

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Prometnotehnična smer

Kandidat:

Aleš Pantar

Cestne naprave in oprema

Diplomska naloga št.: 284

Mentor:

doc. dr. Alojzij Juvanc

Somentor:

asist. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 28. 6. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ALEŠ PANTAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

»CESTNE NAPRAVE IN OPREMA«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 06.06.2007

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	625.74(043.2)
Avtor:	Aleš Pantar
Mentor:	doc. dr. Alojz Juvanc
Somentor:	asist. mag. Robert Rijavec
Naslov:	Cestne naprave in oprema
Obseg in oprema:	149 str., 11 pregl., 61 sl.
Ključne besede:	odvodnjavanje cest, prometni znaki, semafor, varnostne ograje, varovalne ograje, javna razsvetljava, oprema cest

Izvleček

Diplomsko delo obravnava cestne naprave in opremo, brez katerih bi si pri današnjem številu udeležencev v cestnem prometu težko predstavljali nemoteno delovanje le-tega. Na začetku so opisane vrste cest, ki jih delimo glede na administrativno in tehnično klasifikacijo. Sledi poglavje o vrstah in elementih odvodnjavanja cest, kjer so predstavljeni tudi detajli slednjih (jarki, koritnice, jaški, prepusti, drenaže ...). V nadaljevanju naloge je opisana vertikalna prometna signalizacija (prometni znaki in semaforji) in prometna oprema (varnostne in varovalne ograje). Predstavljene so vrste, načini postavitve in detajli. V zadnjem poglavju sem nekaj besed namenil še javni razsvetljavi (vrste, postavitve, oprema ...), s katero zagotovimo varno odvijanje prometa v nočnem času.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK: 625.74(043.2)
Author: Aleš Pantar
Supervisor: Assist. Prof. Alojz Juvanc
Co Supervisor: Assist. Msc. Robert Rijavec
Title: Road side equipment
Notes: 149 p., 11 tab., 61 fig.
Key words: road draining, traffic signal, traffic light (semaphore), safety barriers, protective barriers, street lighting, road equipment

Abstract

Diploma discusses road side equipment without which it would be hard to imagine undisturbed activity of road traffic, especially if we take into account a large number of participants. At the beginning there is a description of variety of roads which we divide according to administrative and technical classification. Follows a chapter about types and elements of road draining in which I introduce details of trenches, water channels, shafts, openings, drainages ... In continuation there is a description of vertical road signalling (road signs, traffic lights ...) and of road equipment (safety barriers, protective barriers ...). Introduced are types, ways of installation and details. In the last chapter I wrote a few words about street lighting (types, ways of installation, equipment ...) with which we assure safe flow of traffic during night time.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem doc. dr. Alojzu Juvancu in somentorju asist. mag. Robertu Rijavcu. Zahvaljujem se g. Viktorju Bezku, g. Jožetu Stoparju in g. Boštjanu Rezarju za njihovo sodelovanje in koristne podatke.

