali celo izboljšati varnost na osvetljenih površinah.

11 Referenčna dokumentacija

- SIST-TP CEN/TR 13201-1 Cestna razsvetljava – 1. del: Izbor razredov za razsvetljava
- SIST EN 13201-2 Cestna razsvetljava – 2. del: Zahtevane lastnosti
- SIST EN 13201-3 Cestna razsvetljava – 3. del: Izračun lastnosti
- SIST EN 13201-4 Cestna razsvetljava – 4. del: Metode za merjenje lastnosti razsvetljave
- SIST EN 13201-5 Cestna razsvetljava – 5. del: Kazalniki energijske učinkovitosti
- BS 5489-1: 2020 – TC Design of road lighting – Lighting of roads and public amenity areas – Code of practice
- DIN 13201-1: 2005-11 Strassenbeleuchtung - Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen
- SNR 13201-1: 2016-05 Strassenbeleuchtung - Teil 1: Leitfaden zur Auswahl der Beleuchtungsklassen

- UNI 11248: 2016 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche
- ÖNORM O 1055: 2017-09 Straßenbeleuchtung - Auswahl der Beleuchtungsklassen - Regeln zur Umsetzung des CEN/TR 13201-1
- Cestna razsvetljava in prometna signalizacija – Primeri okoljskih zahtev in meril, verzija 1.1, januar 2020 (se navezuje na ZeJN)
- Infrastruktura za pešce – Splošne usmeritve, ver. 1.01, avgust 2017
- Pravilnik o avtobusnih postajališčih (Uradni list RS, št. 106/11, 36/18 in 132/22 – ZCes-2)
- Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste (Uradni list RS, št. 86/09, 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2)
- Pravilnik o kolesarskih površinah (Uradni list RS, št. 36/18 in 132/22 – ZCes-2)
- Pravilnik o načinu označevanja javnih cest in o evidencah o javnih cestah in objektih na njih (Uradni list RS, št. 49/97, 2/04, 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2)
- Pravilnik o projektiranju cest (Uradni list RS, št. 91/05, 26/06, 109/10 – ZCes-1, 36/18 in 132/22 – ZCes-2)
- Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah (Uradni list RS, št. 99/15, 46/17, 59/18, 63/19, 150/21, 132/22 – ZCes-2 in 26/24)
- Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest (Uradni list RS, št. 38/16 in 132/22 – ZCes-2)
- Pravilnik o zaporah na cestah (Uradni list RS, št. 4/16 in 132/22 – ZCes-2)
- Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah (Uradni list RS, št. 7/12 in 132/22 – ZCes-2)
- Priročnik za cestno razsvetljava v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje, Ljubljana, marec 2019 (dostopno na: <https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Navodila-gradiva/Prometna-signalizacija/Prirocnik-za-cestno-razsvetljava-v-obmocju-prehodov-za-pesce-in-ali-kolesarje.pdf>)
- TSC 02.203: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa v nivojskih nesemaforiziranih križiščih
- TSPI-PGV.03.320: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Površine za pešce
- TSPI-PGV.03.244: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Križna križišča
- TSPI-PGV.03.245: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Križna križišča s spiralnim tokom
- TSC 03.800: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa
- TSPI – PGV.03.244: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča
- TSPI – PGV.03.245: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča s spiralnim potekom
- TSPI - PGV.03.320:2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Površine za pešce
- TSG-V-006: 2018 Razvrščanje objektov
- Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Uradni list RS, št. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13 in 44/22 – ZVO-2)
- Uredba o zelenem javnem naročanju (Uradni list RS, št. 51/17, 64/19 in 121/21)
- Zakon o cestah – ZCes-2 (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE)

12 Literatura

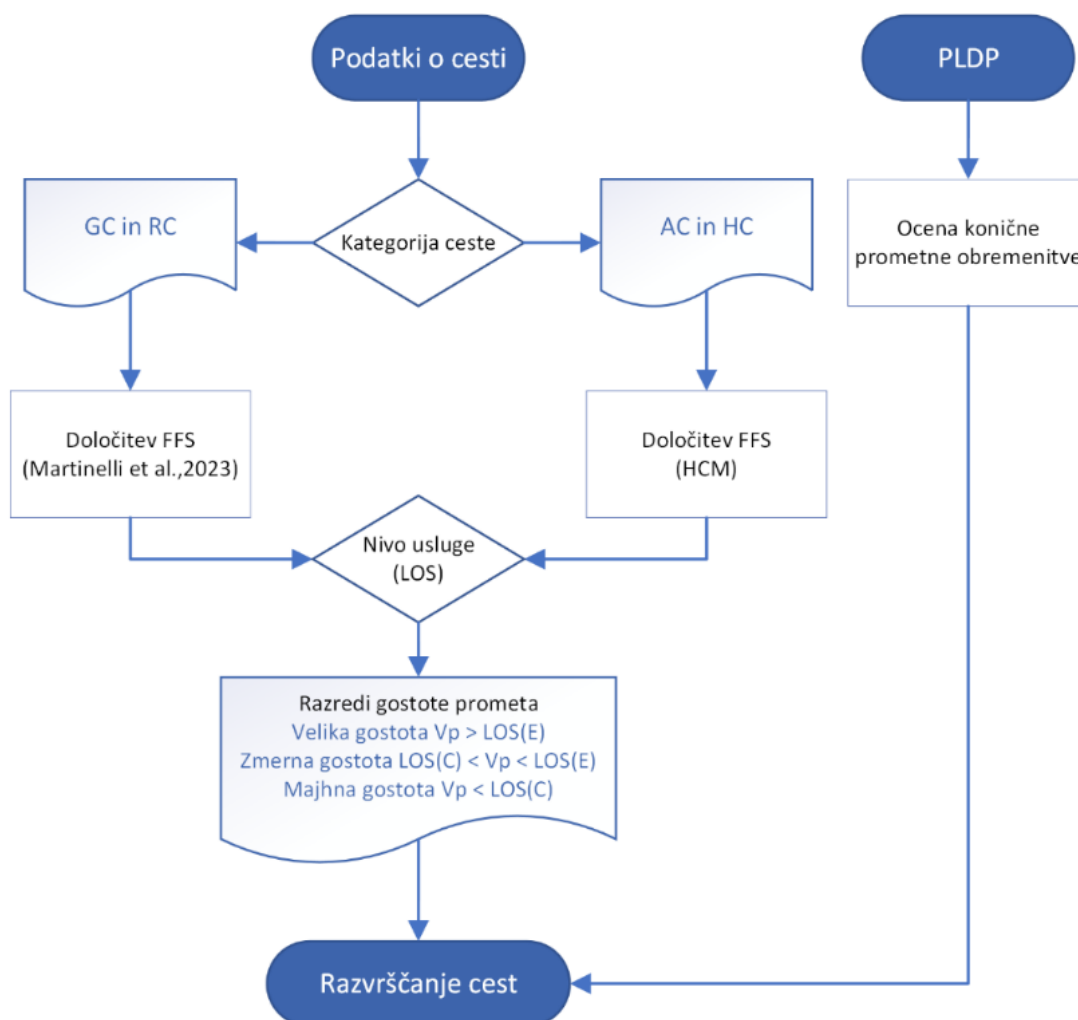
- [1] P. R. Boyce, Lighting for driving: Roads, Vehicles, Signs, and Signals, CRC Press, 2008

- [2] D. Schreuder, Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception, Springer Science + Business Media B.V., 2010
- [3] W. van Bommel, Road Lighting: Fundamentals, Technology and Application, Springer International Publishing Switzerland, 2015
- [4] L. Djokic in M. Kostic, Urban Lighting – From Basics To Applications, 1. izd. Belgrade, Serbia: SoftLight Projects, 2022
- [5] agi32.com
- [6] Subasish Das et al., Severity analysis of tree and utility pole crashes: Applying fast and frugal heuristics, IATSS Research 44 (2020) 85-93
- [7] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Utility Pole Crashes (https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/strat_approach/brochure/docs/FHWA-SA-21-024_Utility_Pole_Crashes.pdf)
- [8] Vesna Rovšek et al., Identifying the key risk factors of traffic accident injury severity on slovenian roads using a non-parametric classification tree, Transport, 2017, volume 32(3): 272-281, doi:10.3846/16484142.2014.915581
- [9] N. Ispas et al., Analysis of car's frontal collision against pole, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 252 (2017) 012012 doi:10.1088/1757-899X/252/1/012012

PRILOGA A: Ocena obremenjenosti ceste glede na kapaciteto

1 Uvod

Metodologija ocene obremenjenosti ceste je sestavljena iz dveh delov, in sicer iz določanja mejnih kapacitet glede na standardne kategorije cest in na določanje konične obremenitve na podlagi PLDP. Temelji na podlagi statističnih podatkov, ki upoštevajo dnevna nihanja prometa, in na podlagi tipičnih geometrij ceste. Vedno pa so možna odstopanja, saj precej cest določene kategorije ne dosega standardov, ki bi bili upoštevani, če bi bile ceste zgrajene danes (npr. gorske ceste), medtem ko nekatere ceste odstopajo od tipičnih profilov glede na dimenzije (npr. avtocesta A5, Maribor – Pince). Metoda je primerna za oceno obremenjenosti cest izven naselij, na odsekih, kjer promet ni reguliran s semaforiziranimi križišči, saj v tem primeru kapaciteta ceste pade glede na prioriteto vozne smeri v programu semaforja, pogosto celo na 40 % kapacitete, ocenjene za neregulirano prednostno cesto.



Slika A.1: Povzetek metodologije.

Metodologija ocene obremenjenosti ceste, ki je povzeta po "Highwas Capacity Manual" [A2] je prikazana na sliki A.1. Najprej izračunamo hitrost prostega prometnega toka. Na podlagi te hitrosti

in gostote prometa lahko cesto uvrstimo v ustrezen nivo usluge (Level of Service – LOS). Uvrstitev v nivo usluge pa nam da podatek o obremenitvi ceste.

2 Določitev mejnih obremenitev preko nivojev usluge

2.1 Izračun hitrosti prostega prometnega toka za AC in HC

Izračun hitrosti prostega prometnega toka (FFS) za avtoceste (AC) in hitre ceste (HC) zahteva uporabo več različnih parametrov in podatkov. V nadaljevanju so predstavljeni koraki in potrebni podatki za izračun FFS ter primeri uporabe enačb in tabel. Izračun je podrobno opisan v HCM (Highway Capacity Manual – Priročnik o zmogljivosti avtocest) [A2]

Tabela A.1: Parametri za določanje kapacitete AC in HC.

Geometrijski podatki za osnovni odsek avtoceste in hitre ceste		
Zahtevani podatki in enote	Potencialni viri podatkov	Predlagana privzeta vrednost
Hitrost prostega prometnega toka, tj. FFS (km/h)	Neposredne meritve hitrosti, ocena iz načrtovane hitrosti ali omejitev hitrosti	Osnovna hitrost prostega prometnega toka: omejitev hitrosti +8 km/h Za ceste v razponu hitrosti 90–130 km/h
Število prometnih pasov v eno smer na avtocesti (št)	Popis cest, posnetek iz zraka	Minimalno 2 vozna pasova
Širina voznega pasu (m)	Popis cest, posnetek iz zraka	V razponu od 3,0 m do 3,75 m
Širina desnega robnega pasu (m)	Popis cest, posnetek iz zraka	V razponu od 0 m do 3,0 m
Skupna gostota ramp (uvozi/izvozi) na določeni razdalji (ramp/km)	Popis cest, posnetek iz zraka	V razponu 0-6 ramp/km
Vrsta in potek terena (ravninski, hribovit, določen naklon, tj. dolžina in velikost naklona)	Načrt ceste, analitična presoja	Podatek se mora zagotoviti

Podatki, ki jih potrebujemo za analizo odsekov AC in HC (in avtoceste brez odstavnega pasu):

- hitrost prostega prometnega toka (FFS), v razponu od 90 km/h do 130 km/h,
- število prometnih pasov v eni smeri (min. 2),
- širina prometnih pasov (v razponu od 3 m do 3,75 m),
- širina desnega robnega pasu (v razponu od 0 do 3 m in več),
- gostoto ramp na določeni razdalji (v razponu od 0–6 ramp/miljo oz. 0–6 ramp/1,6 km)
- vrsta in potek terena (ravninski, hribovit teren),

Hitrost prostega prometnega toka za osnovni odsek avtoceste (če ni izmerjena) lahko ocenimo po naslednji enačbi:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{RLC} - (19,44 \cdot TRD^{0,84}) \text{ (km/h)}$$

Kjer je:

FFS hitrost prostega prometnega toka [km/h]

BFFS hitrost za osnovni odsek avtocestnega odseka [km/h]

f_{LW}	faktor vpliva širine prometnih pasov [km/h]
f_{RLC}	faktor vpliva bočnih ovir [km/h]
TRD	povprečna gostota ramp v dolžini treh milj levo in desno od analiziranega prereza [št. ramp/km]

Tabela A.2 prikazuje, kako širina voznega pasu vpliva na zmanjšanje hitrosti prostega prometnega toka (FFS). Če je torej povprečna širina voznega pasu $\geq 3,6$ m, ni zmanjšanja hitrosti FFS. Če je povprečna širina voznega pasu med 3,3 m in 3,6 m, se hitrost FFS zmanjša za 1,9 km/h. Če je povprečna širina voznega pasu med 3,0 m in 3,3 m, se hitrost FFS zmanjša za 6,6 km/h.

Tabela A.2: Faktor vpliva širine prometnih pasov.

Povprečna širina voznega pasu (m)	Zmanjšanje FFS (f_{LW}) (km/h)
$\geq 3,6$	0,0
$\geq 3,3 - 3,6$	1,9
$\geq 3,0 - 3,3$	6,6

Tabela A.3 prikazuje, kako bočne ovire (npr. bližina objektov ali drugih cestnih elementov) vplivajo na zmanjšanje hitrosti prostega prometnega toka (FFS), glede na število prometnih pasov.

Tabela A.3: Faktor vpliva bočnih ovir.

Bočna razdalja - vpliv bočnih ovir (m)	Število prometnih pasov v eno smer Zmanjšanje FFS (km/h) (f_{RLC})			
	2	3	4	5
$\geq 1,8$	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	0,6	0,4	0,2	0,1
1,2	1,2	0,8	0,4	0,2
0,9	1,8	1,2	0,6	0,3
0,6	2,4	1,6	0,8	0,4
0,3	3,0	2,0	1,0	0,5
0	3,6	2,4	1,2	0,6

Predstavljene tabele in enačba omogočajo izračun hitrosti prostega prometnega toka (FFS) za avtoceste in hitre ceste, pri čemer se upoštevajo različni geometrijski in prometni dejavniki. Uporaba teh podatkov in faktorjev omogoča natančno oceno FFS, kar je ključno za načrtovanje in analizo cestne infrastrukture in pripadajoče cestne razsvetljave.

2.2 Izračun prostega prometnega toka za G, R in RT ceste

Glavne, regionalne in turistične ceste imajo precej raznolike gabarite, širine vozišča in krivine, kar pomeni, da je težko oceniti hitrost prostega prometnega toka po formulah iz HCM-ja, saj so te prvenstveno prilagojene za avtoceste. Zato smo se odločili, da uporabimo model 2 iz članka Martinelli et al. [A3], ki je bil razvit na podlagi analize hitrosti prostega toka na regionalnih in lokalnih cestah v Italiji, ki imajo dokaj podobne značilnosti kot slovenske ceste.

Po tem modelu lahko hitrost prostega toka ocenimo s pomočjo enačbe:

$$FFS = 69,06 - 1491,22 * CCR_m + 1,54 * RSW + 2,25 * PRS + 11,6 * NL - 1,45 * NA - 1,45 * FO + 5,06 * MMv - 8,17 * EMv + 0,23 * \frac{CAR}{PF} + 5,05 * \frac{PF}{MC} + 5,34 * MT$$

Tabela A.4 opisuje spremenljivke in njihove enote, ki jih potrebujemo za izračun hitrosti prostega toka. Model Martinelli [A3] ponuja prilagojeno metodo za ocenjevanje hitrosti prostega toka na glavnih, regionalnih in turističnih cestah. Ta metoda upošteva specifične značilnosti teh cest, kot so ukrivljenost, širina bankine, število prometnih pasov in druge pomembne dejavnike. Z uporabo te metode lahko pridobimo bolj točne ocene FFS za ceste, ki se po geometrijskih lastnostih razlikujejo od AC in HC.

Tabela A.4: Parametri modela Martinelli et al.

Simbol	Parameter	Enote	Opis
CCR_m	povprečna krivina	rad/m	Krivino ovinka izračunamo iz razmerja dolžine poti in spremembe kota smeri vozišča. Na primer, ovinek dolžine 157 m in s kotom 90° predstavlja radij 100 m. Ukrivljenost ovinka znaša 0,01. Poenostavljeno lahko krivino izračunamo tudi s pomočjo recipročne vrednosti radija ovinka. Če taki ovinki obsegajo 10 % celotne ceste, je povprečna krivina potem 0,001. Podrobnejša razlaga je podana v [A3]
RSW	širina bankine	m	Širina bankine
PRS	širina pasu	m	Širina asfaltiranega stranskega pasu
NL	število pasov / smer	-	
NA	število dovozov	km ⁻¹	Število uvozov / dovozov na km
FO	prepoved prehitavanja	%	Odstotki odseka s prepovedanim prehitavanjem
MMv	vidna sredinska črta	-	1 – vidna, 0 – ni vidna
EMv	vidna stranska črta	-	1 – vidna, 0 – ni vidna
CAR/PF	odstotek osebnih vozil	%	Pri ocenah smo uporabili povprečno vrednost na vseh cestah brez AC in HC – 86%.
PF/MC	obremenitev	-	razmerje med pretokom in kapaciteto ceste. Za oceno FFS je predlagana privzeta vrednost 0,34.
MT	tip terena	-	1 – hribovit, 0 – ravninski

2.3 Določitev mejnih prometnih obremenitev iz hitrosti prostega prometnega toka

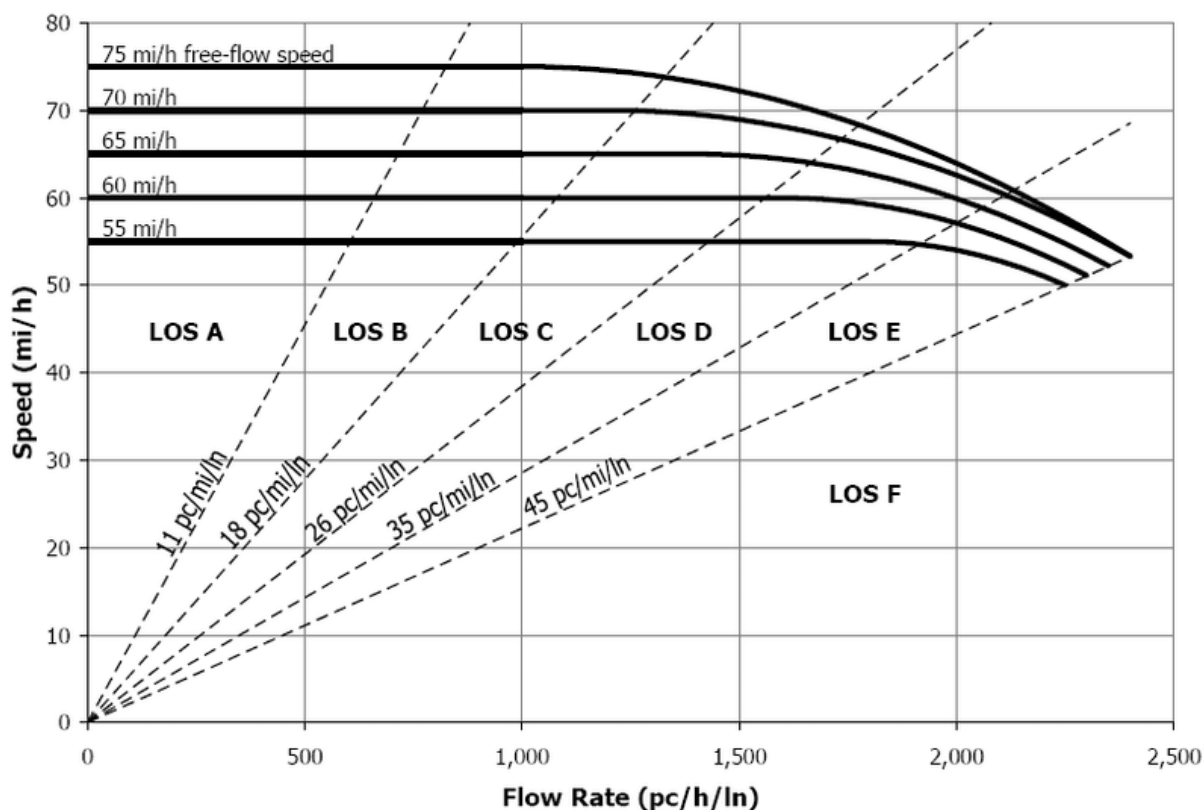
Določitev mejnih prometnih obremenitev temelji na HCM metodologiji nivojev usluge. Nivoji usluge (angl. LOS, Level Of Service) so razdeljeni v razrede med A in F, kjer lahko posamezen razred opišemo takole:

- LOS A: prost prometni tok. Prisotnost drugih vozil na cestnem odseku na uporabnike praktično ne vpliva. Izbira hitrosti in manevrskih sposobnosti je prosta. Promet lahko poteka s hitrostjo, ki je blizu ali celo nad omejitvijo in vozniki imajo popolno mobilnost med pasovi. Povprečna razdalja med vozili je okoli 167 m ali 27 dolžin avtomobila. Posledice nesreč ali okvar se zlahka absorbirajo. Raven udobja udeležencev v prometu je odlična, saj vozniki

potrebujejo minimalno pozornosti. LOS A se običajno pojavi pozno zvečer v mestnih območjih in pogosto na podeželju.

- LOS B: razmeroma prost prometni tok oziroma enakomeren promet. Prisotnost drugih vozil začne vplivati na obnašanje posameznih voznikov. Izbira hitrosti je prosta, vendar se možnost manevriranja nekoliko zmanjša. Najkrajša povprečna razdalja med vozili je okoli 100 m ali 16 dolžin avtomobila. Udobje udeležencev v prometu je še vedno odlično, saj morajo vozniki paziti samo na bližnja vozila.
- LOS C: stabilen pretok prometa pri prostem pretoku ali blizu njega. Promet je enakomeren, vendar omejen. Prisotnost drugih vozil vpliva na voznike. To vpliva na izbiro hitrosti in manevriranje, ki zahteva previdnost. Zmožnost menjave voznega pasu je opazno omejena, in zahteva večjo pozornost voznika. Najmanjša razdalja med vozili je okoli 67 m ali 11 dolžin avtomobila. Raven udobja na tej ravni hitro pade, ker imajo vozniki vedno večji vtis, da so ujeti med druga vozila. Večina izkušenih voznikov se počuti udobno, obremenitev ceste je še vedno pod, vendar blizu zmogljivosti, hitrost prometa se ohranja. Manjši incidenti morda še vedno ne bodo povzročili zastojev, nesreče ali okvare vozil pa imajo že lahko opazne učinke in lahko povzročijo zamude v prometu. To je ciljni LOS za nekatere mestne in večino podeželskih avtocest.
- LOS D: stalen promet pri visoki gostoti, ki pa se že približuje nestabilnemu toku. Hitrost in možnost manevriranja se zmanjšujeta s povečano gostoto prometa. Vozila so razmeroma blizu drug drugemu (50 m ali 8 dolžin avtomobila). Raven udobja za udeležence v prometu je nizka, saj se je treba nenehno izogibati trčenju z drugimi vozili. Rahlo povečanje prometa lahko povzroči nekatere težave pri delovanju in zasiči omrežje. Že manjši incidenti bodo povzročili zamude v prometu. Primer je obremenitev cest v nakupovalnem središču sredi delavnika ali funkcionalna mestna avtocesta med prometno konico (čas vožnje na delo in z dela). To je običajno načrtovani nivo usluge za mestne ulice v konicah, saj bi doseganje LOS C zahtevalo previsoke stroške in npr. potrebo po dodajanju pasov na obvoznicah.
- LOS E: nestabilen prometni tok, govorimo lahko o nasičenosti prometa, cesta je lahko že preko meje zmogljivosti. Na spodnji meji gostote prometa tega razreda je hitrost še enotna ampak nizka. Kasneje postane prometni tok neenakomeren in hitrost se hitro zmanjšuje, ker praktično ni uporabnih vrzeli za manevriranje v prometnem toku. Manevriranje je možno samo ob omejevanju drugega vozila. Hitrosti redko dosežejo objavljeno omejitev. Razdalja med vozili je približno 37 m ali 6 dolžin avtomobilov. Kakršna koli motnja v prometnem toku, kot je združevanje prometa po uvozi ali zmanjševanje števila prometnih pasov, bo povzročila udarni val, ki bo vplival na promet za mestom motnje. Vsak incident bo povzročil resne zamude. Stopnja udobja udeležencev v prometu postane nizka, udeleženci so v stanju frustracije.
- LOS F: prisilni ali prekinjeni prometni tok, zastoji. Nestabilna hitrost z nastajanjem čakalnih vrst na več točkah. Cikli postankov in vožnje brez očitnega vzorca, ker jih ustvari vedenje drugih voznikov. Vsako vozilo se premika v koraku z vozilom pred seboj, pri čemer je potrebno pogosto upočasnjevanje. Za uporabnika je potrebna visoka stopnja pozornosti, praktično brez udobja. Gostota prometa je nad projektirano zmogljivostjo. V LOS F bi spadala cesta v stalnem prometnem zastoju, glede na to, da se cesta v LOS razvrsti glede na povprečno in ne trenutno stanje prometa.

Slika A.2 predstavlja nivoje usluge, ki so določeni glede na mejno gostoto prometnega toka na prometni pas. Kot maksimalno kapaciteto ceste lahko smatramo gostoto prometa, pri kateri promet še teče stabilno v prostem prometnem toku. Maksimalna kapaciteta je torej presežena, ko nivo usluge (LOS) preide v D in višje. Na podlagi tega lahko gostoto prometa opišemo kot nizko v LOS A, kot zmerno v LOS B in kot visoko v LOS C in višje. Razdelitev je prikazana v tabeli A5.



Slika A.2: Odvisnost mejnega pretoka od hitrosti prostega toka.

Tabela A.5 prikazuje mejne gostote prometnega toka, ki se uporabljajo za določitev nivoja usluge (LOS). V tabeli je obremenitev izražena kot EOJ/km, pri čemer EOJ pomeni ekvivalent osebni vozil. EOJ se uporablja zato, da lahko pretvorimo različne vrste vozil v enakovredna osebna vozila. Namen tega je olajšati analizo in modeliranje prometnih tokov, saj različna vozila (npr. tovornjaki, avtobusi, motorna kolesa) različno vplivajo na prometni tok. Po HCM metodologiji je EOJ izražen glede na tip terena (Tabela A.7).

Tabela A.5: Mejne gostote prometnega toka.

Gostota prometa	LOS	od		do	
Nizka	A			11 EOJ/mi/pas	7 EOJ/km/pas
Srednja	B	11 EOJ/mi/pas	7 EOJ/km/pas	18 EOJ/mi/pas	11 EOJ/km/pas
Visoka	C	18 EOJ/mi/pas	11 EOJ/km/pas	29 EOJ/mi/pas	16 EOJ/km/pas
	D	26 EOJ/mi/pas	16 EOJ/km/pas	35 EOJ/mi/pas	22 EOJ/km/pas
	E	35 EOJ/mi/pas	22 EOJ/km/pas	45 EOJ/mi/pas	28 EOJ/km/pas
	F	45 EOJ/mi/pas	28 EOJ/km/pas		

Tipične vrednosti za glavne kategorije cest so prikazane v Tabela A.6. Mejni prometni tok (vozila/h/pas – zaokrožen na 5) je določen z nivoji uslug (LOS), in sicer LOS C, LOS D, LOS E in LOS F nakazujejo na visoko gostoto prometa; LOS B nakazuje na zmerno gostoto prometa; na nizko

gostoto prometa pa nakazuje LOS A. Pomembno je upoštevati, da če cesta po dimenzijah in krivinah bistveno odstopa od tipične ceste za določeno kategorijo, je potreben specifični izračun po HCM ali Martinelli. Tipične vrednosti *FFS* za AC in HC so bile tako določene s pomočjo enačbe HCM, za ostale kategorije cest pa po modelu Martinelli.

Tabela A.6: Mejni prometni pretoki za standardne kategorije cest (velja za en pas v eno smer).

	tipična širina pasov v	št. pasov / smer	min. radij (m)	maksimalna ukrivljenost (rad/m)	povprečna ukrivljenost (rad/m)	robni pas (m)	bankina (m)	bankina + robnik (m)	<i>FFS</i> (km/h)	<i>FFS</i> (mph)	Nizka gostota prometa do pretoka (LOS A)	Zmerna gostota prometa do pretoka (LOS B)	delež dnevnega prometa v konični uri
AC	3,75	2				2,5	1	3,5	129	80	905	1420	0,08
HC	3,5	2				2,5	1	3,5	95	59	665	1045	0,08
G1	3,5	1	60	0,017	0,0017	0,5	1	1,5	90	56	630	990	0,1
G2	3	1	25	0,040	0,0040	0,25	1	1,25	86	54	600	945	0,1
R1	3	1	20	0,050	0,0050	0,25	1	1,25	85	53	590	930	0,1
R2	3	1	20	0,050	0,0050	0,25	1	1,25	83	52	580	915	0,1
R3	3	1	17	0,059	0,0059	0,25	1	1,25	80	50	565	885	0,1
RT	2,75	1	10	0,100	0,0200	0	0,75	0,75	58	36	410	640	0,1

3 Ocena prilagojene prometne obremenitve

3.1 Prilagojena prometna obremenitev

Prilagojena prometna obremenitev je ključni parameter, ki omogoča natančno ocenjevanje prometne obremenitve na podlagi dejanskega števila in vrste vozil, ki uporabljajo cesto. Ta parameter je izračunan z uporabo več faktorjev, ki upoštevajo časovne vzorce prometa, število prometnih pasov in delež tovornih vozil. Prilagojena prometna obremenitev ocenjuje gostoto prometnega toka, ki je razvrščena v tri mejne vrednosti, kot to prikazuje Tabela A.5. Prilagojeno prometno obremenitev lahko izračunamo po enačbi:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N_p \cdot f_{HV}}$$

Kjer je:

V_p prilagojena prometna obremenitev [EOV/h/pas],

V merodajne prometne obremenitve [voz/h],*

PHF faktor konične ure,

N_p število prometnih pasov v eni smeri,

f_{HV} prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil,

* Iz tabele PLDP se vzame prometna obremenitev za števec prometa PLDP voz/dan (smer 1 in smer 2 skupaj), in ta vrednost se deli z 2 (ker števec podatke meri obe smeri). Dobljeno vrednost PLDP nato pomnožimo s faktorjem k , ki predstavlja faktor urne distribucije prometnih obremenitev. Ta faktor se določi s pomočjo kriterija prometnih konic, ki je običajno med 0,10 in 0,13 na AC in HC. Priporočljivo je, da vzamemo v izračun vrednost $k=0,1$ kar pomeni približno 10% PLDP. Vrednost V izračunamo kot:

$$V = \frac{PLDP}{2} * k$$

Pri izračunu prilagojene prometne obremenitve (V_p) je treba upoštevati delež tovornih vozil na določeni cesti in njihovo ustrezno pretvorbo v ekvivalente osebnih vozil glede na tip terena. V enačbi za izračun prilagojene prometne obremenitve je to upoštevano z prilagoditvenim faktorjem deleža tovornih vozil (f_{HV}), ki se izračuna po enačbi:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)}$$

Kjer je:

- f_{HV} prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil,
- P_t delež tovornih vozil (koeficient),
- E_t faktor za pretvorbo v ekvivalent osebnih vozil.

Vrednost faktorjev za pretvorbo v ekvivalent osebnega vozila E_t dobimo iz Tabela A.7. Na ravnem terenu je faktor za pretvorbo tovornih vozil in avtobusov v ekvivalente osebnih vozil 2,5. To pomeni, da en kamion ali avtobus na ravnem terenu vpliva na prometni tok enako kot 2,5 osebna vozila. Raven teren ima manjši vpliv na zmanjšanje hitrosti in pretočnost prometa, zato je vrednost faktorja nižja. Na hribovitem terenu je faktor za pretvorbo tovornih vozil in avtobusov v ekvivalente osebnih vozil 3. To pomeni, da en kamion ali avtobus na hribovitem terenu vpliva na prometni tok enako kot 3 osebna vozila. Hribovit teren povečuje vpliv težkih vozil na prometni tok zaradi večje potrebe po močnejšem zaviranju in pospeševanju ter večjega zmanjšanja hitrosti.

Tabela A.7: Vrednost faktorja za pretvorbo v ekvivalent osebnega vozila

Faktor za pretvorbo v ekvivalent osebnih vozil	Tip terena	
	Raven	Hribovit
E_t	2,5	3

3.2 Ocena vrednosti faktorja k za različne tipe cest

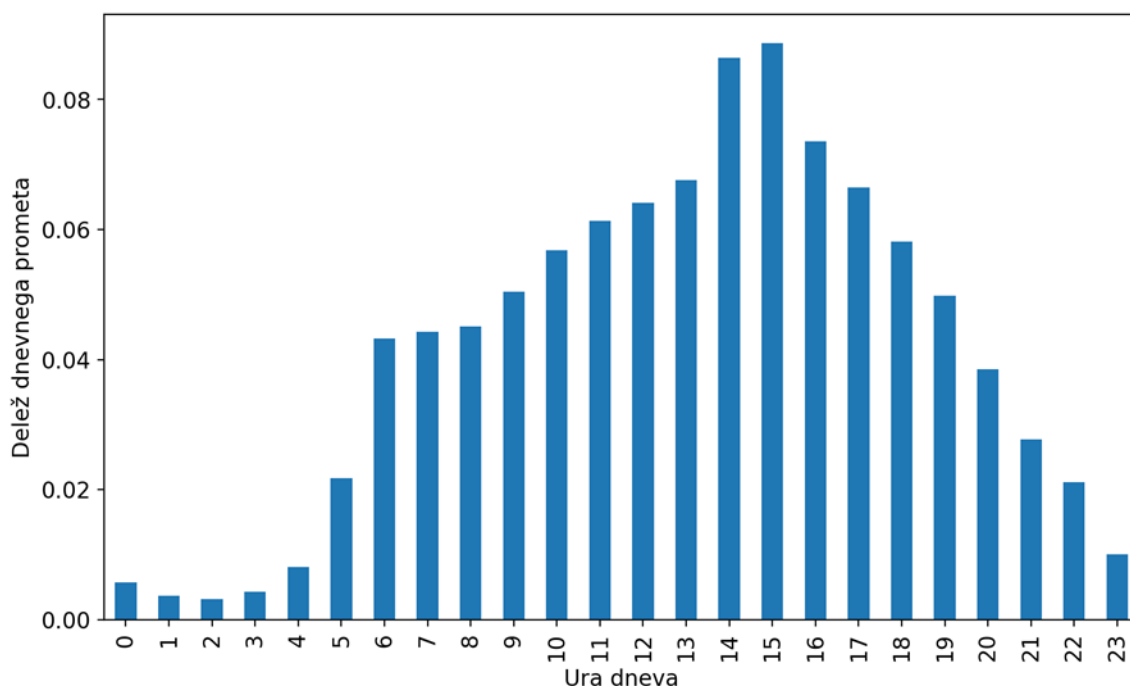
Vrednost PLDP je pridobljena iz celoletnega štetja prometa na določenih lokacijah in ne vsebuje podatkov o sezonskih, tedenskih in dnevnih nihanjih prometa. Kljub temu lahko iz podatkov ocenimo promet v konični uri, upoštevajoča dnevna nihanja, kjer so dobro razvidne prometne konice. Kot primer navajamo nekaj števnih mest in njihova dnevna nihanja s prikazom prometa po urah, in sicer za številna mesta, prikazana v Tabela A.8.

Tabela A.8: Obravnavana številna mesta in delež PLDP v konični uri.

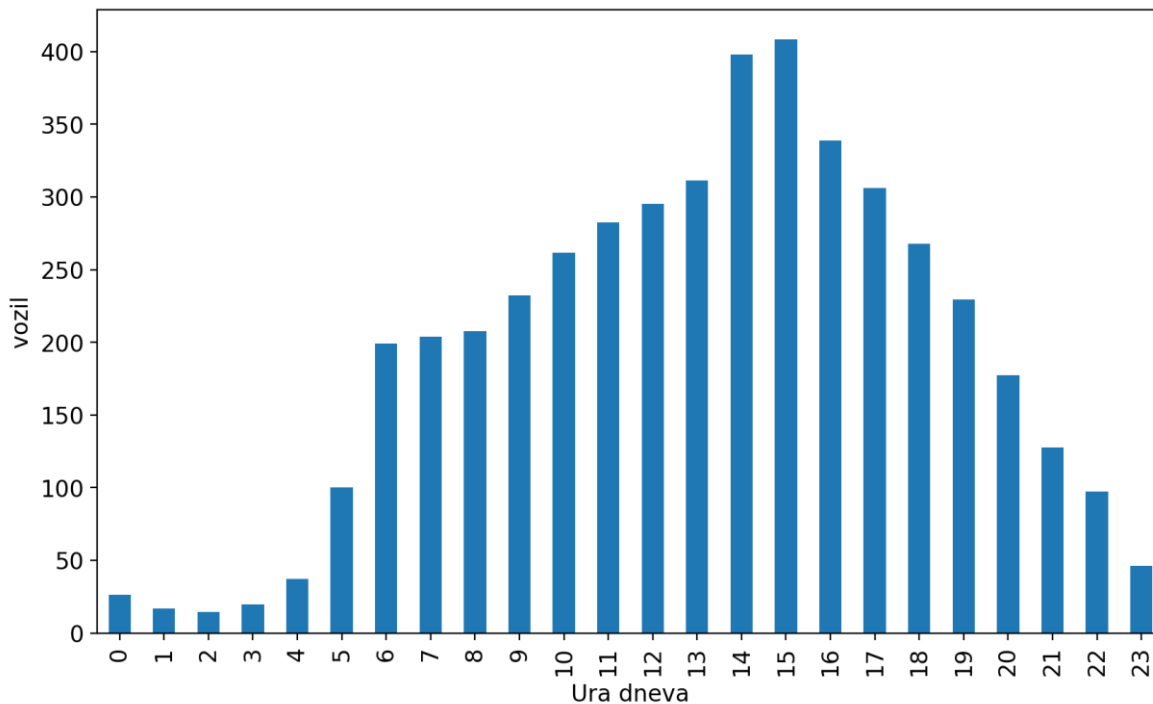
Odsek	Števno mesto	Kategorija ceste	Obdobje	Delež PLDP v konični uri (k faktor)
03283 Laško - Šmarjeta	580 Strmca	G1	1.1.2014 – 31.12.2019	0,089
03282 Celje - Laško	90 Kočnica	G1	1.1.2014 – 31.12.2019	0,092
12621 Črnova – Arja vas	133 Velika Pirešica	G1	1.1.2014 – 31.12.2019	0,086
Celovška cesta LJ	1028-180 Celovška	-	april 2016	0,074

A1	893 Ravne	AC	7.4.2022 – 7.4.2023	0,074
A1	0836 Jasovnik	AC	7.4.2022 – 7.4.2023	0,070

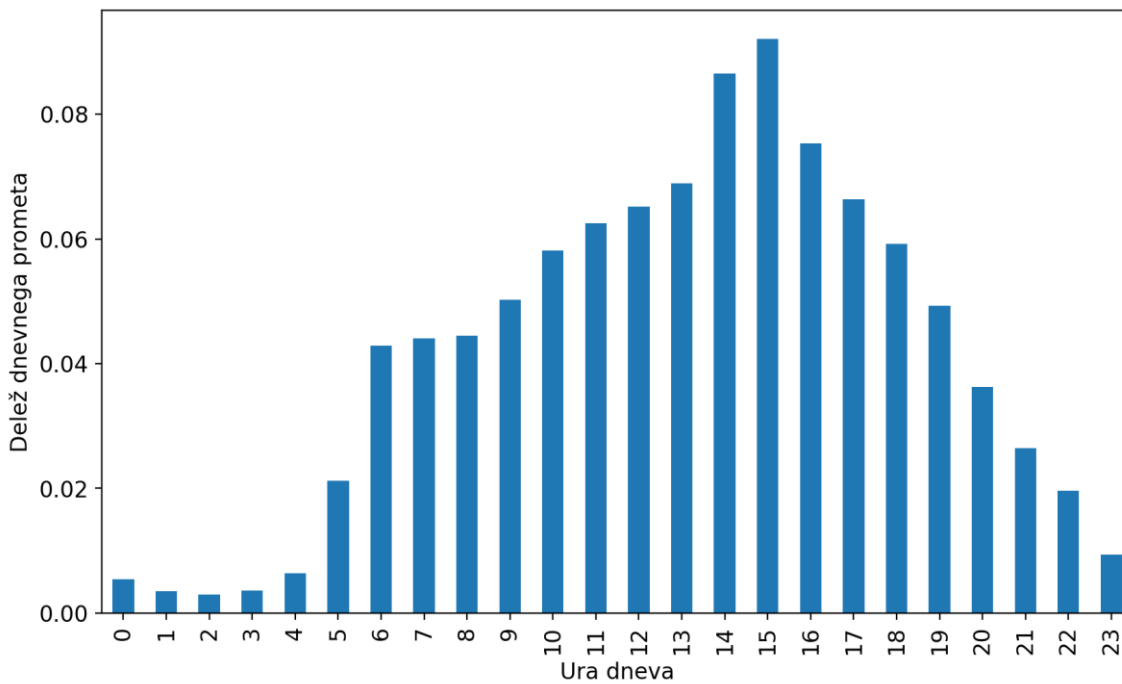
Na slikah A.4–A.7 vidimo urne porazdelitve prometa in delež dnevnega prometa ob določeni uri. Vzorci so podobni tako na mestnih odsekih, na avtocestah in na glavnih cestah izven naselij. So pa prisotne rahle razlike glede deleža PLDP v konični uri, in sicer so bile izračunane vrednosti med 0,070 in 0,092. Ceste, kjer je več prometa prisotnega tudi v nočnih urah, imajo nižji delež, medtem ko imajo ceste z večjim nihanjem (glavne ceste) višjo delež prometa v konični uri. Glede na rezultate za hitro ocenjevanje obremenjenosti posameznih odsekov priporočamo konzervativno uporabo faktorja $k = 0,1$, kar pomeni, da se 10 % dnevnega prometa izvede v konični uri.



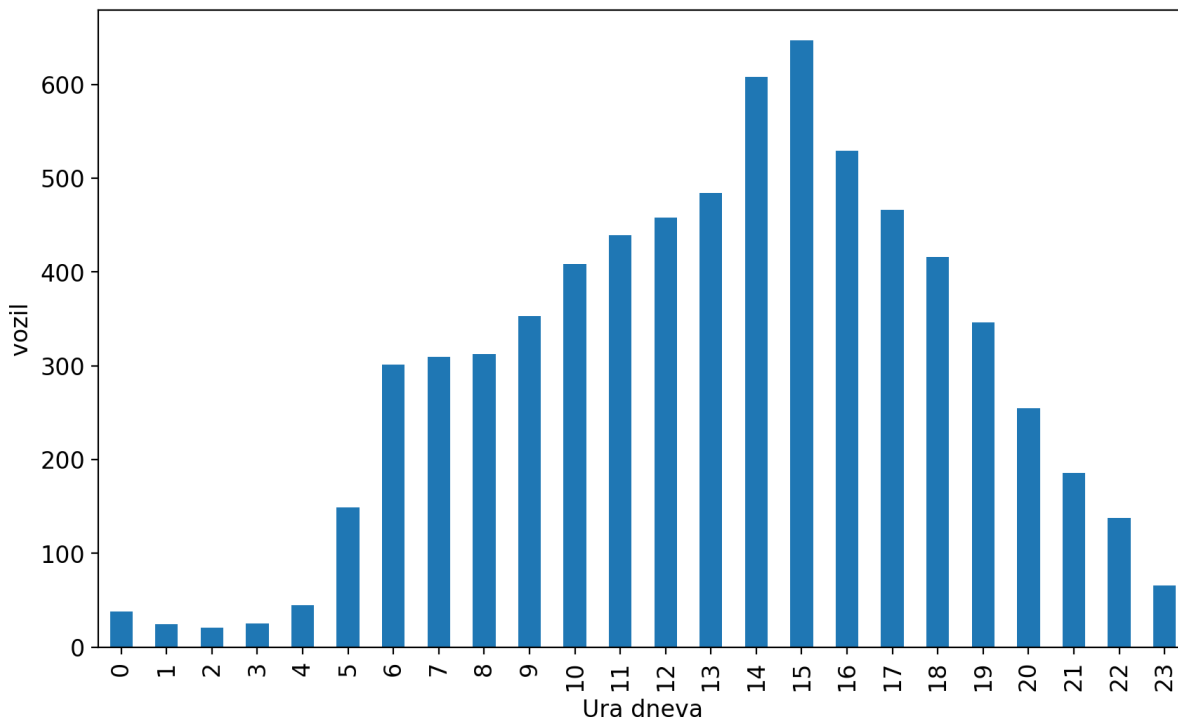
Slika A.3: Delež urnega prometa – Kočnica.



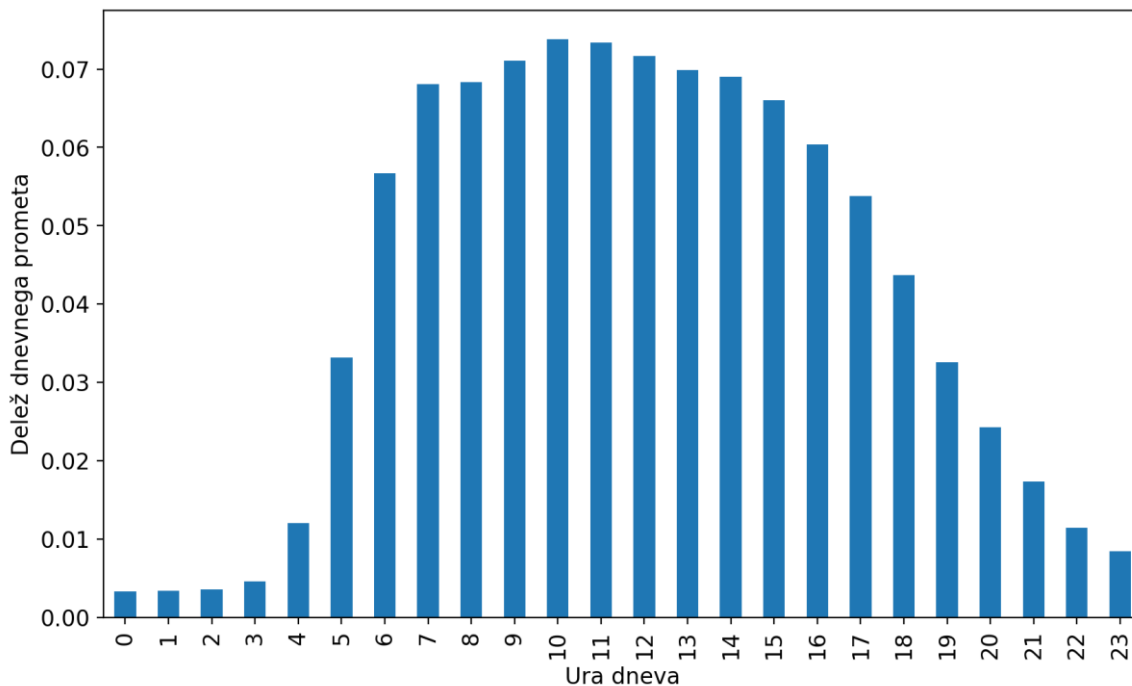
Slika A.4: Povprečni urni promet - Kočnica.



Slika A.5: Delež urnega prometa v PLDP - Strmca.



Slika A.6: Povprečno letno število vozil po urah - Strmca.

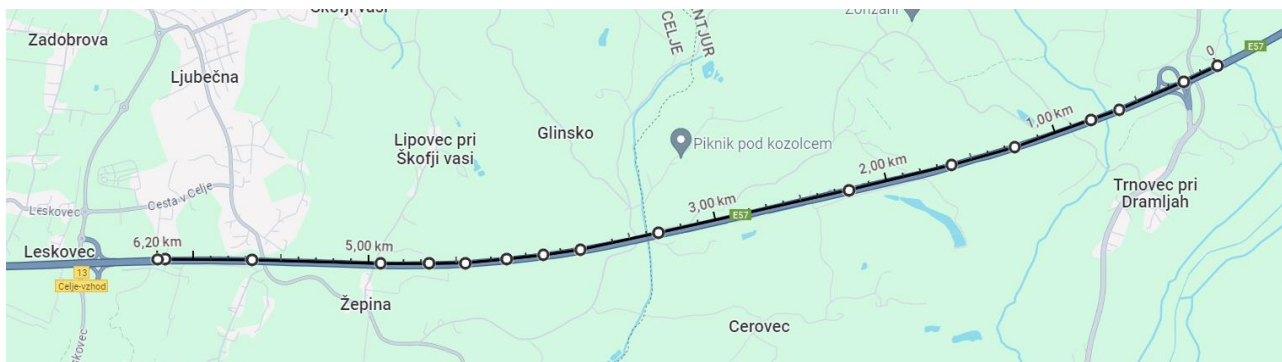


Slika A.7: Delež urnega prometa v PLDP - Ravne AC.