Zahvalil pa bi se še staršema, sestri Mateji in Maji za potrpežljivost in podporo, Anki Delalut za pomoč pri lektoriranju ter Janji za pomoč pri urejanju naloge.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	VRSTE CEST	2
3	NAMEN IN CILJI NALOGE.....	4
4	NAPRAVE ZA ODVODNJAVANJE CEST.....	6
4.1	Vrste odvodnjavanja cest.....	8
4.2	Opisi posameznih elementov odvodnjavanja	9
4.2.1	Jarki	9
4.2.2	Kadunjasti jarek (mulda)	12
4.2.3	Koritnica.....	13
4.2.4	Kanalete.....	14
4.2.5	Vtočni jaški.....	15
4.2.6	Revizijski jaški	19
4.2.7	Kanalizacija.....	20
4.2.7.1	Kanalizacijski sistem v mestih.....	22
4.2.7.2	Polaganje cevi.....	24
4.2.8	Drenaže	26
4.2.9	Prepusti.....	28
4.3	Vzdrževanje naprav za odvodnjavanje	34
4.4	Detajli.....	36
4.4.1	Jarki, tlakovani z lomljencem debeline 20 cm	36
4.4.2	Jarki, tlakovani s ploščami iz cementnega betona (d=10 cm) ali s tlakovci iz cementnega betona	37
4.4.3	Segmentni jarki, narejeni iz cementnega betona.....	38
4.4.4	Utrditev jarkov s kanaletami.....	39
4.4.5	Koritnica.....	40
4.4.6	Kadunjasti jarek (mulda)	41
4.4.7	Vtočni jašek.....	43
4.4.8	Revizijski jašek	44
4.4.9	Kanalizacija - polaganje cevi.....	45
4.4.10	Drenaže	47
4.4.11	Prepusti.....	54
5	PROMETNA SIGNALIZACIJA IN OPREMA.....	56
5.1	Vertikalna prometna signalizacija	58
5.1.1	Prometni znaki.....	58
5.1.1.1	Vrste prometnih znakov.....	60
5.1.1.2	Pritrditev prometnih znakov	67
5.1.1.3	Postavitve prometnih znakov	70
5.1.2	Semafor	76
5.1.2.1	Semaforji za urejanje prometa.....	79
5.1.2.2	Semaforji z LED glavami.....	84
5.1.2.3	Opis nadzora semaforiziranih križišč v Ljubljani	87
5.1.2.4	Detajli semaforkega droga	89

5.1.2.5	Detalji različnih tipov signalnih glav proizvajalca Swarco – Futurit iz Avstrije	91
5.1.2.6	Semafor (cestni signal) na cestnih prehodih preko železniške proge.....	95
5.2	Prometna oprema	97
5.2.1	Varnostne ograje	97
5.2.1.1	Vrste varnostnih ograj	99
5.2.1.2	Pogoji postavitve varnostne ograje	110
5.2.1.3	Načini postavitve varnostne ograje	111
5.2.1.4	Varnostne ograje in motoristi.....	118
5.2.2	Varovalne ograje in prehodi za divjad	120
5.2.2.1	Varovalne ograje	120
5.2.2.2	Prehodi za divjad	123
6	JAVNA RAZSVETLJAVA	127
6.1	Kvalitetna javna razsvetljava	128
6.2	Postavitev svetilk (luči) javne razsvetljave.....	133
6.3	Oprema svetilk (luči)	138
6.4	Prehodi za pešce.....	142
7	ZAKLJUČEK	144
8	ZAKLJUČNI SKLEP	145
VIRI	146

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mešani in ločeni sistem kanalizacije, njune prednosti in slabosti	23
Preglednica 2: Višina nadkritja in debeline sten glede na odprtino škatlastega prepusta	30
Preglednica 3: Vpliv dimenzij obokanega prepusta na njegovo debelino.....	31
Preglednica 4: Dimenzije prometnih znakov glede na mesto, kjer se uporablja.....	59
Preglednica 5: Življenjska doba žarnic.....	78
Preglednica 6: Dolžina varnostne ograje na polni višini pred in za nevarnim mestom.....	98
Preglednica 7: Različne vrste jeklenih varnostnih ograj (JVO)	100
Preglednica 8: Različne vrste betonskih varnostnih ograj (BVO).....	106
Preglednica 9: Različni načini postavitve varnostnih ograj.....	111
Preglednica 10: Zaščita za motoriste.....	119
Preglednica 11: Različni objekti za prečkanje divjadi	123

KAZALO SLIK

Slika 1:	Shema zbiranja odtoka padavinske vode.....	7
Slika 2:	Različne izvedbe kadunjastih jarkov oziroma muld.....	12
Slika 3:	Betonska kanaleta.....	14
Slika 4:	Kanaleta z rešetko podjetja ACO.....	15
Slika 5:	Čelni vtok.....	16
Slika 6:	Revizijski jašek ϕ 100 cm (skica).....	19
Slika 7:	Iztok vode v recipient.....	20
Slika 8:	Osvetlitev prometnih znakov in tabel od znotraj in od zunaj.....	58
Slika 9:	Znaki za nevarnost.....	60
Slika 10:	Andrejev križ.....	61
Slika 11:	Znak približevanje prehodu ceste čez železniško progo.....	62
Slika 12:	Znaki za prepoved oziroma omejitev.....	62
Slika 13:	Znaki za obveznost.....	63
Slika 14:	Znak križišče s prednostno cesto.....	63
Slika 15:	Znak ustavi.....	63
Slika 16:	Znaki za obvestila.....	65
Slika 17:	Znak kažipot.....	65
Slika 18:	Dopolnilne table.....	66
Slika 19:	Postavitev dopolnilne table.....	66
Slika 20:	Pritrditev znakov različnih oblik na drog.....	67
Slika 21:	Detajl enostranske pritrditve znaka.....	67
Slika 22:	Detajl dvostranske pritrditve znaka.....	68
Slika 23:	Posebna izvedba pritrditve.....	68
Slika 24:	Detajl lepljene pritrditve table.....	69
Slika 25:	Detajl vijačene pritrditve table.....	69
Slika 26:	Montaža semaforja na usločenem drogu skupaj z znakom za prednost.....	76
Slika 27:	Mobilni semafor.....	77
Slika 28:	Vrste sprednjih leč.....	78
Slika 29:	Žarnice.....	78
Slika 30:	Barve luči semaforja za urejanje prometa vozil.....	80

Slika 31: Semafor za pešce	82
Slika 32: Odštevalni semafor	82
Slika 33: LED grafični semaforski prikazovalnik	83
Slika 34: Delovanje semaforja za kolesarje	83
Slika 35: Oznake na semaforju za tramvaj	84
Slika 36: Primeri uporabe LED diod	85
Slika 37: LED semafor	85
Slika 38: Sestava glave LED semaforja	86
Slika 39 : Delovanje LED sistema	86
Slika 40: Sinoptična tabla	87
Slika 41: LookIt SCADA sistem	88
Slika 42: Semaforska krmilna naprava	88
Slika 43: Jeklena varnostna ograja	100
Slika 44: » New Jersey « betonska varnostna ograja	105
Slika 45: Betonska varnostna ograja F oblike	107
Slika 46: Betonska varnostna ograja s konstantnim naklonom	108
Slika 47: GM varnostna ograja	108
Slika 48: Lesena varnostna ograja (LVO)	109
Slika 49: Steber lesene varnostne ograje, pritrjen na sidrno ploščo	110
Slika 50: Motoristična letev na JVO	118
Slika 51: Varovalna ograja na nadvozu preko AC	122
Slika 52: Varovalna ograja na nadvozu preko železniške proge	122
Slika 53: Cevasti kanali	125
Slika 54: Kanali z naravnim dnom	125
Slika 55: Varovalna ograja	125
Slika 56: Nadvozi za živali	126
Slika 57: Viadukt	126
Slika 58: Primer jeklenega droga - levo konični okrogli in desno stopničasti cilindrični ...	138
Slika 59: a) lok, b) kratka konzola, c) dolga konzola	140
Slika 60: Konzole za 2 ali več svetilk	141
Slika 61: Svetilke podjetja Siteco d.o.o.	141

1 UVOD

Z razvojem sodobnih prevoznih sredstev in z njihovo uporabo se povečuje število uporabnikov cest in udeležencev v prometu. To niso le vozniki avtomobilov, vse več je tudi kolesarjev, motoristov in seveda pešcev. Zato moramo ceste načrtovati in graditi kvalitetno in racionalno. Pri gradnji cestne infrastrukture moramo upoštevati tehnične zakonitosti za posamezne kategorije cest, prostorske pogoje in prometno varnost.