4 Primeri izračunov

4.1 Primer izračuna AC1:

Primer izračuna na cesti A1 Slovenske Konjice - Dramlje – Celje Vzhod (števec prometa: Pletovarje AC (896), Zima AC (1029)) dva vozna pasova v vsako smer, ki predstavljata osnovni odsek avtoceste.



Slika A.8: Odsek Dramlje – Celje Vzhod.

Ocenjena hitrost prostega prometnega toka se izračuna po naslednji enačbi:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{RLC} - (19,44 \cdot TRD^{0,84})$$

Kjer je:

- FFS hitrost prostega prometnega toka na odseku [km/h];
- $BFFS$ hitrost za osnovni odsek avtocestnega odseka je 130 km/h + 8 km/h = 138 km/h;
- f_{LW} faktor vpliva širine prometnih pasov [mi/h] razberemo iz Tabela A.2 in znaša 0, ker je širina voznega pasu 3,75 m (28. člen Pravilnik o projektiranju cest);
- f_{RLC} faktor vpliva bočnih ovir [km/h] razberemo iz Tabela A.3 in znaša 0, ker je širina odstavnega pasu 2,5 m, torej je širši od maksimalne širine 1,8 m (34. člen Pravilnika o projektiranju cest) in je število prometnih pasov 2;
- TRD povprečna gostota ramp v dolžini treh milj levo in desno od analiziranega prereza (št. ramp/3 milje). Upoštevamo, da so 3 milje = 4828 m, tj. cca 4,8 km. Dobimo, da sta 2 rampi/3 milje oz. $2/3 = 0,66$ ramp/miljo. Od tod dobimo $0,66/1,609 = 0,414$ ramp/km

Ocenjena hitrost prostega prometnega toka je po enačbi tako:

$$\begin{aligned} FFS &= BFFS - f_{LW} - f_{RLC} - (19,44 \cdot TRD^{0,84}) \\ FFS &= 138 - 0 - 0 - (19,44 \cdot 0,414^{0,84}) = \\ FFS &= 128,73 \frac{\text{km}}{\text{h}} \approx 129 \text{ km/h} \end{aligned}$$

Izračunana hitrost FFS ustreza standardni kategoriji cest AC, kot je predstavljeno v Tabela A.6.

Izračunamo faktor deleža tovornih vozil za odsek Slovenske Konjice - Dramlje po enačbi:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)}$$

Kjer je:

- f_{HV} prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil,
- P_t delež tovornih vozil (koeficient),

E_t faktor za pretvorbo v ekvivalent osebnih vozil (za ravninski teren vzamemo 2,5),

Delež tovornih vozil P_t je razmerje med številom tovornih vozil + avtobusov in ostalim prometom, Izračunamo ga po naslednji enačbi:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100 \quad (\%)$$

Kjer je:

N_t število tovornih vozil in avtobusov
 N število vseh vozil na odseku.

Izračun nam pove, kolikšen je delež tovornih vozil na obravnavanem odseku. Število tovornih vozil in avtobusov dobimo tako, da v tabeli A.9 seštejemo vse razen OV (osebni vozil) in motorjev.

Tabela A.9: PLDP Pletovarje AC (896) A1 (odsek Slovenske Konjice – Dramlje)

LETO	Vsa vozila PLDP	Motorji	OV	BUS	Lah. tov. <3,5 t	Sr. tov. 3,5–7 t	Tež. tov. nad 7 t	Tov. s prik.	Vlačilci
2022	39200	96	26849	205	4900	615	330	815	5390
Delež (%)	100	0,24	68,49	0,52	12,50	1,57	0,84	2,08	13,75

Izračunan delež tovornih vozil je:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100\% = \frac{12255}{39200} \cdot 100\% = 31,26 \%$$

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil je torej:

$$f_{HV} = \frac{1}{1+P_t(E_t-1)} = \frac{1}{1+0,3126 \cdot (2,5-1)} = 0,6808$$

Sedaj lahko izračunamo prilagoditev prometnih obremenitev za izbrani odsek Slovenske Konjice - Dramlje (števno mesto: Pletovarje AC - 896). Merodajna prometna obremenitev je izračuna s formulo iz poglavja 3.1 te priloge ob upoštevanju $k=0,1$.

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N_p \cdot f_{HV}}$$

$$V_p = \frac{1960}{0,85 \cdot 2 \cdot 0,6808} = 1693 \text{ EOV/h/pas}$$

Kjer je:

V_p prilagojena prometna obremenitev [EOV/h/pas],
 V merodajna prometna obremenitev [voz/h/smer]
 N_p število prometnih pasov v eni smeri,

Merodajno prometno obremenitev dobimo tako da vrednost PLDP iz števca prometa 39200 voz/dan delimo z 2 (ker je merjeno v dve smeri) in dobimo 19600 voz/dan. To pomnožimo s faktorjem k (faktor urne distribucije prometnih obremenitev, dobljen s pomočjo kriterija prometnih konic, ki je običajno na AC in HC med 0,10 in 0,13), pri čemer vzamemo $k = 0,1$ tj. cca 10 % in dobimo $V = 1960$ voz/h/smer.

Iz izračunane vrednosti prilagojene prometne obremenitve (1693 EO/h/pas) lahko izračunamo še število vozil na kilometer (prilagojeno gostoto vozil):

$$G_p = \frac{V_p}{FFS}$$

$$G_p = \frac{1693}{129} = 13,1 \text{ EO/h/pas}$$

Kjer je:

G_p prilagojena gostota vozil [EO/h/pas]
 V_p prilagojena prometna obremenitev [EO/h/pas],

Glede na izračunane vrednosti prilagojene prometne obremenitve V_p in prilagojene gostote vozil G_p lahko ob pomoči slike A.2 oziroma tabele A.5 odsek Slovenske Konjice – Dramlje uvrstimo v LOS C, torej je gostota prometa na tem odseku visoka.

Izračunamo še razmere na odseku Dramlje – Celje Vzhod

Tabela A.10: PLDP Zima AC (1029) A1 (odsek Dramlje – Celje Vzhod)

LETO	Vsa vozila PLDP	Motorji	OV	BUS	Lah. tov. <3,5 t	Sr. tov. 3,5–7 t	Tež. tov. nad 7 t	Tov. s prik.	Vlačilci
2022	42333	103	29424	213	5315	685	347	826	5420
Delež (%)	100	0,24	69,51	0,50	12,56	1,62	0,82	1,95	12,80

Delež tovornih vozil:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100\% = \frac{12806}{42333} \cdot 100\% = 30,25 \%$$

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil na odseku Zima (1029) je:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)} = \frac{1}{1 + 0,3025 \cdot (2,5 - 1)} = 0,6878$$

Prilagoditev prometnih obremenitev za izbrani odsek Dramlje – Celje Vzhod (števno mesto: Zima AC - 1029):

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N_p \cdot f_{HV}}$$

$$V_p = \frac{2116}{0,85 \cdot 2 \cdot 0,6878} = 1810 \text{ EO/h/pas}$$

Izračunamo še število vozil na kilometer (prilagojeno gostoto vozil):

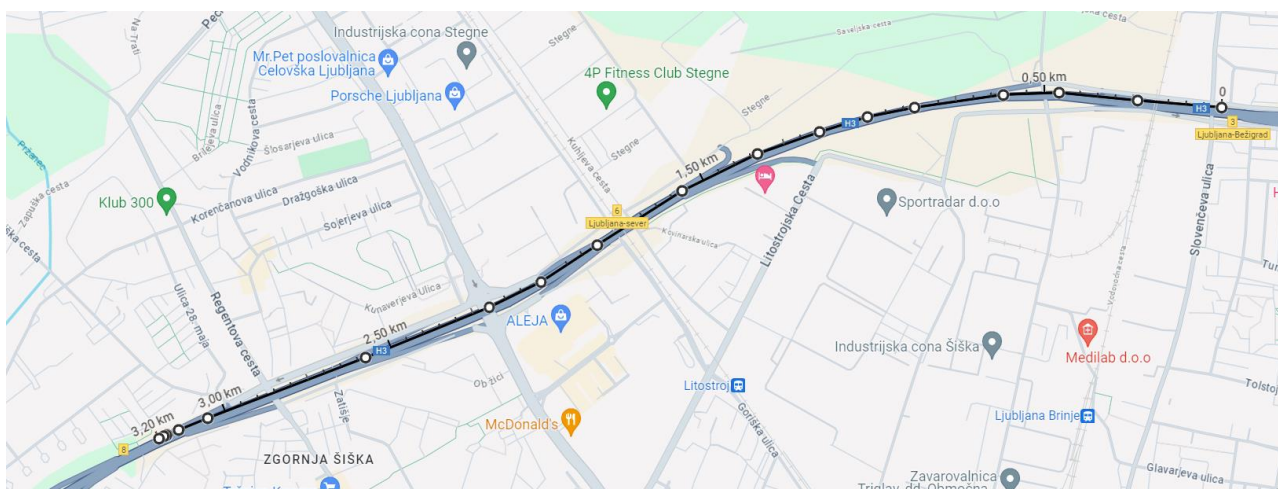
$$G_p = \frac{V_p}{FFS}$$

$$G_p = \frac{1810}{129} = 14,0 \text{ EO/h/pas}$$

Glede na razrede gostote prometnega toka po V_p oziroma G_p je tudi na tem odseku AC visoka gostota prometa, tj. LOS C.

4.2 Primer izračuna HC3:

Primer izračuna na HC3: Ljubljanska severna obvoznica: Savlje – Industrijska cona Šiška (števeno mesto: S Obvoznica (174)) – Celovška – Vodnikova – Podutik (števeno mesto: Dravlje HC (199)) dva vozna pasova, osnovni odsek hitre ceste je dolg 3,2 km.



Slika A.9: Odsek LJ Severna obvoznica.

Ocenjena hitrost prostega prometnega toka se izračuna po naslednji enačbi:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{RLC} - (19,44 \cdot TRD^{0,84})$$

Kjer je:

- FFS hitrost prostega prometnega toka na odseku [km/h];
- $BFFS$ hitrost za osnovni odsek avtocestnega odseka je 110 km/h + 8 km/h = 118 km/h;
- f_{LW} faktor vpliva širine prometnih pasov [mi/h] razberemo iz Tabela A.2 in znaša 0, ker je širina voznega pasu 3,5 m (28. člen Pravilnika o projektiranju cest);
- f_{RLC} faktor vpliva bočnih ovir [km/h] razberemo iz Tabela A.3 in znaša 0, ker je odstavní pas širok 2,5 m, torej je širši od maksimalne širine 1,8 m (34. člen Pravilnika o projektiranju cest) in je število prometnih pasov 2;
- TRD povprečna gostota ramp v dolžini treh milj levo in desno od analiziranega prereza (št. ramp/3 milje). Upoštevamo, da 3 milje = 4828 m tj. cca 4,8 km. Dobimo, da 6 ramp/3 milje oz. 6/3 = 2 rampi/miljo. Od tod dobimo 2/1,609 = 1,243 ramp/km

Ocenjena hitrost prostega prometnega toka je tako po enačbi:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{RLC} - (19,44 \cdot TRD^{0,84})$$

$$FFS = 118 - 0 - 0 - (19,44 \cdot 1,243^{0,84}) = \frac{94,66 \text{ km}}{h} \approx 95 \text{ km/h}$$

Izračunana hitrost FFS ustreza standardni kategoriji cest HC, kot je predstavljeno v Tabela A.6.

Izračunamo razmere na odseku LJ (Savlje – Industrijska cona Šiška), kjer se nahaja števno mesto S Obvoznica (174). Faktor deleža tovornih vozil se izračuna po enačbi:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)}$$

Kjer je:

- f_{HV} prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil,
- P_t delež tovornih vozil (koeficient),
- E_t faktor za pretvorbo v ekvivalent osebnih vozil (za ravninski teren vzamemo 2,5),

Delež tovornih vozil P_t je razmerje med številom tovornih vozil + avtobusov in ostalim prometom, izračunamo ga po naslednji enačbi s podatki iz tabele A.11:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100 \quad (\%)$$

Tabela A.11: PLDP na odseku LJ (Savlje – Industrijska cona Šiška)

LETO	Vsa vozila PLDP	Motorji	OV	BUS	Lah. tov. <3,5 t	Sr. tov. 3,5–7 t	Tež. tov. nad 7 t	Tov. s prik.	Vlačilci
2022	67656	176	57004	132	6454	592	436	472	2390
Delež (%)	100	0,26	84,26	0,20	9,54	0,88	0,64	0,70	3,53

Delež tovornih vozil:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100\% = \frac{10476}{67656} \cdot 100\% = 15,48 \%$$

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)} = \frac{1}{1 + 0,1548 \cdot (2,5 - 1)} = 0,8115$$

Izračunamo prilagoditev prometnih obremenitev za izbrani odsek LJ (Savlje – Industrijska cona Šiška):

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV}}$$

Kjer je:

- V_p prilagojena prometna obremenitev [EOV/h/pas],
- V merodajne prometne obremenitve [voz/h]
- PHF faktor konične ure (med 0,85 in 0,98 za avtoceste in za večpasovne ceste med 0,75 in 0,95) – v izračunu smo vzeli 0,85
- N število prometnih pasov v eni smeri (2 pasa = vozni + prehitevalni),
- f_{HV} prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil (izračunano)

Trenutno prometno obremenitev iz števca prometa 67656 voz/dan delimo z 2 (ker je merjeno v dve smeri) in dobimo 33828 voz/dan pomnožimo s faktorjem k (faktor urne distribucije prometnih obremenitev, dobljen s pomočjo kriterija prometnih konic, ki je običajno na AC in HC med 0,10 in 0,13) pri čemer vzamemo $k = 0,1$ in dobimo $V = 3383$ voz/h/smer.

$$V_p = \frac{3383}{0,85 \cdot 2 \cdot 0,8115} = 2452 \text{ EOV/h/pas}$$

Izračunamo še število vozil na kilometer (prilagojeno gostoto vozil):

$$G_p = \frac{V_p}{FFS} = \frac{2452}{95} = 25,8 \text{ EOVI/km/pas}$$

Glede na razrede gostote prometnega toka po V_p oziroma po G_p je na tem odseku HC visoka gostota prometa (LOS E).

Za razmere na odseku LJ (Vodnikova – Podutik) so merodajni podatki iz števnege mesta Dravlje HC (199), ki so podani v tabeli A.12

Tabela A.12: Dravlje HC (199) LJ (Vodnikova – Podutik)

LETO	Vsa vozila PLDP	Motorji	OV	BUS	Lah. tov. <3,5 t	Sr. Tov. 3,5–7 t	Tež. tov. nad 7t	Tov. s prik.	Vlačilci
2022	61654	180	51716	108	5904	612	466	384	2284
Delež (%)	100	0,29	83,88	0,18	9,58	0,99	0,76	0,62	3,70

Delež tovornih vozil in avtobusov po podatkih v tabeli znaša:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100\% = \frac{9758}{61654} \cdot 100\% = 15,82 \%$$

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil je tako:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)} = \frac{1}{1 + 0,1582 \cdot (2,5 - 1)} = 0,8082$$

Prilagoditev prometnih obremenitev za izbrani odsek LJ (Vodnikova – Podutik) pa:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV}}$$

$$V_p = \frac{3083}{0,85 \cdot 2 \cdot 0,8082} = 2244 \text{ EOVI/h/pas}$$

In število vozil na kilometer (prilagojena gostota vozil):

$$G_p = \frac{V_p}{FFS} = \frac{2244}{95} = 23,6 \text{ EOVI/km/pas}$$

Glede na izračunane parametre je tudi na tem odseku HC visoka gostota prometa (LOS E).

4.3 Primer izračuna HC (A5):

Primer izračuna na pomurski avtocesti A5, ki je glede na izvedbo bliže HC: odsek Turnišče – Dolga vas (števno mesto Mostje AC (1048)) – Lendava (števno mesto Lendava AC(884)) ima dva vozna pasova, brez odstavnega pasu, ob strani je le bankina (1 m). Osnovni odsek avtoceste je dolžine 4 km.



Slika A.10: Avtocesta A5.

Ocenjena hitrost prostega prometnega toka po enačbi:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{RLC} - (19,44 \cdot TRD^{0,84})$$

Kjer je:

- FFS hitrost prostega prometnega toka na odseku [km/h];
- $BFFS$ hitrost za osnovni odsek avtocestnega odseka je 110 km/h + 8 km/h = 118 km/h;
- f_{LW} faktor vpliva širine prometnih pasov [mi/h] razberemo iz Tabela A.2 in znaša 0, ker je širina voznega pasu 3,5 m (28. člen Pravilnika o projektiranju cest);
- f_{RLC} faktor vpliva bočnih ovir [km/h] razberemo iz Tabela A.3 in znaša 2,4 ker ni odstavnega pasu, ampak le bankina cca. 1 m in je število prometnih pasov 2;
- TRD povprečna gostota ramp v dolžini treh milj levo in desno od analiziranega prereza (št. ramp/3 milje). Upoštevamo, da so 3 milje = 4828 m, tj. cca 4,8 km. Dobimo, da so 4 rampe/3 milje oz. $4/3 = 1,33$ ramp/miljo. Od tod dobimo $1,33/1,609 = 0,8287$ ramp/km.

$$FFS = 118 - 0 - 2,4 - (19,44 \cdot 0,8287^{0,84}) = 99 \text{ km/h} \approx 100 \text{ km/h}$$

Izračunana hitrost FFS nekoliko odstopa od standardnih kategorij cest, ki so predstavljene v Tabela A.6. Tudi AC glede na geometrijske lastnosti ni tipična AC, ampak nekaj med AC in HC. Izračunamo razmere na prvem delu, tj. odseku Turnišče - Dolga vas, za katerega so podatki pridobljeni iz števnege mesta Mostje AC (1048) in predstavljeni v tabeli A.13

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil se izračuna po enačbi:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)}$$

Kjer je:

- f_{HV} prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil,
- P_t delež tovornih vozil (koeficient),
- E_t faktor za pretvorbo v ekvivalent osebni vozil (za ravninski teren vzamemo 2,5),

Delež tovornih vozil P_t je razmerje med številom tovornih vozil + avtobusov in ostalim prometom. Izračunamo ga po naslednji enačbi:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100 \quad (\%)$$

Izračun nam pove, kolikšen je delež tovornih vozil na obravnavanem odseku v primerjavi z vsemi vozili. Kot tovorna vozila upoštevamo vse, razen OV in motorje.

Tabela A.13: PLDP pomurska avtocesta (1048 Mostje)

LETO	Vsa vozila PLDP	Motorji	OV	BUS	Lah. tov. <3,5 t	Sr. tov. 3,5–7 t	Tež. tov. nad 7 t	Tov. s prik.	Vlačilci
2022	13548	30	7293	99	1617	141	63	437	3868
Delež (%)	100	0,22	53,83	0,73	11,94	1,04	0,47	3,23	28,55

Delež tovornih vozil:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100\% = \frac{6225}{13548} \cdot 100\% = 45,95\%$$

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil:

$$f_{HV} = \frac{1}{1+P_t(E_t-1)} = \frac{1}{1+0,4595 \cdot (2,5-1)} = 0,5919$$

Izračunamo prilagoditev prometnih obremenitev za izbrani odsek Turnišče – Dolga vas:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N_p \cdot f_{HV}}$$

$$V_p = \frac{677}{0,85 \cdot 2 \cdot 0,5919} = 673 \text{ EOv/h/pas}$$

Kjer je:

- V_p prilagojena prometna obremenitev [EOV/h/pas],
- V merodajne prometne obremenitve [voz/h]
- PHF faktor konične ure (med 0,85 in 0,98 za avtoceste in za večpasovne ceste med 0,75 in 0,95) – v izračunu smo vzeli 0,85
- N_p število prometnih pasov v eni smeri (2 pasova = vozni + prehitevalni),
- f_{HV} prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil (izračunano)

Trenutna prometna obremenitev iz števca prometa 13548 voz/dan delimo z 2 (ker je merjeno v dve smeri) in dobimo 6774 voz/dan. To pomnožimo s faktorjem k (faktor urne distribucije prometnih obremenitev, dobljen s pomočjo kriterija prometnih konic, ki je običajno na AC in HC med 0,10 in 0,13), pri čemer vzamemo $k = 0,1$ in dobimo $V = 677$ voz/h/smer.

In število vozil na kilometer (prilagojeno gostoto vozil):

$$G_p = \frac{V_p}{FFS} = \frac{673}{100} = 6,7 \text{ EOv/km/pas}$$

Glede na razrede gostote prometnega toka po V_p oziroma G_p je na tem odseku AC nizka gostota prometa (LOS A).

Izračunamo še razmere na odseku Dolga vas – Lendava po podatkih v tabeli A.14, ki se nanašajo na števno mesto Lendava AC (884).

Tabela A.14: PLDP pomurska avtocesta (884 Lendava AC)

LETO	Vsa vozila PLDP	Motorji	OV	BUS	Lah. tov. <3,5 t	Sr. tov. 3,5–7 t	Tež. tov. nad 7 t	Tov. s prik.	Vlačilci
2022	11660	25	6581	100	1570	153	70	271	2890
Delež (%)	100	0,21	56,44	0,86	13,46	1,31	0,60	2,32	24,79

Delež tovornih vozil:

$$P_t = \frac{N_t}{N} \cdot 100\% = \frac{5054}{11660} \cdot 100\% = 43,34\%$$

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)} = \frac{1}{1 + 0,4334 \cdot (2,5 - 1)} = 0,6062$$

Prilagoditev prometnih obremenitev za izbrani odsek (884 Lendava AC):

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N_p \cdot f_{HV}}$$

$$V_p = \frac{583}{0,85 \cdot 2 \cdot 0,6062} = 586 \text{ EOVI/h/pas}$$

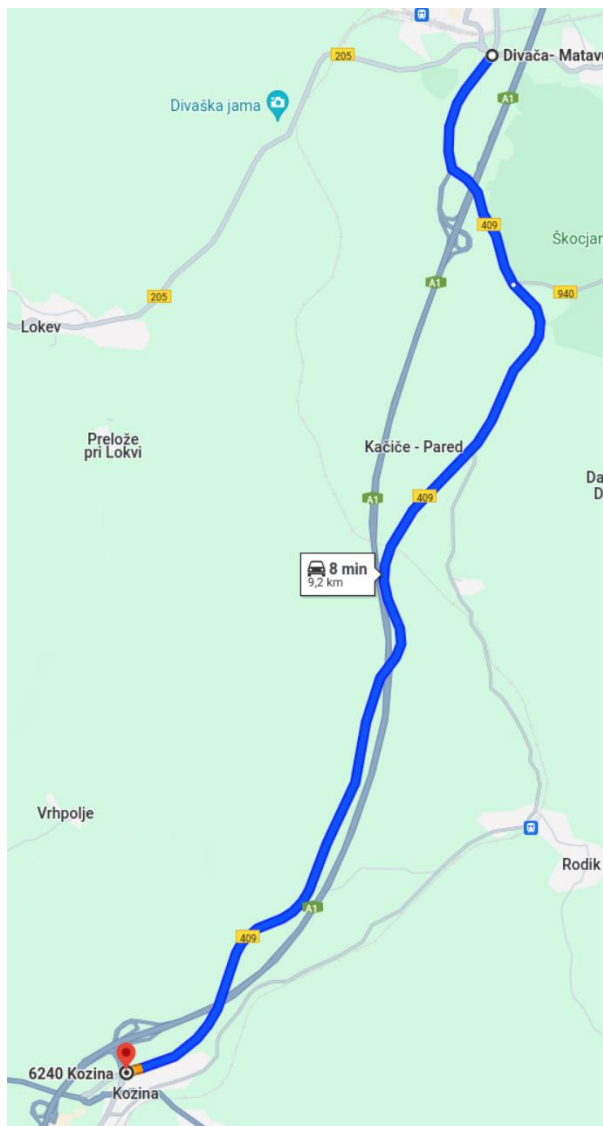
In število vozil na kilometer (prilagojeno gostoto vozil):

$$G_p = \frac{V_p}{FFS} = \frac{586}{100} = 5,9 \text{ EOVI/km/pas}$$

Glede na razrede gostote prometnega toka po V_p oziroma G_p je tudi na tem odseku AC nizka gostota prometa (LOS A).

4.4 Primer izračuna RC (409):

Četrti primer se nanaša na Republiško cesto RC 409: Divača – Kozina. Obravnavani odsek je prikazan na spodnji sliki. Upoštevani so bili podatki na števnem mestu Divača (77)



Slika A.11: Odsek Divača - Kozina.

Upoštevamo postopek na Slika A.1 in ugotovimo, da je za regionalno cesto (R2) potrebna določitev hitrosti prostega toka z metodo Martinelli et. al., ki je opisana v poglavju 2.2, ter uporabimo enačbo:

$$FFS = 69,06 - 1491,22 * CCR_m + 1,54 * RSW + 2,25 * PRS + 11,6 * NL - 1,45 * NA - 1,45 * RO + 5,06 * MMv - 8,17 * EMv + 0,23 * \frac{CAR}{PF} + 5,05 * \frac{PF}{MC} + 5,34 * MT$$

Tabela A.4 definira podatke, ki so specifični za dano cesto in jih upoštevamo v izračunu - če so na voljo. V nasprotnem primeru lahko za okvirni približek uporabimo privzete vrednosti, če geometrija ceste ne odstopa preveč od karakteristične ceste dane kategorije (krivine, širina itd.).

Ocenjeni parametri so prikazani v naslednji tabeli.

Tabela A.15: Parametri odseka RC Divača - Kozina.

Simbol	Parameter	Enote	Ocena
CCR_m	povprečna krivina	rad/m	S satelitske slike ceste povprečno krivino ocenimo na

			vrednost 0,002: ovinki na cca 50 % ceste imajo radij cca 300 m, torej znaša povprečna krivina $1/300 * 0,5 = 0,002$
<i>RSW</i>	širina bankine	m	1
<i>PRS</i>	širina pasu	m	0,3
<i>NL</i>	število pasov/smer	-	1
<i>NA</i>	število dovozov	km ⁻¹	10 dovozov / 9,2 km = 1,1 km ⁻¹
<i>FO</i>	prepoved prehitevanja	%	50
<i>MMv</i>	vidna sredinska črta	-	1 – vidna
<i>EMv</i>	vidna stranska črta	-	1 – vidna
<i>CAR/PF</i>	odstotek osebnih vozil	%	86 (privzeta vrednost)
<i>PF/MC</i>	obremenitev	-	0,34 (privzeta vrednost)
<i>MT</i>	tip terena	-	1 – hribovit

Po ustavljanju podatkov dobimo:

$$FFS = 90,61 \text{ km/h}$$

kar je glede na geometrijo ceste pričakovan rezultat.

Nadaljujmo z izračunom prilagoditvenega faktorja za tovorna vozila, ki je odvisen od deleža tovornih vozil v celotnem prometu:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)},$$

Kjer je:

P_T – delež tovornih vozil (koeficient),

E_T – faktor uteži za tovorna vozila (za hribovit teren vzamemo 3 glede na tabelo),

Delež tovornih vozil P_T je razmerje med številom tovornih vozil + avtobusov in ostalim prometom, ki ga dobimo iz podatkov o PLDP za števno mesto Divača (77) na obravnavani cesti. Vhodne podatke o PLDP na števnom mestu prikazuje Tabela A.16

Tabela A.16: PLDP na števnom mestu Divača (77) na cesti RC 409: Divača – Kozina.

LETO	Vsa vozila PLDP	Motorji	OV	BUS	Lah. tov. <3,5 t	Sr. tov. 3,5–7 t	Tež. tov. nad 7 t	Tov. s prik.	Vlačilci
2022	2.307	201	1.542	17	151	30	175	12	179
Delež (%)	100%	8,7 %	66,8 %	0,7 %	6,5 %	1,3 %	7,6 %	0,5 %	7,8 %

Delež tovornih vozil predstavljajo vozila, ki niso OV ali motorji glede na vsa vozila in znaša 24,5 %.

Prilagoditveni faktor deleža tovornih vozil:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1)} = \frac{1}{1 + 0,245 \cdot (3,0 - 1)} = 0,671$$

Sedaj lahko izračunamo merodajno prometno obremenitev za izbrani odsek:

$$V = \frac{PLDP \cdot k}{N_s} = \frac{2307 \cdot 0,1}{2} = 115,35 \text{ voz/h/smer}$$

Kjer je:

V	merodajna prometna obremenitev [voz/h/smer]
$PLDP$	povprečni letni dnevni promet (odčitek iz števca)
k	faktor konične ure, kot je opisan v poglavju 3.2,
N_s	št. smeri, ki jih meri števec

Nato lahko izračunamo prilagojeno prometno obremenitev za izbrani odsek:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N_p \cdot f_{HV}} = \frac{115,35}{0,95 \cdot 1 \cdot 0,671} = 181 \text{ EOV/h/pas}$$

Kjer je:

V_p	prilagojena prometna obremenitev [EOV/h/pas],
V_{dnevni}	urne prometne obremenitve [voz/h],
k	faktor konične ure, kot je opisan v poglavju 3.2,
N	št. prometnih pasov v eni smeri

Izračunamo še število vozil na kilometer (prilagojeno gostoto vozil):

$$G_p = \frac{V_p}{FFS}$$

$$G_p = \frac{181}{90,61} = 2,0 \text{ EOV/km/pas}$$

Kjer je:

G_p	prilagojena gostota vozil [EOV/km/pas]
V_p	prilagojena prometna obremenitev [EOV/h/pas],

Iz rezultata je razvidno, da je obremenitev ceste enaka LOS A, kar pomeni nizko gostoto prometa glede na pogoj iz Tabela A.5.

5 Literatura

- [A1] Pravilnik o projektiranju cest. (Uradni list RS, št. 91/05, 26/06, 109/10 – ZCes-1, 36/18 in 132/22 – Zces-2), Dostopno na: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV5811>
- [A2]. TRB, Highway Capacity Manual, Sixth Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis, Washington, USA, 2016, Vol.7
- [A3] Martinelli, V.; Ventura, R.; Bonera, M.; Barabino, B., Maternini, G.; Estimating operating speed for county road segments – Evidence from Italy, 2023, Dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.05.007>
- [A4] Prometne obremenitve, Odprti podatki Slovenije, 2022, Dostopno na: <https://podatki.gov.si/dataset/pldp-karte-prometnih-obremenitev>

Priloga B: Standardizacija cestne razsvetljave

Navodila za pravilno razsvetljavo cest so podana v standardu SIST EN 13201. Standard podaja najpomembnejše vplivne parametre, kot so hitrost vožnje, gostota in sestava prometa, funkcija in splošen potek ceste ter okoljski pogoji, za različne svetlobnotehnične situacije – področja za motorni promet, konfliktna področja, površine za pešce in kolesarje in področja za počasni promet. Standard se uporablja za trajno nameščeno razsvetljavo, ki za uporabnike zagotavlja dobro vidljivost v nočnem času na javnih prometnih površinah in povečuje prometno varnost, pretočnost prometa ter javno varnost.

Standard EN 13201 je sestavljen iz petih delov pod splošnim naslovom Cestna razsvetljava:

- 1. del: Smernice za izbiro razredov razsvetljave (tehnično poročilo)
- 2. del: Zahtevane lastnosti
- 3. del: Izračun lastnosti
- 4. del: Metode za merjenje lastnosti razsvetljave
- 5. del: Kazalniki energijske učinkovitosti

Vsi deli, razen prvega, so enaki v vseh državah EU. Prvi del ni standard, ampak tehnično poročilo, zato se njegova vsebina lahko v posameznih državah razlikuje. Vsebina vseh dokumentov temelji na tehničnem poročilu CIE 115:2010, »Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic« od CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).

V Sloveniji trenutno uporabljamo tehnično poročilo SIST-TP CEN/TR 13201-1:2015, kjer gre za prevod tehničnega poročila CEN/TR 13201-1:2015. Tehnično poročilo se od standarda razlikuje v tem, da ne gre za normativni dokument in ne določa zahtev ali poskusnih metod, pač pa podaja smernice, priporočila in razlage za izvajanje normativnega standarda.

V nadaljevanju je povzeta relevantna vsebina vseh delov standarda EN 13201.

1 SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015

Dokument podaja navodila za določanje svetlobnotehničnih razredov razsvetljave. V dokumentu so predstavljene metode, ki predstavljajo začetne točke celovitega pristopa k načrtovanju cestne razsvetljave. Te metode uvajajo splošne parametre in njihov vpliv na zahteve za razsvetljavo, v realnih situacijah pa je do končne opredelitve razreda razsvetljave treba upoštevati njene edinstvene značilnosti.

V tem tehničnem poročilu so navedeni parametri in utežne vrednosti za različne svetlobnotehnične situacije (področja za motorni promet, konfliktna področja, površine za pešce in področja za počasni promet) za izbiro normalnega razreda razsvetljave. Uporaba normalnega razreda razsvetljave zaradi začasnih spreminjajočih se razmer, kot so gostota prometa, vremenske razmere, svetlost okolice, stanje cestne površine itd., mogoče ni upravičena, zato se dopušča ali zahteva prilagoditev normalnega nivoja povprečne svetlosti ali osvetljenosti z uporabo prilagodljive razsvetljave. Pri uporabi prilagodljive razsvetljave je pomembno, da spremembe povprečne svetlosti ali osvetljenosti ne vplivajo na druga merila kakovosti zunanjih mej, ki so podana za sistem razredov razsvetljave M (motorni promet), C (konfliktna področja) in P (površine za pešce in področja za počasni promet).

V dokumentu so podane tabele, ki omogočajo izračun svetlobnotehničnega razreda za posamezne svetlobnotehnične situacije (M, C in P) glede na vplivne parametre in njihove utežne vrednosti. Utežne vrednosti parametrov so časovno odvisne, kar lahko upoštevamo pri določanju razreda razsvetljave za posamezen časovni interval. Podatke o spreminjajočih

vrednostih lahko pridobimo npr. na podlagi podatkov postaj za nadzor prometa, vremenskih postaj na prometnicah ali na podlagi nadzornega sistema, ki deluje na podlagi časovne odvisnosti ali pa zajema realne časovne podatke. Tako lahko uporabo razreda razsvetljave pogojujejo posebne zahteve (slabo vreme, cestna dela, slaba vidljivost, težje nesreče).

1.1 Razredi razsvetljave za motorni promet (M)

Razredi razsvetljave za motorni promet (M) so namenjeni voznikom motornih vozil za razsvetljava cest in prometnic, ki omogočajo zmerno do visoko hitrost vožnje. V standardu najdemo parametre, ki vplivajo na izbiro razreda razsvetljave za različne možnosti in situacije. Ti parametri so: predvidena hitrost ali omejitev hitrosti, gostota prometa, sestava prometa, ločitev smernih vozišč, pogostost vozišč in križišč, parkirana vozila, svetlost okolice in zahtevnost navigacije. Vsak parameter ima več izbirnih možnosti. Meje med veličinami so lahko določene v opisu ali pa veljajo brez pogojev. Glede na ustrezno izbiro možnosti in opisa določimo utežno vrednost posameznega parametra. Utežne vrednosti seštejemo in nato po postopku v standardu določimo svetlobnotehnični razred razsvetljave M. Možni razredi so med ena in šest.

1.2 Razredi razsvetljave za konfliktna področja (C)

Pod konfliktna področja spadajo križanja prometnih tokov, stekanja prometnih tokov v področja za pešce, kolesarje ali druge udeležence v prometu in področja, ki jih pogosto uporablja več različnih udeležencev v prometu. Razredi razsvetljave skupine C so namenjeni predvsem za uporabo na prometnicah, kjer večino prometa sestavlja motorni promet.

Glavno merilo za zasnovo je svetlost, na določenih delih, kjer ni mogoče uporabiti meril svetlosti, pa se lahko uporabi merilo osvetljenosti. Razmerje med svetlostjo in povprečno horizontalno osvetljenostjo je odvisno od svetlobnosti oziroma odsevnosti cestne površine, in je predstavljeno z vrednostjo Q_0 . Na podlagi vrednosti Q_0 lahko določimo primerljiv razred razsvetljave C glede na razred M. Svetlobnotehnični razred C je lahko, glede na tabelo v standardu, za največ dva razreda večji od razreda M. Možni razredi C so med nič in pet. Iz tabele najprej izberemo najvišji razred razsvetljave za cesto ali ceste, ki vodijo v konfliktno območje, v istem stolpcu pa nato določimo enakovredni razred osvetljenosti C ob upoštevanju odsevnih lastnosti vozišča. Priporočljivo je, da je dejanski uporabljeni razred C za obravnavano konfliktno področje za stopnjo višji od razreda, ki bi bil izbran po opisanem postopku. Nivo razsvetljave na konfliktnem področju ne sme biti nižji od najvišjega razreda razsvetljave na priključnih cestah.

Ta postopek določanja razreda C je namenjen predvsem uporabi pri danem konfliktnem področju in velja na splošno, lahko pa za določena konfliktna področja (za mestna središča, za področja, kjer veljajo posebne nacionalne zahteve, in za konfliktna področja, kjer so ceste, ki vodijo do njega, brez razsvetljave) uporabimo enak princip določanja razreda razsvetljave kot za razred razsvetljave M (izbira utežnih vrednosti pri posameznih parametrih in uporaba enačbe za določanje številke razreda razsvetljave z uporabo seštevka utežnih vrednosti). Parametri, ki vplivajo na izbiro razreda razsvetljave C, so: predvidena hitrost ali omejitev hitrosti, gostota prometa, sestava prometa, ločitev smernih vozišč, parkirana vozila, svetlost okolice in zahtevnost navigacije.

1.3 Razredi razsvetljave za površine za pešce in področja za počasni promet (P)

Razredi razsvetljave P so namenjeni pešcem in kolesarjem, ki uporabljajo poti za pešce in kolesarske poti, in voznikom motornih vozil, ki se vozijo z manjšo hitrostjo vožnje na odstavnem pasu ali parkirnih prostorih. Vidne naloge in potrebe pešcev so drugačne od vidnih nalog

voznikov, saj je njihova hitrost občutno nižja, relevantni objekti, ki jih morajo opaziti, pa so dosti bližje kot objekti, ki so pomembni za voznike motornih vozil. Tako so parametri in opisi situacij drugačni od parametrov za razreda M in C. Ti parametri so: predvidena hitrost ali omejitev hitrosti, prometnost površine, sestava prometa, parkirana vozila, svetlost okolice in prepoznavanje obrazov. Možni razredi P so med ena in šest.

Svetlobnotehnična merila razredov P temeljijo na horizontalni osvetljenosti prometne površine in so podana s povprečno in najmanjšo osvetljenostjo cestišča. Lahko bi uporabili tudi povprečno polkrogelno osvetljenost cestišča in celotno enakomernost te osvetljenosti, kar zajemajo razredi HS. Standard opisuje še dve skupini razredov, in sicer SC, ki se uporabljajo kot dodaten razred za primere, ko mora javna razsvetljava zagotavljati prepoznavanje oseb in predmetov na površinah, kjer je nevarnost kriminala večja od normalne, ter EV, ki se uporabljajo kot dodatni razredi za primere, kjer je potrebna vidnost vertikalnih površin. Smernice za določanje razredov HS, SC in EV v tem tehničnem poročilu niso zajete, saj so odločitve o uporabi teh razredov opredeljene v nacionalni politiki cestne razsvetljave in pravilih ravnanja cestne razsvetljave. Prav tako so dodatne zahteve za parameter »prepoznavanje obrazov« lahko opredeljene na nacionalni ravni za vsako državo.

V dokumentu je v prilogi B predstavljena še alternativna metoda izbire razredov razsvetljave pri uporabi prilagodljive razsvetljave. Ta metoda podaja izpopolnjeno ovrednotenje nivojev svetlosti ali osvetljenosti v okviru določenega razreda razsvetljave. Temelji na funkcionalni ali administrativni razvrstitvi cest, ki jo določi upravljalec cest, in izbiri petih različnih koeficientov, ki določajo splošni utežni koeficient.

Na nacionalni ravni se lahko opisi cest iz tabele B.1 v standardu ohranijo ali dopolnijo, prav tako se lahko na nacionalni ravni dopolnijo pravila ravnanja s cestno razsvetljavo.

2 SIST EN 13201-2: 2016

Ta standard je slovenski standard in je enakovreden evropskemu standardu EN 13201-2: 2015. Je drugi zvezek serije standardov SIST EN 13201 in opisuje zahtevane lastnosti za cestno razsvetljava. V tehničnem poročilu (prvem delu SIST EN 13201) je predstavljen postopek določitve ustreznega svetlobnotehničnega razreda za cestno razsvetljava, ta del pa določa zahteve za lastnosti cestne razsvetljave določenega razreda v smislu vidnih potreb udeležencev v prometu in okoljskih vidikov. Zahteve so podane v tabelah za vsak svetlobnotehnični razred posebej.

Svetlobnotehnični razredi M so namenjeni voznikom motornih vozil na glavnih prometnicah in na cestah v stanovanjskih naseljih, kjer so dovoljene srednje do višje hitrosti vožnje. V standardu je podana tabela z zahtevami in razlagami svetlobnotehničnih meril razreda M, ki so:

- svetlost cestne površine vozišča za suhe in mokre razmere na cestni površini (povprečna vzdrževana svetlost vozišča (\bar{L}), najmanjša enakomernost svetlosti (U_0), najmanjša vzdolžna enakomernost svetlosti (U) in najmanjša enakomernost svetlosti U_{0w} za mokre razmere),
- največji relativni porast praga zaznavanja (f_{T1}) (moteče bleščanje),
- najmanjši količnik osvetljenosti roba (R_{EI}) (razsvetljava okolice, kjer ob vozišču ni prometnih površin).

Podane svetlosti cestne površine veljajo za vožnjo vzdolž cestnega odseka z razdaljo razpoznavanja med 60 m in 160 m.

Svetlobnotehnični razredi C so namenjeni voznikom motornih vozil in se uporabljajo takrat, kadar se izračuni svetlosti cestne površine ne uporabljajo ali niso izvedljivi, kadar so vidne

razdalje manjše od 60 m, kadar je več položajev opazovalca neustreznih in kadar razred P in HS nista ustrezna. Uporabljajo se torej na konfliktnih področjih (ceste in ulice v nakupovalnih središčih, zahtevnejša križišča, krožna križišča in področja z večjimi zastoji). V tabeli v standardu sta podani zahtevi za posamezni svetlobnotehnični razred, ki sta:

- povprečna vzdrževana osvetljenost (\bar{E}) in
- najmanjša enakomernost osvetljenosti (U_0).

Svetlobnotehnični razredi P in HS so namenjeni pešcem in kolesarjem na poteh za pešce in kolesarskih stezah, odstavnih pasovih, delih cestišč, ki potekajo ločeno ali vzdolž vozišča prometne poti, ulicah v stanovanjskih naseljih, površinah za pešce, parkiriščih, šolskih dvoriščih ipd. V tabeli v standardu so podane zahteve za posamezni svetlobnotehnični razred, ki so

a) za razrede P:

- povprečna vzdrževana osvetljenost (\bar{E}),
- najmanjša vzdrževana osvetljenost (E_{\min}),
- najmanjša vzdrževana vertikalna ($E_{v,\min}$) in najmanjša vzdrževana polcilindrična ($E_{sc,\min}$) osvetljenost za primer potrebe po prepoznavanju obraza,

b) za razrede HS:

- povprečna vzdrževana polkrogelna osvetljenost (\bar{E}_{hs}),
- najmanjša enakomernost polkrogelne osvetljenosti (U_0).

Svetlobnotehnični razredi SC so dodatni razredi za primere, ko mora cestna razsvetljava zagotavljati prepoznavanje oseb in predmetov in za dele cestišč, kjer je nevarnost kriminala večja od normalne. V tabeli so podane vrednosti najmanjše vzdrževane polcilindrične osvetljenosti ($E_{sc,\min}$), ki se jih ovrednoti v ravnini 1,5 m nad cestiščem.

Svetlobnotehnični razredi EV so dodatni razredi za primere, kjer je potrebna vidnost vertikalnih površin na cestiščih (nekateri cestninske postaje, križišča, področja prestopanja potnikov itd.). Svetlobnotehnične zahteve temeljijo na najmanjši vzdrževani vertikalni osvetljenosti ($E_{v,\min}$).

Upoštevanji morajo biti tudi različni drugi vidiki cestne razsvetljave, in sicer:

- faktor vzdrževanja,
- korekcijski faktor, ki upošteva temperaturno odvisnost nekaterih svetlobnih virov,
- videz cestne razsvetljave (podnevi in ponoči) in okoljski vidiki,
- razredi svetilnosti G^* za omejitev motečega bleščanja in nadzor moteče svetlobe (ko ni mogoče izračunati porasta praga zaznavanja (f_{T1})),
- razredi indeksov bleščanja D za omejitev neugodnega bleščanja,
- ustrezen nivo razsvetljave (z vidika energijske učinkovitosti),
- nebesni sij (delež svetlobe, ki jo svetilke oddajajo v zgornji polprostor ali se odbija od osvetljenih površin proti nebu in nato deloma nazaj proti zemlji),
- razsvetljava prehodov za pešce (ustrezna horizontalna in vertikalna osvetljenost, pozitiven kontrast in ustrezno omejeno bleščanje),
- vrednotenje motečega bleščanja za razreda C in P (v dodatku C v standardu so podane največje vrednosti f_{T1}).

3 SIST EN 13201-3: 2016

Ta standard je slovenski standard in je enakovreden evropskemu standardu EN 13201-3: 2015. Je tretji izmed serije standardov SIST EN 13201 in opredeljuje dogovore in matematične postopke, ki se uporabljajo za izračun fotometričnih lastnosti inštalacij cestne razsvetljave, ki so predstavljene v drugem delu standarda.

Za izračun karakteristik kakovosti razsvetljave po tem standardu so potrebni fotometrični podatki, ki so podani v obliki preglednice prostorske porazdelitve svetilnosti (*I*-preglednica), ki navaja razpored vrednosti svetilnosti svetilke v vseh ustreznih smereh, ter podatki o odsevnosti cestne površine v obliki *r*-preglednice. V preglednicah so vrednosti *I* in *r* za določene kote, vrednosti pri vmesnih kotih se določijo z linearno interpolacijo. Za cestne svetilke se uporablja koordinatni sistem C-ravnin, po navodilih iz standarda (svetilnosti morajo biti navedene pri razmikih med koti, ki so določeni v standardu, za ocenitev svetilnosti med podanimi koti uporabimo linearno interpolacijo, z uporabo navodil in enačb v standardu). Podatke o odsevnosti cestne površine podamo z zmanjšanim koeficientom svetlosti pri razmikih kotov in v smereh in kotih, ki so podani v standardu ($\tan(\epsilon)$, β). Vrednosti se predstavijo v *r*-preglednicah. Če potrebujemo vrednost iz *r*-preglednice, ki je med dvema vrednostma, zopet uporabimo linearno interpolacijo. V prilogi B je prikazan še razširjen format *r*-preglednice, ki ga uporabljamo za nizke višine namestitve svetilk ($H < 2$ m), saj v nekaterih točkah, ki so od svetilke preveč oddaljene, ne moremo izračunati svetlosti, kot je predstavljeno v nadaljevanju.

Da določimo svetilnost od svetilke proti točki, najprej določimo vertikalni fotometrični kot (γ) in potem fotometrični azimut (*C*), kjer upoštevamo nagib nameščene svetilke glede na njen nagib pri meritvi, usmerjenost in zasuk. Z njunima vrednostma določimo svetilnost $I_k(C, \gamma)$ *k*-te svetilke. Svetlost *L* v točki se potem izračuna po enačbi v standardu. Na vrednost svetlosti vplivajo svetilnost $I_k(C, \gamma)$ *k*-te svetilke, celotni faktor vzdrževanja f_M , zmanjšan koeficient svetlosti $r_k(\tan(\epsilon), \beta)$ in višina namestitve H_k *k*-te svetilke nad površino vozišča, kjer $\tan(\epsilon)$ in β določimo po postopku v standardu.

V vzdolžni smeri obravnavanega območja mora polje računanja zajemati dve svetilki v isti vrsti. Kadar obstaja več kot ena vrsta svetilk in je razmik svetilk med vrstami različen, se postavi polje računanja med dvema svetilkama v vrsti z večjim ali največjim razmikom.

Ker takšen postopek ne da nujno prave svetlosti za celotno namestitev razsvetljave, saj je ta različna, če so razdalje med dvema zaporednima svetilkama različne, se v skladu z zahtevami SIST EN 13201-2 izbere tisto polje, kjer so rezultati najslabši.

V izbranem polju nato določimo točke izračuna, ki morajo biti enakomerno razporejene v polju računanja po navodilih iz standarda. Za izračun svetlosti mora biti oko opazovalca 1,5 m nad ravnijo ceste in 60 m pred poljem računanja ustreznega področja, v prečni smeri pa mora biti opazovalec vedno postavljen na sredini vsakega voznega pasu (primeri položaja opazovalca za različne tipe cest so predstavljeni v standardu). Opisana je tudi meja področja za namestitev svetilk, ki jo je treba upoštevati pri izračunu svetlosti v točki računanja.

V naslednjem koraku izračunamo svetlost ali eno od zahtevanih štirih vrst osvetljenosti glede na merila za načrtovanje iz SIST EN 13201-2 (horizontalna, polkrogelna, polcilindrična ali vertikalna osvetljenost). Za vsako od štirih osvetljenosti je v standardu podana enačba, v katero vstavimo prej določene spremenljivke.

Iz izračunanih vrednosti svetlosti ali osvetljenosti lahko določimo karakteristike kakovosti, ki se nanašajo na njih, in sicer povprečno svetlost, splošno enakomernost, vzdolžno enakomernost, porast praga zaznavanja f_{TI} in količnik osvetljenosti robov R_{EI} .