Pri zagotavljanju tekočega prometa in varnosti na cesti je bistvenega pomena pravilen izbor naprav (ali elementov) za odvodnjavanje, prometne opreme in signalizacije ter javne razsvetljave. V diplomski nalogi se bom posvetil omenjenim elementom cestnih naprav in opreme.

Kako pomembno je odvodnjavanje, so se zavedali že v Antiki, saj so že takrat gradili ceste, ki so imele na obeh straneh kanalete, kamor se je stekala odvečna voda. Urejen sistem odvodnjavanja zagotavlja stek odvečne padavinske vode s cestišča in tako povečuje varnost na cesti. Zaradi povečanja števila udeležencev v prometu je za nemoten potek prometa nujna urejena prometna signalizacija. Prometni znaki predstavljajo vertikalno prometno signalizacijo, namenjeni so za opozorila, obvestila, prepovedi ... Skratka služijo informiranju udeležencev v cestnem prometu. Za urejanje prometa služijo tudi svetlobne signalne naprave – semaforji, na katerih se v zadnjem času pojavljajo tudi različni dodatni elementi (odštevalniki sekund). Znano je, da tema še dodatno poveča tveganje za nastanek prometnih nesreč, zato mora biti javna razsvetljava urejena tako, da povečamo vidno sposobnost udeležencev ter osvetljenost okolja. Z osvetljenimi križišči, prehodi za pešce, kolesarje povečamo varnost vožnje v nočnem času.

S pomočjo pravilne postavitve in rednega vzdrževanja omenjenih naprav lahko veliko prispevamo k učinkovitemu pretoku prometa, lahko pa tudi omilimo posledice prometnih nesreč.

2 VRSTE CEST

V Republiki Sloveniji se javne ceste¹ delijo na državne, ki so v lasti države, in občinske, katerih lastniki so občine. Javne ceste so namenjene v uporabo vsem vrstam prometa, razen v primeru, ko je:

- cesta rezervirana za promet motornih vozil,
- cesta rezervirana za promet kolesarjev,
- cesta rezervirana za druge vrste prometa.

Pri javnih cestah poznamo administrativno in tehnično razvrstitev cest. *Administrativna razvrstitev cest* predstavlja delitev cest glede na funkcionalno in prostorsko klasifikacijo.

Administrativna razvrstitev javnih cest /Vir: Ul. RS, št. 33/2006: Zakon o javnih cestah/

<i>Državne ceste</i>	<i>Občinske ceste</i>	
<i>ceste izven in v naseljih:</i>	<i>ceste izven naselij:</i>	<i>ceste v naseljih:</i>
AC – avtocesta	-	-
HC – hitra cesta	-	LH – hitra mestna cesta *
G1 – glavna cesta I. reda	-	LG – glavna mestna cesta
G2 – glavna cesta II. reda	-	-
R1 – regionalna cesta I. reda	-	LM – mestna magistrala *
R2 – regionalna cesta II. reda	LC – lokalna cesta	LZ – zbirna mestna ali krajevna cesta
R3 – regionalna cesta III. reda	-	LK – mestna ali krajevna cesta
RT – regionalna cesta III. reda (turistična cesta)	JPi – javna pot	JPn – javna pot (dostopnost)
KP – kolesarska pot (KD, KG, KR, KJ*)	KP – kolesarska pot (KD*, KG*, KR*, KJ)	KP – kolesarska pot (KD*, KG*, KR*, KJ)

Opomba: * - tabela dopolnjena z dodatnimi kategorijami v naseljih /Vir: osnutek TSC 03.200, 2003/

KD - daljinska kolesarska pot, **KG** – glavna kolesarska pot, **KR** – regionalna kolesarska pot, **KJ** – javna kolesarska pot

¹ *Javne ceste* so prometne površine, namenjene cestnemu prometu, ki jih lahko vsakdo uporablja v skladu s predpisi, ki služijo za urejanje javnih cest in varnosti prometa na njih.