V prilogi A v standardu so opisani še dogovori o matematični in informacijski tehnologiji, ki se lahko uporabijo za izračune R_{EI} in f_{TI} , poleg že omenjenih postopkov. Podana je tako tabela, v kateri so podani predlagani simboli za spremenljivke, parametre in polja v izvorni kodi, skupaj

z opisi, kot tudi diagram poteka za izračun vseh spremenljivk in parametrov, ki smo jih že navedli.

4 SIST EN 13201-4: 2016

Ta standard je slovenski standard in je enakovreden evropskemu standardu EN 13201-4:2015. Je četrti zvezek serije standardov SIST EN 13201 in določa:

- postopke za merjenje fotometričnih parametrov kakovosti inštalacij cestne razsvetljave (iz standarda SIST EN 13201-2),
- dogovore in merilne postopke za karakterizacijo inštalacij cestne razsvetljave,
- izbiro in pravilno uporabo merilnikov svetlosti in osvetljenosti,
- merilne zahteve v skladu s cilji meritve in pričakovano točnostjo,
- dogovore za vrednotenje merilne negotovosti vključenih parametrov,
- uporabo analize toleranc pri projektiranju inštalacij cestne razsvetljave in
- pogoje, ki lahko povzročijo večje netočnosti meritev, in previdnostne ukrepe za zmanjšanje le-teh.
- cilje, ki zahtevajo meritve fotometričnih parametrov kakovosti sistema cestne razsvetljave, in so:
 - o **meritve na koncu preskusne dobe** (preverjanje skladnosti inštalacij cestne razsvetljave z zahtevami standarda med končnim preskušanjem/ob predaji),
 - o **meritve v življenjski dobi cestne razsvetljave** (meritve za nadzor svetlobnega toka svetilk prilagodljive cestne razsvetljave v določenih intervalih med življenjsko dobo cestne razsvetljave, zaradi preverjanja skladnosti z zahtevami standarda na podlagi vzdrževanih vrednosti),
 - o **meritve prilagodljive cestne razsvetljave** (merjenje svetlobnega toka svetilk prilagodljive cestne razsvetljave nepretrgoma ali z določenim intervalom za učinkovitost inštalacij na dani vrednosti znotraj dane tolerance),
 - o **meritve za ugotavljanje odstopanj** (se izvajajo po potrebi za preverjanje skladnosti s projektnimi zahtevami ali vpliva na okolje).

Meritve se morajo izvesti po natančnem merilnem postopku, ki je določen v standardu. Izvedejo se lahko s statičnimi ali dinamičnimi merilnimi sistemi (ti omogočajo meritve hitreje kot statični merilni sistemi). V standardu so najprej opisane tako splošne kot tudi posebne zahteve za merilne postopke in merilne naprave (merilnike svetlosti in merilnike osvetljenosti). Določeni so tudi postopki za ovrednotenje merilne negotovosti in razporeditev različnih virov merilne negotovosti v različne razrede. Meritve se opravljajo za celotno dolžino inštalacije cestne razsvetljave oz. na merjenih odsekih (kadar so karakteristike inštalacije cestne razsvetljave projektirane enako za celotno dolžino inštalacije cestne razsvetljave). Pri merjenju moramo najprej določiti parametre, ki vplivajo na merjenje (cestni geometrični parametri, položaj, naklon in usmerjenost na svetlobo občutljive površine merilnika osvetljenosti, položaj merjene površine glede na nazivne mrežne točke pri meritvi svetlosti, višina svetlobno občutljive površine detektorja glede na cestno površino in fotometrični parametri kakovosti za ustrežni svetlobnotehnični razred). Rezultate meritev lahko primerjamo z zahtevami standarda ali projektnimi zahtevami, moramo pa upoštevati razširjeno merilno negotovost meritve po navodilih v standardu in uporabiti zahteve glede parametrov inštalacij cestne razsvetljave glede na SIST EN 13201-2.

Standard navaja in opisuje različne merilne pogoje, ki morajo biti upoštevani za ustreznost meritev. Merilni pogoji, ki vplivajo na vrednosti meritev, so npr. staranje svetlobnih virov in svetilk pred meritvami, stabilizacija po vklopu, vremenske razmere, razmere na vozišču, tuji svetlobni viri in zastiranje svetlobe.

Pri samih fotometričnih meritvah pazimo, da so lokacije merilnih točk enake mrežnim točkam, ki so podane v SIST EN 13201-3, razen če je določeno drugače. Za točke, ki se nahajajo npr. v senci drevesa ali na oljnem madežu (pri meritvi svetlosti), se priporoča, da se meritve ne izvaja, kar se ustrezno navede v poročilu. Prav tako mora biti lokacija opazovalca pri meritvi svetlosti enaka položaju, kot je navedeno v SIST EN 13201-3. Pri ovrednotenju merilne negotovosti meritve mora biti vključena tudi točnost lokacij mrežnih točk in opazovalca glede na tretji del standarda. Povprečno svetlost izračunamo kot povprečno vrednost izmerjenih svetlosti v mrežnih točkah ali pa z uporabo slikovnega merilnika svetlosti (ILMD), kjer z enim odčitkom ustreznega področja cestne površine določimo povprečno vrednost svetlosti. Za meritve vseh štirih vrst osvetljenosti (glede na potrebe svetlobnotehničnega razreda) so v standardu podana navodila za meritve vsake vrste osvetljenosti posebej, prav tako so navedeni postopki meritev količnika osvetljenosti robov R_{EI} in meritev porasta praga zaznavanja f_{TI} . Pri fotometričnih meritvah pa moramo biti pozorni tudi na nefotometrične parametre, ki jih merimo zaradi povezave z namenom meritve v primerih, ko je to zahtevano. Ti parametri so napajalna napetost, temperatura in vlažnost, geometrijski podatki in kalibracija instrumentov.

Vse izvedene meritve navedemo in opišemo v poročilu o meritvah/preskusu (primer poročila je podan v prilogi H tega standarda).

V prilogi A so v tabeli zbrane ovrednotene tolerance glavnih parametrov. Tabelo uporabimo pri analizi toleranc, ki je matematično orodje za ovrednotenje pričakovanih tehničnih lastnosti dane inštalacije cestne razsvetljave. Z njo se lahko navede verjetnost, da bo inštalacija zadovoljila zahtevane karakteristike delovanja, in tudi ovrednoti razloge za odstopanja med rezultati meritev in projektnimi zahtevami. V prilogi B so predstavljeni pomembni posebni parametri, kjer gre za normativne fotometrične parametre, ki se lahko v preiskovalne namene ovrednotijo na vzdolžnem delu voznega pasu namesto na celem pasu po pogojih in postopkih, ki so predstavljeni v tej prilogi. V prilogi C so navedeni dogovori za simbole fotometričnih parametrov kakovosti, v prilogi D pa so podane smernice za merilne sisteme za prilagodljivo cestno razsvetljavo, ki se upoštevajo pri merilnih sistemih, kjer se krmili svetlobni tok svetilk. V prilogi E so podana navodila glede meritev, ki so namenjene za ugotavljanje odstopanj med fotometričnimi meritvami in projektnimi zahtevami. Priloga F zajema podroben postopek ovrednotenja merilne negotovosti, skupaj z opisi parametrov, ki vplivajo na merilno negotovost merjenja svetlosti/osvetljenosti in so povezani z merilnim instrumentom, postopkom ali uporabljenim dinamičnim merilnim sistemom. V prilogi G je navedenih še nekaj praktičnih informacij, ki so koristne za pripravo merilnih postopkov.

5 SIST EN 13201-5: 2016

Ta standard je slovenski standard in je enakovreden evropskemu standardu EN 13201-5: 2015. Je peti zvezek serije standardov SIST EN 13201 in določa kazalnike energijske učinkovitosti inštalacij cestne razsvetljave z namenom opredelitve potencialnih prihrankov, ki jih je mogoče doseči z izboljšano energijsko učinkovitostjo. Standard uvaja dva kazalnika, in sicer kazalnik gostote moči (PDI) D_p z enoto $W \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ in kazalnik letne porabe energije (AECI) D_E z enoto $Wh \cdot m^{-2}$. Kazalnik gostote moči D_p prikazuje moč, ki je potrebna za inštalacijo cestne razsvetljave, kazalnik letne porabe energije D_E pa določa porabo električne energije med letom. Oba se lahko uporabljata za vse prometne površine, ki jih zajema skupina svetlobnotehničnih razredov M, C in P.

Za primerjavo energijske učinkovitosti alternativnih inštalacij cestne razsvetljave se lahko uporablja tudi svetlobni izkoristek inštalacije η_{inst} , ki ima enoto $lm \cdot W^{-1}$.

Pred računanjem predvidene količine porabljene energije po tem standardu moramo poskrbeti, da je izbran ustrezni svetlobnotehnični razred glede na vidne potrebe uporabnikov ceste (glej SIST EN 13201-1), da so izpolnjena vsa merila za projektiranje iz SIST EN 13201-2 in da se prekomerna osvetlitev zmanjša na najnižjo tehnično dosegljivo raven.

Najprej je v standardu prikazan potek izračuna kazalnika gostote moči D_p in spremenljivk, ki vplivajo na izračun. Enačba vsebuje spremenljivke, kot so sistemska moč inštalacije razsvetljave za osvetlitev obravnavanega področja P , povprečne vzdrževane horizontalne osvetljenosti podpodročij »i« \bar{E}_i in površine podpodročji »i« A_i (osvetljenih z inštalacijo razsvetljave). Pri sistemske moči P gre za seštevek vseh obratovalnih moči svetlobnih virov, krmilnih naprav in vseh drugih električnih naprav, ki so neposredno povezane z razsvetljavo območja. Povprečna horizontalna osvetljenost \bar{E} in površina A se določita na podlagi izbranega svetlobnotehničnega razreda in v skladu z SIST EN 13201-3.

Na izračun kazalnika letne porabe energije inštalacije cestne razsvetljave vplivajo obratovalna moč P_j (povezana z obdobjem delovanja), diagram trajanja obdobja delovanja t_j (ko se porablja moč P_j) in velikost površine A , osvetljene z enako postavitvijo razsvetljave.

V prilogi A so prikazani različni načini delovanja in primeri izračunov kazalnikov energijske učinkovitosti, skupaj z tipičnimi vrednostmi kazalnikov energijske učinkovitosti sodobnih tehničnih rešitev svetilk in inštalacij. Tako so npr. prikazani diagrami delovanja s polno močjo (svetilke obratujejo konstantno s polno močjo), delovanja z več stopnjami moči (različni nivoji razsvetljave v časovnih intervalih – klasični tip redukcije) in delovanja z več stopnjami moči in krmiljenjem glede na gostoto prometa (različni nivoji razsvetljave skozi časovni interval, znotraj nivojev so podnivoji, ki se krmilijo glede na prisotnost prometa). V prilogi B je predstavljen svetlobni izkoristek inštalacije in njegovi faktorji. V prilogi C je predstavljen svetlobni faktor razsvetljave, ki se lahko uporablja za označevanje energijske učinkovitosti inštalacij cestne razsvetljave, neodvisno od uporabljenih svetlobnih komponent. V prilogi D so podana še priporočila glede predstavitve kazalnikov energijske učinkovitosti.

Priloga C: Ureditev področja cestne razsvetljave v tujini

V skladu z evropskim pravnim redom morajo nacionalni organi za standardizacijo evropske standarde prenesti v nacionalno ureditev kot enake nacionalne standarde in umakniti nasprotujoče nacionalne standarde. Posledično je serija evropskih standardov EN 13201 veljavna tako v Sloveniji kot tudi v sosednjih evropskih državah.

Ker pa prvi zvezek te serije z oznako SIST-TP CEN/TR 13201-1: 2015 zaradi nezadostnega konsenza držav članic EU ni bil sprejet kot standard, ampak kot tehnično poročilo, so nekatere države sprejele nacionalne verzije tega dokumenta. Kratek pregled stanja po sosednjih državah je podan v nadaljevanju, pregled nekaterih nacionalnih dokumentov, ki se uporabljajo namesto CEN/TR 13201-1, pa v naslednjem poglavju. Podatki so bili zbrani s pomočjo ankete med strokovnjaki, ki se profesionalno ukvarjajo z cestno razsvetljavo.

Avstrija: Osvetlujejo se samo ceste in ulice v naseljih, izven naselij pa ne. V uporabi so deli 2 do 4 standarda EN 13201, namesto prvega dela pa je v uporabi nacionalni dokument ÖNORM O 1055. Poleg tega sta v uporabi še dva nacionalna dokumenta, povezana s cestno razsvetljavo: ÖNORM O 1051 "Straßenbeleuchtung - Beleuchtung von Konfliktzonen" in ÖNORM O 1052 "Lichtimmissionen - Messung und Beurteilung". Uporaba skupine standardov EN 13201 ni obvezna, vendar pa večina projektantov priporočila v standardih (striktno) upošteva, tako vrednosti svetlosti in osvetljenosti kot tudi enakomernosti. Izjema so prenove cestne razsvetljave, kjer se zamenja samo svetilke, vendar pa generalno gledano vrednosti pod priporočenimi niso sprejemljive. Znižanje svetlosti svetlobnotehničnega razreda M6 je možno za 50 %, če je v sistem vključeno sprotno štetje prometa, ne pa na podlagi statističnih podatkov o prometu. Cestna razsvetljava se v nočnem času ne ugaša, razen če se tako odloči občina v dogovoru z občani in službami za nujne primere. Tudi razsvetljava za pešce in kolesarje v naseljih se ponoči ne ugaša, prav tako ne razsvetljava avtobusnih postajališč.

Poleg svetlobnotehničnih parametrov se gleda tudi na izgled inštalacije razsvetljave podnevi. V povezavi s svetlobnim onesnaževanjem obstajajo določene omejitve glede svetlosti stavb, svetlobnih snopov in barvne temperature, podane v ÖNORM O 1052, ki ga organi striktno upoštevajo kot stanje tehnike, ni pa obvezen. Nova spoznanja na področju svetlobnega onesnaževanja se upoštevajo pri projektiranju cestne razsvetljave. Kljub temu imajo nekateri okoljevarstveniki določene pomisleke, npr. o smiselnosti osvetljevanja krožišč izven naselij in o vrednostih v EN 13201-2.

Italija: O osvetljevanju cest izven naselij se odloča na lokalni ravni (občine). V uporabi so deli od 2 do 4 standarda EN 13201, namesto prvega dela pa se uporablja nacionalni standard UNI 11248 "Road lighting - Selection of lighting classes". Poleg tega so v uporabi še: UNI 11431 "Use of luminous flux controllers in road lighting", UNI/TS 11690 "Road lighting - Definition and evaluation of the object Visibility Factor (FVO) in street lighting installations according to UNI 11248", UNI/TS 11726 "Lighting design of pedestrian crossings in roads with motorized traffic" in UNI 10819 "Light and lighting - outdoor lighting application - lighting quantities and calculation procedures for the evaluation of the upward scattered luminous flux". Standardi načeloma niso obvezni, se pa nanje sklicuje nekaj zakonov. Standardi serije EN 13201 se pri projektiranju (striktno) upoštevajo in sicer vsi parametri za cestno razsvetljavo. Vrednosti, nižje od tistih za razred M6, se ne uporabljajo. Cestna razsvetljava se v nočnem času ne ugaša, se pa lahko parametri znižajo (po razredih). Prav tako se ne ugaša razsvetljava površin za pešce in avtobusnih postajališč.

Urbanistična stroka se delno upošteva v okviru načrtov razsvetljave (master plan). Problem svetlobnega onesnaževanja se rešuje s pokrajinsko zakonodajo in s standardom UNI 10819. Projektanti v veliko primerih upoštevajo nova spoznanja na tem področju in okoljevarstveniki so z novimi inštalacijami večinoma zadovoljni.

Madžarska: Ceste izven naselij se na splošno ne osvetljujejo, razen v določenih primerih (po tehtnem razmisleku), kot so: zelo obremenjeni odseki avtocest, servisne površine na avtocestah in z njimi povezani dovozi in izvozi, mostovi, krožišča, kritična križišča, prehodi za kolesarje in ceste med naselji, ki ležijo zelo blizu skupaj in ki vključujejo tudi pločnike in/ali kolesarske steze. V uporabi je vseh 5 delov EN 13201 z originalno vsebino. Standard sicer ni obvezen, se pa uporablja kot referenca. Lokalna zakonodaja lahko predpisuje tudi nižje vrednosti, npr. načrt razsvetljave (master plan) za Budimpešto dovoljuje 5 % manjšo enakomernost za M razrede od 1 do 4 in 10 % manjšo enakomernost za razreda M5 in M6. Znotraj naselij se za asfaltirane ceste uporabljajo M razredi, za makadamske pa načeloma P razredi. Znižanje svetlosti pod vrednost za M6 je dovoljena in se uporablja. Nekatere občine želijo ugašati cestno razsvetljava v nočnem času, kar velikokrat ni možno, ker je napajanje povezano z napajanjem semaforjev. Načeloma se tudi razsvetljava za pešce in kolesarje v nočnem času ne ugaša, razen v nekaj primerih. Se pa ugaša razsvetljava avtobusnih postajališč, če ni vezana na drugo cestno razsvetljava.

Urbanistična stroka se pri načrtovanju razsvetljave ne upošteva. Uporabljajo pa se določeni ukrepi za zmanjšanje svetlobnega onesnaženja, kot npr. uporaba svetilk z ravnim steklom, naklon svetilk 0°, če je možno tako doseči ustrezne svetlobnotehnične parametre, in omejitev barvne temperature na 3000 K. Projektanti poznajo nova spoznanja na področju svetlobnega onesnaževanja, so pa »prisiljeni« se držati standarda, kar njihovo uporabo včasih izključuje. Obstaja tudi nacionalni dokument o svetlobnem onesnaževanju, ki predpisuje, da nobena nova inštalacija ne sme povečati umetne svetlosti neba (artificial airglow), vendar se ne upošteva in ne zahteva. Veliko pritožb okoljevarstvenikov ni, razen v res ekscesnih primerih (barvno osvetljene fasade, močno razsvetljena parkirišča trgovskih centrov izven delovnega časa, močno osvetljeni oglasni panoji, slabo usmerjena kmetijska razsvetljava, razsvetljava zabavišč ...).

Hrvaška: Standard EN 13201 je sprejet tudi kot hrvaški standard HRN EN 13201 vključno s prvim delom, ki ima oznako HRN CEN/TR 13201-1 in je, tako kot ostali deli, prevzet v angleškem jeziku. Na naravovarstvenem področju ima Hrvaška "Zakon o zaščiti od svetlosnog onečišćenja" in "Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvijetljanja i načinima upravljanja rasvijetnim sustavima". Za več podatkov ni bilo mogoče najti ustreznega sogovornika.

Nemčija: Pogled na cestno razsvetljava v Nemčiji se v posameznih zveznih deželah malo razlikuje. Ceste izven naselij se načeloma ne osvetljujejo. Pri načrtovanju razsvetljave v naseljih pa se tolerira tudi odstopanja od standarda glede osvetljenosti (svetlosti) in enakomernosti, še posebej ob prenovi razsvetljave, ko se zamenja samo svetilke in ne tudi stebrov. Nemci so v svoj sistem standardizacije sprejeli standard EN 13201, vendar samo dele od 2 do 4. Namesto prvega dela imajo svoj nacionalni standard z oznako DIN 13021-1. Standard je podrobneje opisan v nadaljevanju. Uporaba standarda sicer ni obvezna, ga pa smatrajo kot priporočila. Uporaba redukcije svetlobnega toka in ugašanje razsvetljave v nočnem času sta odvisna od lokalnih odločitev. Ponekod se prakticira tudi zniževanje nivojev pod M6 oz. P6. Razsvetljava cest se načeloma ne ugaša, se pa ponekod ugaša razsvetljava površin za kolesarje in pešce. Enako velja za razsvetljava avtobusnih postajališč.

V povezavi s svetlobnim onesnaževanjem splošnih predpisov ni, obstaja pa npr. predpis na to temo v povezavi z razsvetljava na železnicah. Kljub temu se projektanti zavedajo problema, na to pa jih opozarjajo tudi okoljevarstveniki.

Češka: Za cestno razsvetljava na Češkem so odgovorne občine. V uporabi je prevzet standard EN 13201 in sicer vseh pet delov vključno s prvim. Uporaba je obvezna za bolj prometne (tranzitne) ceste. Pri novih inštalacijah se standard striktno uporablja, pri prenovah (samo zamenjava svetilk) pa ne. Nižje vrednosti parametrov, kot so v standardu, se načeloma tolerira pri obstoječih inštalacijah, pri novih ne. Znižanje parametrov je možno v okviru razredov. Pri

projektiranju je treba upoštevati načrt razsvetljave (master plan) občine, ki je obvezen dokument za občino. Znižanje parametrov pod vrednosti za razred M6 se ne uporablja. Se pa v manjših naseljih (vaseh) uporablja izklapljanje cestne razsvetljave v nočnem času, vendar ne na tranzitnih cestah. Delno se prakticira tudi ugašanje razsvetljave za pešce in kolesarje, odvisno od območja (industrijsko, turistično), podobno velja tudi za razsvetljavo na avtobusnih postajališčih.

Na področju svetlobnega onesnaževanja ima češka tehnični standard ČSN 360 459, ki ga je treba upoštevati pri novih inštalacijah. Z uporabo tega standarda so bila v projektiranje privzeta tudi nova spoznanja na področju svetlobnega onesnaženja. Mnenje okoljevarstvenikov o cestni razsvetljavi je podobno kot v Sloveniji.

Slovaška: Ceste izven naselij se danes ne osvetljujejo več, so se pa v preteklosti, tako da je nekaj starejših inštalacij še v uporabi. Tudi na Slovaškem je v uporabi vseh 5 delov standarda EN 13201, pri čemer ima celo prvi del status standarda z oznako STN 36 0410. Uporaba standarda sicer ni obvezna, ga pa v večini primerov uporabljajo. Tudi v primeru razsvetljave na manj prometnih in ruralnih področjih se razsvetljava načrtuje v skladu s standardom. Urbanistična stroka se v načrtovanje razsvetljave ne vključuje, (pre)visoki stebri ne predstavljajo problema, se pa v zadnjem času zaradi varčevanja pojavljajo v urbanem okolju inštalacije z razmeroma nizkimi stebri (3 m). Redukcija svetlobnega toka se včasih uporablja, vendar s tem povezana navodila ali priporočila ne obstajajo. Določene občine cestno razsvetljavo v nočnem času tudi v celoti ugašajo, predvsem zaradi varčevanja. Razsvetljava za pešce in kolesarje se običajno ne ugaša, razen v primerih, ko so uporabljeni senzori prisotnosti. Prav tako se ne ugaša razsvetljave avtobusnih postajališč, ki pa so praviloma osvetljena samo v mestih, kjer avtobusni promet poteka celo noč.

Na področju svetlobnega onesnaževanja za cestno razsvetljavo praktično ni omejitev. Ponekod se uporablja kriterij $ULOR=0$, drugače pa slovaška zakonodaja vsiljeno svetlobo omejuje samo pri razsvetljavi delovišč, športnih objektov in privatnih zemljišč. Se pa na tem področju želijo uveljaviti spremembe vsaj za nove inštalacije. Projektanti razsvetljave v večini primerov ne poznajo problematike svetlobnega onesnaževanja.

Nizozemska: Na Nizozemskem se osvetljujejo tudi ceste izven naselij, še posebej pri gostem ali mešanem prometu (pešci, kolesarji). Izjema so zaščitena naravna področja. Standard EN 13201 je sprejet v nacionalni sistem standardizacije z deli od 2 do 5, namesto prvega dela pa obstajajo nacionalna priporočila (guidelines). Pri načrtovanju razsvetljave se večinoma držijo priporočil v standardu, še posebej v urbanem okolju. Upošteva se tudi urbanistično stroko, kar lahko vpliva na postavitve stebrov ... Znižanje svetlobnotehničnih parametrov pod vrednosti razreda M6 je dovoljeno in se tudi uporablja. Ugašanje cestne razsvetljave v nočnem času ni pogosta praksa, bolj se uporablja regulacija svetlobnega toka. Se pa v nočnem času ugaša razsvetljava manj obremenjenih poti za pešce in kolesarje v zaščitениh naravnih področjih. Avtobusna postajališča so osvetljena celo noč, predvsem zaradi strahu pred vandalizmom.

Svetlobno onesnaževanje vpliva na načrtovanje cestne razsvetljave, posebno na mejah zaščitениh naravnih področij in v primeru, ko bi lahko prišlo do vsiljene svetlobe v stanovanja. Projektanti upoštevajo tudi dobre nasvete okoljevarstvenikov. Na področju svetlobnega onesnaževanja obstajajo tudi nacionalna priporočila, ki večinoma povzemajo CIE dokumente s tega področja. Razprave o svetlobnem onesnaženju se večinoma vrtijo okoli vprašanja, ali naj bi določena cesta bila osvetljena oziroma ali naj bi se uporabljala regulacija svetlobnega toka, nivoji svetlosti/osvetljenosti pa običajno niso vprašljivi.

Poljska: Na Poljskem se osvetljuje tudi ceste izven naselij, ker pa so za to odgovorne občine, je to odvisno tudi od finančnega stanja občine. V uporabi je vseh 5 delov standarda EN 13201, in sicer v angleškem jeziku. Uporaba standarda sicer ni obvezna, se ga pa projektanti večinoma držijo. Velikokrat uporabo standarda zahtevajo tudi investitorji v naročilih. Prav tako

je zahtevana s strani Generalne direkcije za ceste in avtoceste. Pri starejših inštalacijah in v primerih, ko po izvedbi niso zahtevane meritve, pa projekti lahko tudi odstopajo od zahtev standarda. So pa v uporabi tudi nekateri nacionalni dokumenti s področja cestne razsvetljave: WR-D-41-4 "Guidelines for designing pedestrian Infrastructure. Part 4: Design of pedestrian crossing lighting", WR-D-72-1 "Guidelines for designing devices for lighting rural roads. Part 1: Basic and specific requirements" in WR-D-72-2 "Guidelines for designing devices for lighting rural roads. Part 2: Catalog of typical solutions". Uporabljata se tudi standard EN 12464-2 (za parkirišča) in dokument CIE 150 (glede svetlobnega onesnaževanja). Pri projektiranju razsvetljave načeloma urbanistična stroka ne sodeluje. Vrednosti svetlobnotehničnih parametrov pod zahtevanimi za M6 se običajno ne uporabljajo, se pa vsaj v ruralnih področjih cestna razsvetljava v celoti ugaša v nočnem času. O tem običajno odločajo občine ali upravljalci cest. Nacionalnega priporočila na to temo ni. Razsvetljava površin za pešce in kolesarje se načeloma ne ugaša, se pa v nočnem času svetlobni tok zmanjšuje glede na količino prometa. Avtobusna postajališča ostanejo osvetljena tudi v nočnem času.

Projektanti večinoma ne poznajo ali upoštevajo novih spoznanj na področju svetlobnega onesnaževanja. Bolj ozaveščeni se trudijo upoštevati tudi to, se pa vseeno držijo zahtev v standardu. Se pa pojavljajo tudi določeni ukrepi v smeri manjšega svetlobnega onesnaževanja, nekateri investitorji npr. zahtevajo ULOR=0. Obstajajo sicer nacionalna priporočila na to temo (WR-D-72-1, 2022), ki naj bi veljala za državne ceste, vendar se jih ne držijo vsi. Naravovarstveniki in ozaveščeni državljani so mnenja, da je cestne razsvetljave preveč in da so nivoji previsoki.

Danska: Na danskem osvetljujejo samo ceste v naseljih. Standard EN 13201 je na Danskem prevzet v celoti, vključno s prvim delom, uporaba ni obvezna in se ne uporablja direktno, pač pa imajo na njegovi podlagi izdelan priročnik za cestno razsvetljava. Ugašanje cestne razsvetljave v nočnem času se ne prakticira, pač pa se (obvezno) uporablja redukcija svetlobnega toka za en ali več razredov. Podobno velja tudi za razsvetljava površin za pešce in kolesarje.

Danci imajo nacionalni predpis na področju svetlobnega onesnaževanja. Projektanti cestne razsvetljave se te problematike zavedajo in upoštevajo tudi nova spoznanja s tega področja.

Švedska: Praviloma se na Švedskem osvetljujejo ceste v naseljih, kjer je mešan promet in ki jih uporabljajo tudi ranljivejši udeleženci v prometu. Ceste izven naselij se ne osvetljujejo, razen če je promet zelo gost in je orientacija zelo zahtevna. Osvetljujejo se tudi ceste zunaj naselij v bližini šol in avtobusnih postajališč z veliko potniki, predori in krožišča. Med švedskimi standardi najdemo vseh pet delov EN 13201, vendar pa se striktno uporabljata samo drugi in tretji del. Predvsem na drugi del napotuje dokument "Swedish Transport Agency's regulations and general advice on property requirements for roads, streets, tramways and subways (building regulations)", ki opisuje tudi načrtovanje cestne razsvetljave. Za SS-EN 13201-2 obstajajo tudi določene nacionalne zahteve. Pri projektiranju poleg zahtev omenjenega standarda pogosto upoštevajo tudi nasvete urbanistične stroke, tako da se poleg ustreznih svetlobnotehničnih parametrov trudijo zagotoviti tudi ustrezen izgled cestne razsvetljave kot tudi stroškovno učinkovitost. Projektanti sodelujejo tudi z okoljevarstveniki, da bi vpliv razsvetljave na naravo čim bolj zmanjšali. Razred M6 se ne uporablja veliko, precej več je v uporabi WE5 (za mokro cestišče), pri katerem pa se uporablja tudi redukcija svetlobnega toka po urniku (navedeno v naslednjem odstavku). Ugašanje razsvetljave v nočnem času se ne uporablja, uporablja se redukcija svetlobnega toka. Enako velja tudi za avtobusna postajališča. Pri razsvetljavi površin za pešce in kolesarje pa se ugašanje razsvetljave v nočnem času uporablja v kombinaciji s senzorji prisotnosti.

Na novejšje projekte vpliva tudi zavedanje o problemih svetlobnega onesnaževanja. Imajo tudi nacionalne smernice na tem področju, ki bodo implementirane v 2024 in ki v glavnem podajajo sledeče zahteve: nobene razsvetljave izven urbanih področij (z nekaj izjemami), uporaba

ustreznih orodij za načrtovanje (GIS), kjer so označena občutljiva področja, uporaba ravnega stekla in $ULOR=0$, čim manj modre svetlobe in barvna temperatura mora biti manjša od 3000 K, podane so omejitve glede svetlobnega izkoristka svetilk, zniževanje svetlobnega toka v nočnem času za 40 % (med 20:00 in 22:00 ter med 5:00 in 6:00) in 60 % (med 22:00 in 5:00), svetlobnotehnični parametri naj ne bi presegali minimalnih vrednosti za več kot 20 %, uporaba senzorjev prisotnosti na peščevih in kolesarskih površinah (če je primerno), daljinsko krmiljenje cestne razsvetljave, posebne zahteve, kjer bi cestna razsvetljava lahko vplivala na živali (npr. preprečevala prehod določenih področij ...).

Finska: Odločitev o osvetljevanju določenih cest (v naselju ali izven njega) temelji na količini prometa in stroškovni analizi. So pa nekatere ceste, npr. predori, avtoceste v urbanih področjih ...) vedno osvetljene. Pri načrtovanju cestne razsvetljave se uporabljata predvsem drugi in tretji del standarda EN 13201, vsebina prvega dela pa je vključena v nacionalne smernice za projektiranje cestne razsvetljave. Uporaba standardov načeloma ni obvezna, se pa v razpisih za izvedbo cestne razsvetljave velikokrat zahteva. Pri projektiranju se tudi v manj naseljenih področjih držijo M razredov, če je cesta asfaltirana, drugače pa uporabljajo C razrede. Projektanti upoštevajo tudi urbanistično stroko, če je pomemben tudi izgled inštalacije. Prav tako se pri pripravi načrtov, vsaj v večjih mestih, pazi na vsiljeno svetlobo. Pri načrtovanju cestne razsvetljave se večinoma uporabljajo samo razredi M3 do M5 in redukcija svetlobnega toka po urniku. Kjer je možna regulacija svetlobnega toka, se ta zmanjša za 40 % med 20:00 in 22:00 uro ter med 5:00 in 6:00 uro, ter za 60 % med 22:00 in 5:00 uro. Kjer regulacija ni možna (takih je približno 17 % inštalacij), se cestno razsvetljava ugasne med 0:00 in 5:00 uro. Razsvetljave površin za pešce in kolesarje se običajno v nočnem času ne ugaša, ampak se uporablja redukcija svetlobnega toka, če tehnologija to omogoča. Enako velja za avtobusna postajališča.

Za mnenje okoljevarstvenikov velja precejšnje zanimanje predvsem na višjih nivojih odločanja, na nižjih manj – odvisno od projekta in lokacije. Posebnega nacionalnega dokumenta na to temo ni, predvsem se uporabljajo načela iz dokumenta CIE 150.

1 Nemški nacionalni standard DIN 13201-1:2021-09

V standardu je najprej predstavljena kategorizacija cest, parametri in utežne vrednosti. Parametri za določanje posameznih razredov razsvetljave so podani za vsak tip prometne površine posebej. Ceste so kategorizirane na avtoceste (Autobahnen), podeželske ceste (Landstraßen – außerorts), glavne prometnice (Hauptverkehrsstraßen), dovozne ceste (Erschließungsstraßen), zbirne ceste (Sammelstraße) in stanovanjske ulice (Anliegerstraße), kolesarske steze (Radwege), steze za pešce (Gehwege) in na druge prometne površine (sonstige Verkehrsflächen), kot so konfliktna območja, parki in počivališča. Vse kategorije imajo določene še podkategorije cest z opisanimi omejitvami.

Parametri, ki se upoštevajo pri določanju razreda razsvetljave za posamezen tip ceste, so: maksimalna dovoljena hitrost, širina prometnih pasov, število vozlišč, ločitev smernega pasu, število pasov v vsaki smeri, eno-/dvosmerni režim prometa, smer hoje, strukturna razmejitev ali prostorska ločitev od sosednjih prometnih površin, obseg prometa, prometni tok kolesarjev, prometni tok pešcev, sestava prometa, kolesarji, pešci, svetlost okolice, parkirana vozila, prepoznavanje obraza, rezidenčna funkcija in potreba po dodatnih zahtevah. Pri določenem tipu prometne površine niso relevantni vsi naštetih parametri, pač pa se utežne vrednosti določajo le za določene parametre.

Svetlobnotehnični razredi M se določijo posebej za avtoceste, podeželske ceste, glavne prometnice in zbirne ceste, kjer je omejitev hitrosti > 30 km/h, in za vsak določen časovni interval posebej. Razredi razsvetljave, ki se uporabljajo ob različnih časovnih intervalih, se ne smejo razlikovati za več kot tri svetlobnotehnične razrede.

Svetlobnotehnični razredi za konfliktna območja C se določijo iz tabele, ki prikazuje izbiro razredov razsvetljave C in P glede na razrede M in glede na vrednost svetlobnosti cestne površine. V tabeli so prikazane tudi referenčne srednje vrednosti svetlosti za posamezne svetlobnotehnične razrede. Podane so zaradi zahteve, da je razmerje srednjih vrednosti svetlosti sosednjih območij največ 2,5. Iz iste tabele se določijo tudi svetlobnotehnični razredi P za primere, ko se cesta obravnava kot ločeno območje in morajo biti sosednje prometne površine osvetljene glede na določen svetlobnotehnični razred za cesto. Določanje svetlobnotehničnega razreda C z upoštevanjem utežnih vrednosti pri posameznih parametrih v tem standardu ni zajeto.

Svetlobnotehnični razredi P se določijo po podobnem postopku kot razredi M za različen tip prometne površine, kot so zbirne ceste, kjer je omejitev hitrosti ≤ 30 km/h, stanovanjske ulice, kolesarske steze, steze za pešce in druge prometne površine, kjer je omejitev hitrosti ≤ 30 km/h (parkirišča, počivališča, avtobusna postajališča). Razredi razsvetljave, ki se uporabljajo ob različnih časovnih intervalih, se ne smejo razlikovati za več kot tri svetlobnotehnične razrede.

Ko določimo utežne vrednosti za posamezne parametre, je postopek določanja razreda razsvetljave za obravnavan tip prometne površine enak kot v tehničnem poročilu SIST-TP CEN/TR 13201-1. Svetlobnotehnični razred dobimo iz podane enačbe z uporabo seštevka utežnih vrednosti.

2 Švicarski nacionalni standard SNR 13201-1:2016

Švicarski prvi del se drži postopka prvega dela evropskega standarda, razlike so le v velikosti utežnih vrednostih in pri opisih posameznih veličin parametra »gostota prometa«.

Parameter »gostota prometa« se deli na dva dela in tako k seštevku utežnih vrednosti prispeva dve vrednosti. Najprej se utežne vrednosti določajo na podlagi povprečnega dnevnega števila vozil v obe smeri, nato pa se utežna vrednost določi še na odstotek največje zmogljivosti gostote prometa. Gostota prometa ima tako večjo težo pri doprinosu utežnih vrednosti SUV, kar je tudi smiselno, saj je gostota prometa eden od ključnih parametrov pri določanju razreda razsvetljave.

Svetlobnotehnični razredi M in P se določijo na enak način kot v prvem delu evropskega standarda. Za določanje svetlobnotehničnega razreda C sta podani dve možnosti. Tako kot v prvem delu evropskega standarda lahko svetlobnotehnične razrede C določimo iz tabele, kjer je prikazana izbira razredov C glede na razrede M. Druga možnost je, da razrede določimo po enakem postopku kot razrede M in P, torej z uporabo parametrov in utežnih vrednosti. Dodatna razlika glede na evropski standard je ta, da so podane drugačne mejne vrednosti svetlobnosti Q_0 v tabeli za izbiro ustreznega C razreda glede na M razred.

3 Avstrijski nacionalni standard ÖNORM O 1055:2017-09

Avstrijski prvi del tako kot švicarski za gostoto prometa uporablja podatke povprečnega dnevnega števila vozil v obe smeri, tako za motorna vozila kot tudi za pešce. Tudi za ostale parametre so v opisih bolj definirane situacije, na podlagi katerih izberemo utežno vrednost.

Svetlobnotehnični razredi M in P se določijo na enak način kot v prvem delu evropskega standarda. Za določanje C razredov je prav tako podana enaka tabela za izbiro razreda C glede na razred M, določanje razreda C z upoštevanjem utežnih vrednosti pri posameznih parametrih pa v tem standardu ni vključeno.

Parametri, ki se upoštevajo pri določanju razreda razsvetljave za posamezen tip ceste, so enaki kot v prvem delu evropskega standarda (predvidena hitrost ali omejitev hitrosti, gostota

prometa, sestava prometa, ločitev smernih vozišč, pogostost vozlišč in križišč, parkirana vozila, svetlost okolice in zahtevnost navigacije). Enake so tudi utežne vrednosti, razlike so le pri opisu nekaterih parametrov, npr. pri parametru »gostota prometa« pri določanju svetlobnotehničnih razredov M so, namesto odstotkov največje zmožljivosti cestnih površin, navedena konkretna števila vozil, parameter »potovalna hitrost« pri določanju svetlobnotehničnih razredov P je tudi bolj točno definiran ipd.

Prav tako je v standardu dodana tabela, ki prikazuje izbiro razredov C in P glede na razrede M in glede na vrednost svetlobnosti. Tabela je namenjena uporabi na področjih, kjer je cesta obravnavana kot ločeno prometno področje in je treba tudi sosednja območja uvrstiti v ustrezne svetlobnotehnične razrede. Za primere, ko ni dovolj parametrov za ustrezno uvrstitev sosednjih območij v ustrezen svetlobnotehnični razred, npr. na odstavnih pasovih, kolesarskih stezah ali pločnikih, je lahko izbrani svetlobnotehnični razred največ dve ravni nižji od sosednjega razreda.

V tabeli so, glede na svetlobnotehnične razrede M in glede na vrednosti svetlobnosti cestne površine, podani tudi razredi razsvetljave SC, EV in HS, ki jih v prvem delu evropskega standarda ne najdemo (v opombah je sicer navedeno, da so razredi HS v Avstriji praktično nepomembni).

Pri opisu prehajanja iz osvetljenega področja v manj osvetljeno ali neosvetljeno področje in obratno je navedeno, da je lahko brez uporabe prilagodljivega sistema razsvetljave razlika v razredih osvetlitve obeh območjih za največ dva razreda.

V standardu je podana tudi razširitev utežnih vrednosti za parameter »gostota prometa« za časovni okvir med 22:00 in 06:00, z namenom zmanjšanja svetlobnotehničnega razreda v tem času. Razširjene utežne vrednosti so določene na dva načina, in sicer na podlagi povprečne vrednosti dnevnega prometa v eni tabeli in na podlagi maksimalne urne gostote prometa v tem času v drugi tabeli. Če uporabimo drugi način, lahko časovno obdobje od 22:00 do 06:00 razdelimo na več manjših časovnih intervalov in utežno vrednost za gostoto prometa določimo na podlagi maksimalne urne gostote prometa v tem časovnem intervalu.

Za področja, kjer je promet urejen ali nadzorovan s prometnimi senzorji (nem. »Verkehrssensoren«), mora biti tudi v obdobjih brez prometa vzdrževana minimalna raven osvetlitve, ki ne sme biti manjša od 50 % svetlosti/osvetljenosti najnižjega svetlobnotehničnega razreda M, C ali P (torej 50 % M6, C5 ali P6). Ko senzor zazna prisotnost udeleženca v prometu, se nastavi raven prilagodljive osvetlitve, ki ustreza trenutnemu časovnemu obdobju.

4 Britanski nacionalni standard BS 5489-1:2020

Prvi del britanskega standarda BS 5489 v glavnem delu detajlno podaja navodila za projektante cestne razsvetljave. Najprej so opisani razlogi za potrebo po cestni razsvetljavi, dotika se vpliva na okolje, trajnosti, ekonomike in vpliva razsvetljave na človeka. Na temo projektiranja cestne razsvetljave navaja in utemeljuje ustrezna mesta za postavitve svetilk, tehnologije svetilk, svetlobnih virov, načinov krmiljenja razsvetljave, navaja tudi fotometrične lastnosti v povezavi z drugim in tretjim delom standarda BE EN 13201 ter opisuje razsvetljavo posebnih površin, kot so konfliktna področja, mostovi, letališča, pristanišča ipd. V prilogah B – G standard bolj natančno opisuje tudi pojme, kot so trajnost, tipični faktorji vzdrževanja in njihov izračun ter opis postopka projektiranja cestne razsvetljave za različne tipe prometnih površin. O svetlobnotehničnih razredih je govora v prilogi A.

Svetlobnotehnični razredi M so določeni v dveh tabelah. V obeh so razredi določeni za pogoje, kot so zmerna osvetljenost okolice, dobra vidljivost in ne-prisotnost parkiranih vozil. V prvi tabeli so podani svetlobnotehnični razredi za avtoceste (motorways), kjer je hitrost vozil $v \geq 60$ mph, in za prometne površine, ki jih uporabljajo tako vozniki motornih vozil kot tudi

kolesarji in pešci in je hitrost vozil $40 < v < 60$ mph. Poleg hitrosti se pri izbiri svetlobnotehničnega razreda upoštevajo še parametri gostota prometa (angl. »traffic flow«), tip vozišča (enopasovnica, dvopasovnica) (angl. »single carriageway, dual carriageway«), pri dvopasovnicah pa upoštevamo še pogostost vozlišč/križišč, kjer za veliko pogostost velja, da so vozlišča/križišča manj kot 3 km narazen. V primerih, ko imamo veliko pogostost križišč, se z oceno tveganja ugotovi, ali katero od križišč predstavlja konfliktno območje. Gostota prometa se lahko določa ali glede na povprečni dnevni promet (angl. »average daily traffic«) in določene vrednosti v tem standardu ali pa glede na procentualne omejitve, ki so podane v EN 13201-1.

V drugi tabeli so podani svetlobnotehnični razredi za prometne površine, ki jih uporabljajo vozniki motornih vozil, kolesarji in pešci in kjer je hitrost vozil $v \leq 40$ mph. Parametri in opisi parametrov so enaki kot v prvi tabeli, prav tako določila glede določanja gostote prometa.

Poleg parametrov iz EN 13201-1 se pri izbiri svetlobnotehničnega razreda lahko upošteva tudi oceno tveganja (angl. »risk assessment«) pri prometnih površinah s specifičnimi značilnostmi. Ocena tveganja se uporabi pri upoštevanju parametrov, kot so:

- sestava prometa (kadar gre za souporabo motornih vozil z majhno hitrostjo, pešcev in kolesarjev),
- prisotnost parkiranih vozil, avtobusnih postajališč ali prehodov za pešce,
- svetlost okolice (če je ta npr. nizka, je smiselno znižati tudi svetlobnotehnični razred) in
- vidno vodenje (če je vidno vodenje zaradi različnih dejavnikov slabo, je smiselno povečati svetlobnotehnični razred).

Ob upoštevanju vseh parametrov lahko projektant ustrezno prilagodi svetlobnotehnični razred, običajno ne več kot en razred navzgor ali navzdol.

Svetlobnotehnični razredi C so za konfliktna področja definirani na podlagi svetlobnotehničnega razreda ceste pred konfliktnim področjem, in sicer so za en razred višji od M razreda za vse ravni osvetljenosti. Kjer se srečajo prometne poti z različnimi razredi M, se upošteva največji izmed njih pri določanju razreda za konfliktno področje. Za kompleksna ali velika enonivojska križišča, ki predstavljajo konfliktna področja, se splošno priporoča montaža manj svetilk na stebrih, višjih od 12 m.

Pri izbiri svetlobnotehničnega razreda P se upošteva parametre, kot so gostota prometa, okoljska cona (angl. »environmental zone« – cone so povzete iz dokumenta »Guidance notes for the reduction of obtrusive light«, Institution of Lighting Professionals, 2004) in vrste uporabnikov prometne poti (prometne poti samo za kolesarje in pešce in prometne poti za počasna vozila $v \leq 30$ mph). Dodatne zahteve se upoštevajo za območja z večjo stopnjo kriminala ali tam, kjer je pogojena varnost uporabnika prometne površine. Svetlobnotehnični razredi predstavljajo minimalno raven osvetljenosti na obravnavanem področju, za bolj ustrezno osvetljenje področja je treba izvesti oceno tveganja.

Pri oceni tveganja se upoštevajo parametri, kot so:

- sestava prometa (kadar gre za souporabo motornih vozil z majhno hitrostjo, pešcev in kolesarjev),
- kompleksnost vidne naloge (prisotnost parkiranih vozil, naprav za umirjanje prometa ipd.) in
- stopnja kriminala oz. potreba po prepoznavanju obrazov (po potrebi se lahko izbere še ustrezni svetlobnotehnični razred EV).

Prav tako se pri oceni tveganja upošteva S/P razmerje in vrednost indeksa barvnega videza izbrane svetilke. Ob upoštevanju vseh parametrov lahko projektant ustrezno prilagodi svetlobnotehnični razred, običajno ne več kot za en razred navzgor ali navzdol.

Standard se drži načela iz prvega dela evropskega standarda, da je za razsvetljavo na področjih za kolesarje, pešce in na poteh za počasna vozila zelo pomembna tudi splošna enakomernost osvetljenosti razsvetljave ter da mora biti povprečna vrednost osvetljenosti manjša kot 1,5-kratnik najmanjše vrednosti osvetljenosti, ki je navedena za določeni svetlobnotehnični razred.

V standardu je v tabeli podana tudi primerjava svetlobnotehničnih razredov C in P za področja mest in mestnih centrov glede na vrste uporabnikov prometnih površin (samo pešci, vozila in pešci na ločeni površini, vozila in pešci na isti površini), gostoto prometa in že omenjene okoljske cone. Tabela je namenjena za nekatera področja v mestnih središčih, ločena na okoljske cone, kjer je izbrano področje morda bolje osvetliti z uporabo svetlobnotehničnega razreda P kot pa C.

5 Italijanski nacionalni standard UNI 11248 EN

Svetlobnotehnični razredi se v tem standardu določijo glede na kategorijo ceste in omejitve hitrosti na cesti.

Najprej projektant obravnavani primer ceste razdeli na več con (angl. »study zones«). Cone se določi tako, da so pogoji parametrov, ki vplivajo na izbiro svetlobnotehničnega razreda posamezne cone, homogeni. Za vsako cono se nato določi kategorija ceste, na podlagi te pa s pomočjo tabele v standardu še ustrezni vhodni svetlobnotehnični razred.

Svetlobnotehnični razredi se delijo na: vhodni svetlobnotehnični razred (angl. »lighting design entry class«), svetlobnotehnični razred (angl. »lighting design class«) in obratovalni svetlobnotehnični razred (angl. »operating lighting design class«).

Vhodni svetlobnotehnični razred je odvisen izključno od kategorije ceste in omejitve hitrosti na cesti. Z analizo ocene tveganja se nato določi še svetlobnotehnični razred, ki zajema parametre s konstantnim vplivom pri delovanju razsvetljave in obratovalni svetlobnotehnični razred, ki poleg parametrov s konstantnim vplivom pri delovanju razsvetljave zajema tudi trenutne in možne razmere delovanja.

Pri analizi ocene tveganja svetlobnotehnični razred določimo s pomočjo tabel v standardu, kjer so podani vplivni parametri (kompleksnost normalnega vidnega polja, majhna gostota konfliktnih področij (določi projektant), vidne oznake v konfliktnih področjih, aktivna prometna signalizacija, nevarnost kriminala, odstotek maksimalnega urnega prometa, manjša kompleksnost vrste prometnih udeležencev), projektant pa lahko pri oceni tveganja zraven upošteva še druge parametre, ki so stalno prisotni (konstantno manjši prometni tok glede na maksimalnega, FAI prilagodljivi sistemi (FAI – Federated Artificial Intelligence adaptive systems)).

Z upoštevanimi parametri (npr. če se po statističnih podatkih pokaže, da je gostota prometa konstantno manjša od 50 % maksimalne zmogljivosti), se lahko glede na izbrani vhodni svetlobnotehnični razred zniža svetlobnotehnični razred za en razred. Če je manjša od 25 % maksimalne zmogljivosti, pa za dva razreda).

Za primere cest, kjer so poleg vozišča še druge prometne površine, uporabimo tabeli s primerjavo razredov osvetlitve M, C in P. V prvi tabeli so podane splošne primerjave razredov. Ta se od tabele v prvem delu evropskega standarda razlikuje po razvrstitvi razredov C in P glede na razrede M (npr. primerjava razreda C0 se lahko primerja z razredom M1 pri cestnih površinah z svetlobnostjo $Q_0 \leq 0,05 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$, za večje vrednosti svetlobnosti pa se razred

M1 primerja z razredoma C1 ali C2). Razredi P so primerljivi z razredi M3 – M6, ne glede na svetlobnost cestne površine.

V drugi tabeli so podani dodatni svetlobnotehnični razredi C in P za vrednosti svetlobnosti $0,05 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx} < Q_0 \leq 0,08 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}$, neodvisno od svetlobnosti pa še razredi EV.

Če obravnavamo cesto iz več tipov prometnih površin, katerih razlike v primerjavi razredov znašajo več kot dva razreda, se za vhodni razred izbere največji razred določene prometne površine.

Standard poleg navodil za izbiro svetlobnotehničnega razreda v prilogah podaja tudi navodila in primere glede razsvetljave križišč (priloga A), opisuje karakteristike, ki se nanašajo na svetlobnost cestnih površin (priloga B), vsebuje informacije o ocenjevanju korelacije med svetlobnimi zahtevami in tipi cest za pomoč pri projektiranju (priloga C), podaja normative, ki ponazarjajo značilnosti oblikovanja in upravljanja za nekatere vrste prilagodljivih sistemov razsvetljave (priloga D), in informacije za osvetljevanje kolesarskih poti in pločnikov (priloga E).

Priloga D: Predpisi na področju cestne razsvetljave

Cestna razsvetljava je obravnavana v več zakonih, pravilnikih in uredbah in je prav zaradi tega težko obvladljiva. V nadaljevanju je opisana vsebina različnih dokumentov, ki se posegajo na področje cestne razsvetljave. Poleg zadnjih veljavnih predpisov in osnutkov predpisov so upoštevani tudi predpisi, ki so sicer prenehali veljati, a so zaradi neuveljavitve novih predpisov še vedno v uporabi. Na koncu je za hiter pregled vsebine dodan še povzetek vseh zahtev in določil iz obravnavanih predpisov.

1 Zakon o cestah – ZCes-2 (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE)

V Zakonu o cestah je cestna razsvetljava opisana kot prometna oprema za zagotavljanje osvetljenosti posameznih delov ceste. Prometna oprema je definirana kot sredstvo in naprava za zavarovanje udeležencev cestnega prometa zaradi grajenih ovir in dejavnikov naravnega okolja, urejanje prometa, zagotavljanje prometne varnosti in prisilno ustavljanje vozil. S prometno opremo (in s tem tudi cestno razsvetljava) morajo biti ustrezno označene steze za pešce in prometna ureditev, ki jo za cesto ali njen del oziroma za naselje ali njegov del določi upravljalec ceste (2. člen). Z ustrezno prometno opremo se označijo tudi vse naprave za umirjanje prometa (25. člen). Natančneje je to opredeljeno v Pravilniku o prometni opremi in prometni signalizaciji v 24. členu. Javne ceste in nekategorizirane ceste, ki se uporabljajo za javni cestni promet, morajo biti opremljene s predpisano prometno signalizacijo in prometno opremo, ki udeležence cestnega prometa opozarja na nevarnost na cesti ali delu ceste, jim naznanja omejitve, prepovedi in obveznosti, jim daje potrebna obvestila za varen in neoviran promet ter jih vodi v promet. Prometna oprema mora ustrezati odrejeni prometni ureditvi in prometnotehničnim in varnostnim razmeram na cesti oziroma delu ceste. S prometno opremo se označujejo nevarnosti,časne obveznosti, omejitve ali prepovedi v prometu. V zakonu je navedeno tudi, da morajo biti prehodi za pešce in kolesarje ponoči osvetljeni v skladu s tem zakonom in zakonom, ki ureja varstvo okolja, natančnejših določil in usmeritev pa v dokumentu ni.

Prometna oprema je sestavni del ceste (11. člen). V 49. členu je določena delitev in kategorizacija javnih cest. Javne ceste so prometne površine, ki so splošnega pomena za promet in jih lahko vsak prosto uporablja na način in pod pogoji, določenimi s tem zakonom in zakonom, ki ureja pravila cestnega prometa (3. člen). Te se delijo na državne in občinske ceste. Državne ceste so v lasti Republike Slovenije, občinske pa v lasti občin. Glede na pomen za

promet in povezovalno funkcijo v prostoru se državne ceste kategorizirajo na avtoceste, hitre ceste, glavne ceste I. in II. reda, regionalne ceste I., II. in III. reda ter državne kolesarske poti, občinske ceste pa na lokalne ceste, javne poti ter občinske kolesarske poti. V 50. členu zakona je navedeno, da se za potrebe načrtovanja, spremljanja stanja, upravljanja, vzdrževanja in v statistične namene vodi evidenca o javnih cestah kot banka cestnih podatkov (BCP), ki obsega opisne, numerične, grafične in druge podatke o javnih cestah in objektih na njih in predstavlja enotno zbirko podatkov. Za državne ceste jo vodi direkcija, za občinske pa občina (50. člen, 115. člen).

Prometno opremo v okviru del rednega vzdrževanja postavlja in odstranjuje izvajalec rednega vzdrževanja ceste (24. člen). Postavitev, zamenjavo, dopolnitev ali odstranitev prometne signalizacije in prometne opreme na državnih cestah odredi upravljavec državne ceste (87. člen). Upravljavca občinskih cest in način izvajanja nalog upravljanja določi pristojni organ občine s splošnim aktom (108. člen). V 18. členu je navedeno, da se mora prometna oprema na javnih cestah postaviti in označiti v skladu s tem zakonom in tako, da je dobro vidno. Biti mora redno vzdrževana in ob vsakem uničenju, poškodovanju ali odstranitvi zamenjana, nadomeščena ali ponovno označena. Lastniki ali imetniki pravice uporabe zemljišč ob javni cesti morajo dopustiti posege, ki so nujno potrebni za nemoteno uporabo javne ceste, med drugim tudi postavitev prometne opreme (22. člen). V tem primeru se lahko lastninska pravica na nepremičnini začasno ali trajno obremeni s služnostjo v javno korist, lastniku pa v primeru ustanovitve služnosti v javno korist pripada odškodnina. V primeru da lastnik ne dopusti posegov, se ga kaznuje z globo. Naloge in pristojnosti upravljalca državnih cest so zapisane v 66. členu. Te naloge med drugim obsegajo vodenje evidenc o državnih cestah in zbirne evidence o javnih cestah, izdelavo strokovnih podlag za načrte vzdrževanja in razvoja državnih cest in izdelavo osnutkov teh načrtov ter naloge v zvezi s pripravo strokovnih podlag za tehnične predpise, ki urejajo projektiranje, gradnjo in vzdrževanje javnih cest. Upravljalca državnih cest redno vzdržuje državne ceste (68. člen), razen prometnih površin, objektov in naprav na cestnem zemljišču državne ceste, ki so v funkciji javnih površin naselja in jih vzdržuje občina (72. člen). Med prometne površine, objekte in naprave na cestnem zemljišču državne ceste, ki so v funkciji javnih površin naselja, a jih vzdržuje občina, spadajo odstavne niše, parkirne površine, avtobusna postajališča in druge prometne površine izven vozišča, kolesarske steze, pločniki in cestni objekti na teh površinah, cestna razsvetljava, semaforji, razen krmilnih naprav semaforjev, in prometna signalizacija z zunanjo ali notranjo osvetlitvijo s pripadajočim napajalnim omrežjem, vključno z oskrbo z električno energijo, in zelene površine ter urbana oprema v območju cestnega zemljišča. Posebnost so priključki občinskih cest na državno cesto. Priključke redno vzdržuje občina, prometno opremo in signalizacijo, namenjeno odvijanju prometa na državni cesti, pa vzdrževalec državnih cest. Prav tako direkcija vzdržuje prometno signalizacijo in prometno opremo državnih kolesarskih povezav, ki potekajo po občinskih cestah in so namenjene prometu kolesarjev (74. člen). Upravljalca občinskih cest redno vzdržuje in nadzira občinske ceste (110. člen), skupaj s cestnimi priključki do meje cestnega zemljišča občinske ceste s pripadajočo prometno signalizacijo in prometno opremo (111. člen).

Za izvajanje tega zakona se opravlja inšpekcijski nadzor, ki ga izvaja inšpektorat, pristojen za državne ceste, za občinske in nekategorizirane ceste pa občinski inšpekcijski organ (129. člen). Pri inšpekcijskem nadzoru se med drugim nadzira tudi, ali sta prometna signalizacija in prometna oprema na javnih cestah postavljeni in vzdrževani v skladu s pogoji, ki jih določajo predpisi, ki urejajo ceste (131. člen).

2 Pravilnik o projektiranju cest (Uradni list RS, št. 91/05, 26/06, 109/10 – ZCes-1, 36/18 in 132/22 – ZCes-2)

V Pravilniku o projektiranju cest je o cestni razsvetljavi zapisano v 59. členu v treh odstavkih. Določeno je, da cestna razsvetljava zagotavlja osvetljenost vozišča in površin ob cesti, tako da lahko udeleženci cestnega prometa zlahka opazijo tudi nepričakovane ovire v nočnem času ali ob neustrezni dnevni svetlobi. Kvaliteta cestne razsvetljave je določena s kriteriji vidljivosti, ki so odvisni od projektne hitrosti, nivoja in enakomernosti osvetlitve in osvetljenosti, omejitve bleščanja in načina optičnega vodenja.

Določene so tudi lokacije, kjer je treba namestiti cestno razsvetljava, in sicer na cestah v naseljih, v kanaliziranih križiščih, na razcepkih na daljinskih cestah, na križiščih glavnih in regionalnih cest zunaj naselij, na avtobusnih postajališčih, na hodnikih za pešce v območju označenih prehodov ali podhodov, na površinah kontrolnih postaj, bencinskih servisov, počivališč in oskrbnih postajališč ter parkirišč.

Določbe v zvezi z lokacijami, kjer je treba namestiti cestno razsvetljava, so bile novelirane v Pravilniku o projektiranju cest z določbami iz Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah, ki bistveno reducira prometne površine z obvezno osvetlitvijo. Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah je novejši predpis in je zato merodajen.

3 Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste (Uradni list RS, št. 86/09, 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2)

O cestni razsvetljavi je v Pravilniku o cestnih priključkih na javne ceste zapisano v 26. členu. Cestna razsvetljava priključka mora zagotoviti predpisano raven svetlosti in osvetljenosti vseh prometnih površin in ustrezno optično vodenje pri zmanjšani vidljivosti. V območju priključka je na glavni prometni smeri cestna razsvetljava določena z veljavnimi predpisi. Zahteve glede cestne razsvetljave pa ne veljajo za individualne priključke na cestah izven naselja. Individualnih priključkov ni treba osvetljevati.

4 Pravilnik o načinu označevanja javnih cest in o evidencah o javnih cestah in objektih na njih (Uradni list RS, št. 49/97, 2/04, 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2)

V pravilniku je v 18. členu določeno, da za potrebe obrambe in ukrepanje ob preusmeritvah prometa zaradi njegovega nemotenega ter varnega odvijanja vodi Direkcija Republike Slovenije za ceste združeno evidenco tehničnih podatkov o vseh javnih cestah. Vsako leto mora občinska uprava Direkciji Republike Slovenije za ceste poslati podatke o občinskih cestah za evidenco tehničnih podatkov o stanju, kot je to določeno v 17.e členu.

Ti podatki zajemajo poleg splošnih podatkov cest tudi podatke o prometni signalizaciji in prometni opremi ceste. Več o prometni opremi in prometni signalizaciji je zapisano v dokumentu Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah.

5 Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah (Uradni list RS, št. 99/15, 46/17, 59/18, 63/19, 150/21, 132/22 – ZCes-2 in 26/24)

V pravilniku je določen namen, vrste, pomen, obliko, barvo, velikost, lastnosti in postavljanje prometne signalizacije in prometne opreme na javnih in nekategoriziranih cestah, ki se uporabljajo za javni cestni promet (1. člen). V 2. členu v odstavku 6 je cestna razsvetljava določena kot del prometne opreme. Prometna oprema so, skupaj s prometno signalizacijo,

sredstva in naprave, ki udeležence cestnega prometa opozarjajo na nevarnosti, jim naznanjajo omejitve, prepovedi in obveznosti, ter dajejo potrebna obvestila za varen in neoviran promet ter jih vodijo v promet. V 5. členu je določeno, da mora prometna oprema ustrezati tehničnim standardom (glede oblike, barve, velikosti, materialov). Območja za postavljanje prometne opreme so določena v 7. členu. Območje za postavljanje prometne signalizacije in prometne opreme je pas vzdolž vozišča ceste, in sicer na avtocestah in hitrih cestah znaša 8,00 m, na drugih cestah pa 5,00 m, merjeno od zunanjšega roba vozišča. Če so sestavni del cestišča tudi kolesarske, pešceve ali druge prometne površine, znaša širina tega pasu 2,00 m, merjeno od zunanjšega roba teh površin. V 9. členu v odstavku 17 je določeno, da se lahko drogovi cestne razsvetljave uporabljajo tudi za nosilno konstrukcijo prometnih znakov. Splošne določbe glede cestne razsvetljave so zapisane v 75. členu. V tem pravilniku je cestna razsvetljava definirana kot razsvetljava, ki zaradi povečanja prometne varnosti vseh udeležencev prometa zagotavlja ustrezno vidljivost na cesti ponoči in ob zmanjšani vidljivosti. Razsvetljava mora glede na projektno hitrost ceste zagotavljati ustrezno raven osvetlitve in osvetljenost prometnih površin ter optično voditi promet v skladu s predpisi, ki urejajo dopustno svetlobno onesnaževanje okolja. Območja, kjer je potrebna cestna razsvetljava, so določena v tretjem odstavku tega člena. Razsvetljava je potrebna na prometno najbolj obremenjenih delih cest v naseljih, na prehodih in podhodih za pešce, v križiščih s tremi ali več razvrstilnimi pasovi, na razcepih avtocest in hitrih cest ter njihovih priključkih, servisnih prometnih površinah, na avtobusnih postajališčih rednih prog javnega prevoza potnikov, na cestah na mejnih prehodih ter v srednje dolgih in dolgih predorih. Kratki predori morajo biti razsvetljeni, le če je skozi predor dovoljen promet pešcev oziroma kolesarjev.

6 Pravilnik o kolesarskih površinah (Uradni list RS, št. 36/18 in 132/22 – ZCes-2)

V 2. členu tega dokumenta je v drugem odstavku določeno, da so sestavni del kolesarskih površin tudi parkirišča in počivališča za kolesa in njihova oprema ter prometna signalizacija in prometna oprema za kolesarje. V prvem odstavku 43. člena je določeno, da mora parkirišče za kolesa izpolnjevati pogoje za varno parkirišče z vidika osvetljenosti. Projektiranje prometne opreme na parkiriščih mora biti v skladu s področja prometne signalizacije in opreme na cestah (prvi odstavek 46. člena). 49. člen določa, da morajo biti s cestno razsvetljavo opremljeni vsi kolesarski prehodi, ceste v naseljih s souporabo prometnih pasov, mesta, kjer se prepleta motorni in kolesarski promet ter območja fizičnih naprav za umirjanje prometa kolesarjev v naseljih. Izven naselij razsvetljava na kolesarskih površinah ni potrebna. V tretjem odstavku je določeno še, da je treba prilagajati jakost cestne razsvetljave kolesarskih površin, če se spreminjata gostota kolesarskega prometa in svetlost okolice v nočnem času.

7 Pravilnik o avtobusnih postajališčih (Uradni list RS, št. 106/11, 36/18 in 132/22 – ZCes-2)

V tem dokumentu je v 22. členu določeno, da morajo biti mesta prehodov za pešce na območju avtobusnega postajališča ustrezno osvetljena.

8 Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah (Uradni list RS, št. 7/12 in 132/22 – ZCes-2)

V dokumentu je v 8. členu določeno, da recenzija projektne dokumentacije ceste zajema tudi cestno razsvetljava. Recenzija je obvezna, če je za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del, vzdrževalnih del v javno korist ali gradnjo predpisana izdelava projektne dokumentacije (7. člen). V 16. členu so določene tudi zahteve za pregled vzdrževalnih del v javno korist. Pred samim komisijskim pregledom, pa mora biti v primeru vgradnje opreme oziroma naprav, med drugim tudi cestne razsvetljave, izveden interni pregled s strani odgovornih oseb pri izvedbi vzdrževalnih del v javno korist ter bodočega vzdrževalca te opreme oziroma naprav. O pregledu se sestavi zapisnik, iz katerega mora biti jasno razvidno brezhibno delovanje

pregledane opreme oziroma naprav, tega pa izvajalec del predloži na komisijem pregledu izvedenih vzdrževalnih del.

9 TSPI – PGV.03.244: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča

Dokument podaja usmeritve za projektno-tehnično oblikovanje krožnih križišč na javnih in nekategoriziranih cestah, ki se uporabljajo za javni cestni promet v Republiki Sloveniji, tudi za področje cestne razsvetljave, saj ta pogojuje prometno varnost ponoči. O cestni razsvetljavi krožnega križišča je zapisano v podpoglavju 4.7.5. Določeno je, da mora biti krožno križišče ponoči ustrezno razsvetljeno, in sicer tako uvozi v krožno križišče, izvozi iz krožnega križišča in območja konfliktnih točk kot tudi sredinski otok. Posebno pozornost je treba nameniti ustreznosti razsvetljavi prehodov za pešce/kolesarje.

Priporočljivo je, da so stebri cestne razsvetljave postavljeni po obodu krožnega križišča. Če je krožno križišče večjih dimenzij je možna postavitev stebrov cestne razsvetljave tudi na njegovem sredinskem otoku. Razporeditev naj bo enakomerna glede na medsebojno oddaljenost med posameznimi svetilkami in razdaljo do središča otoka. Priporoča se, da naj bo vsak priključni krak (uvoz oz. izvoz) osvetljen na razdalji vsaj 60 m od krožnega križišča (če ni na priključnem kraku že urejena cestna razsvetljava). Barva svetlobe in višina svetilk naj bosta enotni na celotnem območju krožišča, vendar ne nižji kot na priključnih krakih.

Dokument obravnava tudi mini krožna križišča, ki so običajno izvedena v sklopu obstoječega križišča. Glede zahtev o cestni razsvetljavi takih krožnih križišč, je v podpoglavju 5.3.2 zapisano, da morajo biti mini krožna križišča ustrezno osvetljena in v poglavju 5.5, da se za zaznavnost mini krožnih križišč (vidnost v nočnem času) med drugim uporablja tudi ustrezno cestno razsvetljava.

10 TSPI – PGV.03.245: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča s spiralnim potekom

Tehnična specifikacija podaja usmeritve za planiranje, projektiranje in gradnjo oz. prometno-tehnično in projektno-tehnično dimenzioniranje krožnih križišč s spiralnim potekom krožnega vozišča (turbo krožnih križišč) na javnih cestah v Republiki Sloveniji. V dokumentu je v sedmem poglavju navedeno, da mora biti turbo krožno križišče zaradi zadoščanja pogojem prometne varnosti ponoči ustrezno razsvetljeno.

11 TSC 03.800: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa

Dokument obravnava naprave in ukrepe za umirjanje prometa. Naprave in ukrepe za umirjanje prometa so fizične, svetlobne ali druge naprave in ovire, s katerimi se udeležencem v cestnem prometu fizično onemogoči vožnja z neprimerno hitrostjo ali se jih opozori na omejitev hitrosti na nevarnem odseku ceste. Naprave in ukrepe se določa na podlagi prometnih in bivalnih funkcij ceste, te pa zagotavljamo z ustreznim urbanističnim načrtovanjem in/ali z napravami in ukrepi za umirjanje prometa. Prometne pogoje za uporabo naprav in ukrepov za umirjanje prometa opredeljuje konična urna obremenitev (EOV/h) in struktura vozil.

Cestna razsvetljava je v tem dokumentu zajeta pod javno razsvetljava, ki pride najbolj do izraza pri arhitekturnem oblikovanju, glede na podpoglavje 4.4.7.2. Določeno je, da mora javna razsvetljava voznikom omogočiti, da jasno vidijo traso in cestni prostor in se hkrati prilagajati funkciji ceste. Posebno pomembna je osvetlitev kritičnih točk (križišča, prehodi za pešce, naprave za umirjanje prometa...). Na cestah z izrazito prometno funkcijo se tako uporabljajo svetilke na visokih drogovi (10 m), na cestah z izrazito bivalno funkcijo pa svetilke na nizkih drogovi (3-5 m). Poleg višine drogovi igra pomembno vlogo pri ustvarjanju ambienta ulice tudi vrsta svetlobe. Vse ostale ukrepe in naprave za umirjanje prometa moramo zaradi boljše razpoznavnosti po potrebi posebej osvetljevati. V poglavju 5 so predstavljeni ukrepi in naprave

za umirjanje prometa na konkretnih primerih. Te so npr. grbine in ploščadi (podpoglavje 5.4), zožitve vozišča in razmejitev smernih vozišč (podpoglavje 5.5) in zamiki osi vozišča – smernih vozišč (podpoglavje 5.6). Za vse navedene primere je zahtevana osvetlitev.

12 Priročnik za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje

Razsvetljava prehoda za pešce in/ali kolesarje ima običajno dva namena. Po eni strani opozarja voznika na to, da se približuje prehodu oziroma tako imenovanemu konfliktnemu območju. Če je prehod na osvetljeni cesti, lahko to dosežemo z višjo svetlostjo oziroma osvetlenostjo vozišča (območja prehoda) ali drugačno barvo (barvno temperaturo) svetlobe. Pri neosvetljeni cesti razsvetljava prehoda za pešce in/ali kolesarje prav tako vzbudi pozornost voznika in ga opozori na prehod. Po drugi strani razsvetljava prehoda za pešce in/ali kolesarje omogoča vozniku, da v temnem delu dneva (pravočasno) zazna pešca ali kolesarja, ki je na ali ob prehodu oz. se mu približuje. Priročnik priporoča uporabo pozitivnega kontrasta na prehodih, kjer je pešec oz. kolesar svetlejši od ozadja. To dosežemo z ustrezno vertikalno osvetlenostjo. Običajna cestna razsvetljava zagotavlja večinoma horizontalno osvetljenost, ki vozniku pomaga prepoznati predmete na vozišču, ne pa tudi predmetov, ki so nad voziščem. Zato je za osvetlitev prehodov za pešce in/ali kolesarje skoraj vedno potrebna dodatna razsvetljava. Ta dodatna razsvetljava mora na območju prehoda za pešce v višini med 1,0 m in 1,5 m zagotoviti ustrezno vertikalno osvetljenost. V dokumentu je predstavljen celoten postopek določanja horizontalne in vertikalne osvetljenosti prehoda z uporabo postopkov iz tehničnega poročila SIST-TP CEN/TR 13201-1, Cestna razsvetljava – 1. del: Smernice za izbor razredov za razsvetljavo in SIST EN 13201-2, Cestna razsvetljava – 2. del: Zahtevane lastnosti, glede na podatke o prometnih in gradbenih parametrih ceste ter drugih razmer, ki vplivajo na določitev svetlobnotehničnega razreda. Predstavljene so tudi tehnične rešitve razsvetljave prehoda za pešce in/ali kolesarje.

13 Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest (Uradni list RS, št. 38/16 in 132/22 – ZCes-2)

V 10. členu pravilnika je v drugem odstavku, v točkah 7. in 8. navedeno, da pod delo rednega vzdrževanja cest spada tudi redno vzdrževanje prometne signalizacije in opreme ter redno vzdrževanje cestne razsvetljave, naprav in ureditev. V drugem odstavku 11. člena so zapisana dela pregledniške službe, med katere spada tudi popravilo in čiščenje vertikalne prometne signalizacije in čiščenje ter manjša popravila prometne opreme, pod katero glede na Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah spada tudi cestna razsvetljava. Več o rednem vzdrževanju cestne razsvetljave je sicer zapisano v 17. členu. Ta pravi, da se cestna razsvetljava, naprave in ureditve vzdržujejo tako, da je zagotovljeno njihovo brezhibno delovanje. Vzroke, ki to preprečujejo, je treba nemudoma odpraviti, če to ni mogoče, pa izvesti ustrezne začasne rešitve in zavarovalne ukrepe.

14 TSC 02.203: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa v nivojskih nesemaforiziranih križiščih

Dokument določa tehnične pogoje za prometno-tehnično oblikovanje naprav in ukrepov za umirjanje prometa v nivojskih nesemaforiziranih križiščih na javnih cestah in na nekategoriziranih cestah, ki se uporabljajo za javni cestni promet. Dokument ne vključuje krožnih križišč in mini krožnih križišč (ta so obravnavana v TSPI – PGV.3.244: 2023). V poglavju 7 so naštetе vrste naprav in ukrepov za umirjanje prometa v križiščih. Pri vseh naštetih primerih je pri izvedbi zapisano, da mora biti zagotovljena preglednost tudi z javno razsvetljavo.

TSPI PCPV PGV.03.480 Naprave in ukrepi za izboljšanje varnosti motoristov Dokument se na cestno razsvetljavo nanaša bolj posredno, in sicer v poglavju 4.3.1, ki opisuje varno obcestje.

Določeno je, da je varno obcestje pas neposredno ob vozišču, na katerem ni togih točkovnih ali linijskih fizičnih ovir (podpornih zidov, stebrov, stebrov cestne razsvetljave ali daljnovodov...), s trkom v katere bi se posledice prometnih nesreč lahko povečale. Če nevarni elementi v obcestju ne morejo biti odstranjeni, niti odmaknjeni, niti zaščiteni, morajo biti vsaj dodatno označeni. V poglavju 7.1.2 je še omenjeno, da se blažilec trkov motoristov (BTM) izjemoma lahko namesti tudi na stebre prometnih znakov ali javne razsvetljave.

15 TSPI – PGV.03.320: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Površine za pešce

V dokumentu je v podpoglavju 8.2 navedeno, da morata biti osvetlitev prehoda za pešce in dodatna osvetlitev prehoda za pešce izvedena v skladu s Priročnikom za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje. V podpoglavju 7.1 je določeno še, da mora biti za označitev samostojnih prehodov za pešce med drugim zagotovljena tudi osvetlitev mesta prehoda za pešce.

16 Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Uradni list RS, št. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13 in 44/22 – ZVO-2)

V 1. členu Uredbe o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja je opisan njen namen. Ta na področju cestne razsvetljave podaja zahteve glede ciljnih vrednosti letne porabe električne energije svetilk, ki so vgrajene v razsvetljavo cest in drugih nepokritih javnih površin. Te vrednosti so navedene v 5. členu. Poraba električne energije vseh svetilk na območju občine za razsvetljavo občinskih cest in javnih površin, izračunana na prebivalca (s stalnim in začasnim prebivališčem) v tej občini, tako ne sme presežati 44,5 kWh. V občinah, kjer je manj kot 1.000 prebivalcev, je lahko vseeno največja poraba električne energije vseh svetilk 44,5 MWh. Za državne ceste je ciljna vrednost porabe električne energije 5,5 kWh (izračunano na prebivalca Slovenije). Glede upravljanja cestne razsvetljave je zapisano v 16. členu, in sicer je določeno, da mora biti razsvetljava, z izjemo slabih vremenskih razmer, v dnevnem času ugasnjena, kar pa je naloga upravljalca razsvetljave. 21. člen določa, da mora biti za sistem razsvetljave (in s tem tudi cestne razsvetljave), kjer vsota električnih moči svetilk presega 10 kW, izdelan načrt razsvetljave z razvidnimi osnovnimi podatki o viru svetlobe. Ta se preveri in ustrezno dopolni ali spremeni na vsakih 5 let. Določeno je tudi, da se mora za primer povečanja električne moči za več kot 15 % ali za primer zamenjave več kot 30 % svetilk sistema razsvetljave izdelati nov načrt. Načrt za cestno razsvetljavo mora vsebovati podatke o upravljalcu, viru svetlobe, kraju razsvetljave, letni porabi električne energije, skupni električni moči in številu nameščenih svetilk, deležu svetlobnega toka, ki ga svetilke sevajo navzgor in celotni dolžini in površini osvetljenih cest in drugih javnih površin.

Uredba podaja tudi zahteve, ki se tičejo cestne razsvetljave z naravovarstvenega vidika. V 1. členu je tako navedeno še, da dokument predpisuje prepoved uporabe, če svetloba seva v obliki svetlobnih snopov proti nebu in površinam, ki svetlobo odbijajo proti nebu ter ukrepe za zmanjševanje emisije svetlobe v okolje. Prav tako je namen uredbe varstvo narave pred škodljivim delovanjem svetlobnega onesnaževanja, varstvo bivalnih prostorov pred motečo osvetljenostjo zaradi razsvetljave nepokritih površin, varstvo ljudi pred bleščanjem, varstvo astronomskih opazovanj pred sijem neba in zmanjšanje porabe električne energije virov svetlobe, ki povzročajo svetlobno onesnaževanje. V 4. členu je tako določeno, da se za razsvetljavo uporabljajo svetilke, katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor, je enak 0 %. Glede osvetljenosti na oknih varovanih prostorov je zapisano v 17. členu: osvetljenost na oknih varovanih prostorov ne sme presežati mejnih vrednosti iz preglednice v prilogi dokumenta. Mejno vrednost se določi za okno, ki je najbolj izpostavljeno zaradi razsvetljave.

V 22. členu je navedeno, da se za podatke za ugotavljanje osvetljenosti in svetlosti lahko uporabljajo le podatki s strani osebe, ki izpolnjuje pogoje za opravljanje kontrole osvetljenosti

in svetlosti, v 26. členu pa je še navedeno, da so za kršitve zahtev iz te uredbe predvidene globe.

17 Uredba o zelenem javnem naročanju (Uradni list RS, št. 51/17, 64/19 in 121/21)

Uredba ureja zeleno javno naročanje. Zeleno javno naročanje je naročanje, pri katerem naročnik po Zakonu o javnem naročanju (Uradni list RS, št. 91/15 in 14/18) naroča blago, storitve ali gradnje, ki imajo v primerjavi z običajnim blagom, storitvami in gradnjami v celotni življenjski dobi manjši vpliv na okolje in zagotavljajo varčevanje z naravnimi viri, materiali in energijo ter imajo enake ali boljše funkcionalnosti (1. člen). V 4. členu dokumenta je navedeno, da se kot predmet javnega naročanja, za katere je obvezno upoštevanje okoljskih vidikov, obravnava tudi cestno razsvetljava in prometno signalizacijo. Predmet »cestna razsvetljava« je natančneje opisan v Prilogi 1 pod točko 66: »Cestna razsvetljava« pomeni razsvetljava javne površine oziroma omrežje in naprave za zagotavljanje osvetljenosti posameznih delov ceste, cestnih objektov, kakršni so most, viadukt, podvoz, nadvoz, prepust, predor, galerija, podpora in oporna konstrukcija ter podhod in nadhod, in drugih nepokritih javnih površin, razen razsvetljave za varovanje, zaradi vojaških, obrambnih ali zaščitnih dejavnosti na območjih za potrebe obrambe ter varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, če nastaja zaradi izvajanja nalog pri obrambi države oziroma zaščiti, reševanju in pomoči ob naravnih in drugih nesrečah, občasne razsvetljave na prostem na javnih ali zasebnih prireditvah (npr. veselice, koncerti ipd.), dekorativne razsvetljave stavb, gradbeno-inženirskih objektov in javnih površin v obdobju od 1. decembra do 15. januarja.

V 6. členu uredbe so predstavljeni okoljski vidiki in cilji zelenega javnega naročanja. Za predmet cestne razsvetljave so relevantne točke 19., 20., 22. in 23., ki določajo, da mora delež električnih sijalk, ki so uvrščene v najvišji energijski razred, dostopen na trgu, znašati najmanj 90 %, da mora delež svetilk, ki omogočajo uporabo električnih sijalk, uvrščenih v najvišji energijski razred, dostopen na trgu, znašati najmanj 90 %, da se mora pri prenovi cestne razsvetljave zagotoviti najmanj 30 % prihranka porabe električne energije in da najmanj 30 % cestne razsvetljave omogoča zmanjšanje emisij nepotrebne svetlobe.

18 Cestna razsvetljava in prometna signalizacija – Primeri okoljskih zahtev in meril, verzija 1.1, januar 2020 (se navezuje na ZeJN)

V dokumentu so navedeni primeri okoljskih zahtev, kadar so predmet javnega naročila sijalke za cestno razsvetljava, projektiranje cestne razsvetljave, svetilke in sistemi cestne razsvetljave, izvedba oziroma namestitve cestne razsvetljave, vzdrževanje cestne razsvetljave in prometna signalizacija, ne tičejo pa se stebrov, konzol in drugih nosilnih elementov svetilk cestne razsvetljave (točka 1). Obravnavani so ključni okoljski vplivi, in sicer poraba energije v vseh fazah, zlasti v fazi uporabe cestne razsvetljave in prometne signalizacije, velika poraba energije pri uporabi žarnic v prometni signalizaciji, uporaba naravnih virov in materialov ter proizvodnja odpadkov (nevarnih in nenevarnih), onesnaženje zraka, zemlje in vode zaradi uporabe nevarnih snovi in svetlobno onesnaževanje zaradi cestne razsvetljave (točka 2.). Za učinkovit pristop k ZeJN so v 3. točki dokumenta podani predlogi, kot npr. kupovanje sijalk z visokim izkoristkom in učinkovitih predstikalnih naprav, spodbujanje nakupov sistemov za razsvetljava z nizko porabo energije za zagotovljeno svetlobo, uporabo LED-sijalk v prometnih signalih, uporabo predstikalnih naprav z možnostjo zatemnjevanja, uporabo sijalk z nižjo vsebnostjo živega srebra in uporabo svetilk, ki omejujejo oddajanje svetlobe nad vodoravnico. V 5. točki sta navedena ista cilja, kot v ZeJN v točkah 22. in 23., s pojasnilom, da cilj zmanjšanja emisij nepotrebne svetlobe za najmanj 30 % pri cestni razsvetljavi pomeni možnost regulacije svetlobnega toka v primeru novih instalacij.

Pod 6. točko so predstavljene okoljske zahteve in merila za že obstoječo cestno razsvetljavo, okoljske zahteve in merila za projekt nove/obnove cestne razsvetljave, primeri okoljskih zahtev za namestitve cestne razsvetljave in merila za projektiranje cestne razsvetljave.

Za sijalke za cestno razsvetljavo, ki so predvidene kot nadomestne sijalke za že obstoječo cestno razsvetljavo ali za prvo vgradnjo v naročene svetilke oziroma sisteme razsvetljave, so podana 3 merila za oddajo javnega naročanja, in sicer merilo »višji razred energijske učinkovitosti«, merilo »nižja vsebnost živega srebra« in merilo »pojemanje svetlobnega toka«. Pri prvem se opazuje razred energijske učinkovitosti. Razreda A+ ali A++ **(Opomba: ti razredi od leta 2021 niso več v veljavi, od takrat se namreč uporablja prenovljena lestvica energijske varčnosti, ki uporablja energijske razrede od A (energijsko varčno) do G (energijski potratno))** se točkujeta z dodatnimi točkami pri razvrstitvi ponudb. Merilo »nižja vsebnost živega srebra« se nanaša na visokotlačne natrijeve (VT Na) sijalke in visokotlačne metalhalogenidne (VT MH) sijalke in vsebnost živega srebra. Če je slednja manjša od vrednosti v dokumentu, se to točkuje z dodatnimi točkami. Pri merilu »pojemanje svetlobnega toka« primerjamo vrednosti faktorjev LLMF (faktor pojemanja svetlobnega toka sijalk – razmerje med svetlobnim tokom, ki ga odda sijalka v določenem času svoje življenjske dobe in med začetnim svetlobnim tokom) in LSF (preživitveni faktor sijalk, ki je opredeljen kot del skupnega števila sijalk, ki še delujejo v določenem času pod določenimi pogoji in pri določeni preklopni frekvenci) z vrednostmi iz dokumenta. Če so vrednosti višje, se to točkuje z dodatnimi točkami.

Za področje projektiranja cestne razsvetljave je v dokumentu določeno, da mora projekt pripraviti osebje, ki ima vsaj tri leta izkušenj pri načrtovanju razsvetljave ali ustrezno strokovno usposobljenost na področju tehnike razsvetljave. Potreben je izračun faktorja vzdrževanja, moči sistema razsvetljave (povprečna moč v primeru krmiljenja svetlobnega toka svetilk v odvisnosti od časa), vključno s krmiljenjem, določiti se mora tudi kazalnik energetske učinkovitosti (glede na svetlobnotehnične razrede: M – prometne površine za motorna vozila, C – konfliktna področja, P – področja za pešce in kolesarje). Pri M razredu nas zanima svetlost, pri P in C razredu nas zanima osvetljenost. Ti primeri okoljskih zahtev se uporabljajo samo, kadar naročnik naroča projekt nove ali projekt obnove obstoječe cestne razsvetljave.

Za primer, ko naročnik naroča nove svetilke brez prehodnega projekta cestne razsvetljave in za primer, ko se naročajo nadomestne svetilke za sistem cestne razsvetljave, za katerega je bil projekt že izdelan, mora ponudnik zagotoviti, da bo projekt projektiran v skladu s področjem projektiranja cestne razsvetljave, naročnik pa ponudbe razvrsti po dveh merilih, in sicer po merilu »energetska učinkovitost« in merilu »krmiljenje svetlobnega toka«. Pri prvem opazujemo kazalnike energetske učinkovitosti, pri drugem pa način krmiljenja svetlobnega toka.

Glede izvedbe in namestitve cestne razsvetljave je navedeno, da mora namestitve ali obnovo (vzdrževanje) opraviti osebje, ki ima vsaj tri leta izkušenj pri nameščanju sistemov razsvetljave ali ustrezno strokovno usposobljenost na področju tehnike električnih storitev.

Glede vzdrževanja cestne razsvetljave je navedeno, da mora vzdrževanje opravljati ustrezno strokovno usposobljeno osebje in da vgrajeni ali zamenjani el. deli svetilke ne smejo poslabšati svetlobnega izkoristka svetilke.

19 Povzetek vsebine predpisov na področju cestne razsvetljave

Cestna razsvetljava je oprema za zagotavljanje osvetljenosti posameznih delov ceste (2. člen Zakona o cestah) v nočnem času ali ob neustrezni dnevni svetlobi (npr. v času megle) (75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah, 4. člen Uredbe o zelenem javnem naročanju) in spada pod prometno opremo (2. člen Zakona o cestah, 2. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah).

Glede na pregledano dokumentacijo so v nadaljevanju zbrana vsa omenjena mesta, kjer je potrebna ustrezna osvetlitev in ostala navodila in priporočila glede cestne razsvetljave.

Mesta, kjer je potrebna ustrezna osvetlitev s cestno razsvetljavo

- **ceste v naseljih z souporabo prometnih pasov** (49. člen Pravilnika o kolesarskih površinah),
- **prometno najbolj obremenjeni deli cest v naseljih** (75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah),
- **razcepi avtocest in hitrih cest** (75. člen pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah),
- **prehodi za pešce v nočnem času** (75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah, 24. člen Zakona o cestah, (podpoglavje 4.4.7.2 v TSC Naprave in ukrepi za umirjanje prometa), Priročnik za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje, TSPI – PGV.03.329: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Površine za pešce),
- **prehodi za kolesarje v nočnem času v naseljih** (24. člen Zakona o cestah, 49. člen Pravilnika o kolesarskih površinah)
- **mesta, kjer se prepleta motorni in kolesarski promet v naseljih** (49. člen Pravilnika o kolesarskih površinah),
- **križišča z več kot tremi razvrstilnimi pasovi** (75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah),
- **krožna križišča, skupaj z uvozi in izvozi (vsaj 60 m od krožnega križišča), območji konfliktnih točk in sredinskim otokom** (podpoglavje 4.7.5 v TSPI – PGV.03.244: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost - Krožna križišča),
- **mini krožna križišča** (podpoglavje 5.3.2 v TSPI – PGV.03.244: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost - Krožna križišča),
- **turbo krožna križišča** (poglavje 7 v TSPI – PGV.03.245: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča s spiralnim potekom),
- **priključki na javne ceste (ne individualni)** (26. člen Pravilnika o cestnih priključkih na javne ceste),
- **avtobusna postajališča** (Pravilnik o avtobusnih postajališčih),
- **mesta prehodov za pešce na območju avtobusnega postajališča** (22. člen Pravilnika o avtobusnih postajališčih),
- **na površinah kontrolnih postaj kot so mejni prehodi in cestninske postaje** (75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah),
- **servisne prometne površine ob javni cesti, kot npr. počivališča, parkirišča, avtobusna postajališča, obračališča, površine za nadzor prometa, oskrbne postaje** (75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah),
- **srednje dolgi in dolgi predori, v kratkih predorih le če je skozenj dovoljen promet pešcev in kolesarjev** (75. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah),
- **kolesarske površine, skupaj z parkirišči, počivališči za kolesa, kolesarski prehodi v naselju** (49. člen Pravilnika o kolesarskih povezavah)

- **naprave za umirjanje prometa, kot so grbine, ploščadi, zožitve vozišča, razmejitve smernih vozišč, zamiki osi vozišča – smernih vozišč** (25. člen Zakona o cestah, 5. poglavje v TSC 03.800: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa, 7. poglavje v TSC 02.203: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa v nivojskih nesemaforiziranih križiščih).

Zahteve, priporočila in naravovarstveni pogoji za cestno razsvetljavo

- Poraba električne energije vseh svetilk, izračunana na prebivalca v občini (oz. v državi za državne ceste), je glede na 5. člen Uredbe o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja:
 - na območju občine za razsvetljavo občinskih cest in javnih površin maksimalno 44,5 kWh,
 - v občinah, kjer je manj kot 1.000 prebivalcev 44,5 MWh,
 - za državne ceste 5,5 kWh.
- Namestitvev prometne opreme (tudi cestne razsvetljave) in prometne signalizacije je možna na utrjenem vzdolžnem delu cestišča (2. člen Zakona o cestah). Območje je tako pas vzdolž ceste, merjeno od zunanjega roba vozišča:
 - avtoceste in hitre ceste 8,00 m,
 - druge ceste 5,00 m in
 - 2,00 m, če so sestavni del cestišča tudi kolesarske, pešceve ali druge prometne površine (7. člen Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah).
- Za razsvetljavo naj se uporabljajo svetilke, katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor, je enak 0 % (4. člen Uredbe o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja).
- Priporočljivo je, da so stebri cestne razsvetljave postavljeni po obodu krožnega križišča. Če je krožno križišče večjih dimenzij je možna postavitvev stebrov cestne razsvetljave tudi na njegovem sredinskem otoku. Razporeditev naj bo enakomerna glede na medsebojno oddaljenost med posameznimi svetilkami in razdaljo do središča otoka. Priporočila se, da naj bo vsak priključni krak (uvoz oz. izvoz) osvetljen na razdalji vsaj 60 m od krožnega križišča (če ni na priključnem kraku že urejena cestna razsvetljava). Barva svetlobe in višina svetilk naj bosta enotni na celotnem območju krožišča, vendar ne nižji kot na priključnih krakih (podpoglavje 4.7.5 v TSPI – PGV.03.244: 2023 Projektiranje cest in prometna varnost – Krožna križišča).
- Na cestah z izrazito bivalno funkcijo se uporabljajo svetilke na nizkih drogovi (3-5 m) (podpoglavje 4.4.7.2 v TSC 03.800: 2009 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa).
- Priročnik za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje priporočila uporabo pozitivnega kontrasta na prehodih (pešec oz. kolesar je svetlejši od ozadja). To dosežemo s pravilno vertikalno osvetljenostjo. V dokumentu je predstavljen celoten postopek določanja horizontalne in vertikalne osvetljenosti prehoda z uporabo postopkov iz tehničnega poročila SIST-TP CEN/TR 13201-1, Cestna razsvetljava – 1. del: Smernice za izbor razredov za razsvetljavo in SIST EN 13201-2, Cestna razsvetljava – 2. del: Zahtevane lastnosti, glede na podatke o prometnih in gradbenih parametrih ceste ter drugih razmer, ki vplivajo na določitev svetlobnotehničnega razreda.
- Če se spreminjata gostota kolesarskega prometa in svetlost okolice v nočnem času, se prilagaja jakost cestne razsvetljave kolesarskih površin (49. člen Pravilnika o kolesarskih površinah).

- V 6. členu Uredbe o zelenem javnem naročanju so predstavljeni cilji cestne razsvetljave z okoljskega vidika:
 - delež električnih sijalk, ki so uvrščene v najvišji energijski razred, dostopen na trgu, mora znašati najmanj 90 %,
 - delež svetilk, ki omogočajo uporabo električnih sijalk, uvrščenih v najvišji energijski razred, dostopen na trgu, mora znašati najmanj 90 %,
 - pri prenovi cestne razsvetljave se mora zagotoviti najmanj 30 % prihranka porabe električne energije,
 - najmanj 30 % cestne razsvetljave mora omogočati zmanjšanje emisij nepotrebne svetlobe (v 5. točki dokumenta Cestna razsvetljava in prometna signalizacija – Primeri okoljskih zahtev in meril, ki se navezuje na ZeJN, je to opisano kot možnost regulacije svetlobnega toka v primeru novih inštalacij).

Navodila in priporočila glede vzdrževanja, projektne dokumentacije in načrtov, recenzij in evidence javnih cest

- Znotraj meje naselja vzdržuje prometno opremo (in s tem tudi cestno razsvetljava) upravljalec občinskih cest, ki ga določi občina (108. člen Zakona o cestah), prometno opremo državnih cest pa vzdržuje upravljalec državne ceste (87. člen Zakona o cestah).
- Upravljalec državne ceste redno vzdržuje državne ceste (68. člen Zakona o cestah), razen prometnih površin, objektov in naprav na cestnem zemljišču državne ceste, ki so v funkciji javnih površin naselja in jih vzdržuje občina (72. člen Zakona o cestah). Med prometne površine, objekte in naprave na cestnem zemljišču državne ceste, ki so v funkciji javnih površin naselja, a jih vzdržuje občina, spada tudi cestna razsvetljava, vključno z oskrbo z električno energijo in zelene površine in urbana oprema v območju cestnega zemljišča. Posebnost so priključki občinskih cest na državno cesto. Priključke redno vzdržuje občina, prometno opremo in signalizacijo, namenjeno odvijanju prometa na državni cesti, pa vzdrževalec državnih cest. Prav tako direkcija vzdržuje prometno signalizacijo in prometno opremo državnih kolesarskih povezav, ki potekajo po občinskih cestah in so namenjene prometu kolesarjev (74. člen). Upravljalec občinskih cest redno vzdržuje in nadzira občinske ceste (110. člen), skupaj z cestnimi priključki do meje cestnega zemljišča občinske ceste s pripadajočo prometno signalizacijo in prometno opremo (111. člen).
- Vzdrževanje mora opravljati ustrezno strokovno usposobljeno osebje, ki ima vsaj tri leta izkušenj pri nameščanju sistemov razsvetljave ali ustrezno strokovno usposobljenost na področju tehnike električnih storitev, vgrajeni ali zamenjani el. deli svetilke pa ne smejo poslabšati svetlobnega izkoristka svetilke (dokument Cestna razsvetljava in prometna signalizacija – Primeri okoljskih zahtev in meril).
- Recenzija je obvezna, če je za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del, vzdrževalnih del v javno korist ali gradnje predpisana izdelava projektne dokumentacije. Pred samim komisijskim pregledom, pa mora biti v primeru vgradnje opreme oziroma naprav, med drugim tudi cestne razsvetljave, izveden interni pregled s strani odgovornih oseb pri izvedbi vzdrževalnih del v javno korist ter bodočega vzdrževalca te opreme oziroma naprav. O pregledu se sestavi zapisnik, iz katerega mora biti jasno razvidno brezhibno delovanje pregledane opreme oziroma naprav, tega pa potem izvajalec del predloži na komisijskem pregledu izvedenih vzdrževalnih del (7. in 16. člen Pravilnika za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah).
- Za sistem razsvetljave (in s tem tudi s cestne razsvetljave), kjer vsota električnih moči svetilk presega 10 kW, se mora izdelati načrt razsvetljave z razvidnimi osnovnimi podatki o viru svetlobe, ki se preveri in ustrezno dopolni ali spremeni na vsakih 5 let (21. člen

Uredbe o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja). Določeno je tudi, da se mora za primer povečanja električne moči za več kot 15 % ali za primer zamenjave več kot 30 % svetilk sistema razsvetljave izdelati nov načrt.

- Za področje projektiranja cestne razsvetljave je v dokumentu Cestna razsvetljava in prometna signalizacija – Primeri okoljskih zahtev in meril določeno, da mora projekt pripraviti osebje, ki ima vsaj tri leta izkušenj pri načrtovanju razsvetljave ali ustrezno strokovno usposobljenost na področju tehnike razsvetljave in da mora biti projekt sprojektiran v skladu s področjem projektiranja cestne razsvetljave in napotki v tem dokumentu.