Cestne naprave in oprema bi morala biti točno določena za vsako kategorijo cest, naštetih v preglednici administrativne razvrstitve javnih cest, vendar temu žal ni tako. Pri nas se obseg potrebnih cestnih naprav in opreme razdeli v tri kategorije:

- AC in HC,
- ceste zunaj naselij,
- ceste znotraj naselij.

Vsaka od cest, naštetih v zgornji tabeli, ima svojo evidenčno številko in se jo vodi v evidenci o javnih cestah in objektih na njih. Vzdrževanje in upravljanje s cestami se glede na kategorijo ceste razdeli med naslednje upravljalce:

- DARS (Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji),
- DRSC (Direkcija Republike Slovenije za ceste),
- občine.

Glede na način zagotavljanja odvijanja prometa (voznodinamično ali samo zagotavljanje prevoznosti) in tip voznika (slučajni, občasni, redni uporabnik), ki močno vplivata na prometna dogajanja na cestah in na stopnjo prometne varnosti na njih, je (zaenkrat še neuradno) izdelana *tehnična razvrstitev cest*, po kateri se ceste razvrsti v štiri tehnične skupine (A, B, C in D), da bi bile ceste zgrajene z elementi, ki čim bolj ustrezajo prometnim potrebam in lastnostim posameznega voznika.

Tehnična razvrstitev javnih cest /Vir: predlog TSC 03.200, 2003/

<i>Tehnična skupina</i>	<i>Kategorija ceste</i>	<i>Način dimenzioniranja</i>
A	AC, HC, G1, LH	voznodinamični
B	G2, R1, R2, LG	voznodinamični
C	R3, RT*, LC, LM, LZ	voznodinamični
D	LK, JP, ostale ceste, nekatégorizirane ceste	zagotavljanje prevoznosti

Opomba: za RT* se lahko uporabljajo kriteriji in pogoji, ki veljajo za tehnični skupini B ali D v primeru, če je tako opredeljeno s projektno nalogo ali planskim dokumentom

3 NAMEN IN CILJI NALOGE

Ceste se med seboj razlikujejo po velikosti geometrijskih elementov, njihovi skladnosti, po vrsti in številu ter širini prometnih in neprometnih pasov na vozišču ter po načinu urejanja, obliki, dimenzijah in položaju naprav za odvodnjavanje, po načinu in položaju kabelskih instalacij ter po dimenzijah in načinu postavljanja posameznih elementov prometne opreme.

Načrt za cesto obsega naslednje vsebine in elemente:

- cestno os v tlorisu in z niveleto,
- vozišče s prometnimi in neprometnimi pasovi,
- voziščno konstrukcijo,
- spodnji ustroj (nasip, ukop),
- premostitvene (most, viadukt, podvoz, nadvoz, podhod, nadhod) in predorske objekte (predor, pokriti vkop, galerija),
- objekte za zagotavljanje stabilnosti cestnega telesa (oporni in podporni zidovi),
- naprave za odvodnjavanje površinske vode (nadzemne, podzemne),
- različne vrste infrastrukturnih vodov (zračni, podzemni),
- prometne signalizacije (vertikalna, horizontalna),
- prometne opreme,
- naprave za zaščito pred vstopom na cesto.

Vključitev posameznih vsebin in elementov v načrt je pri različnih vrstah cest različna. Odvisna je od kategorije ceste, njenih dimenzij in prometne obremenitve (količine vozil, strukture vozil in časovne razporeditve prometnega toka) na njej ter od geografskega položaja, v katerem se bo cesta gradila.

Namen te naloge je, da se v njej predstavi množico različnih možnih detajlov na področju odvodnjavanja ceste (površinske vode), postavitve vertikalne prometne signalizacije (prometni znaki, semaforji) in prometne opreme (varnostne ograje, varovalne ograje) ter postavitve javne razsvetljave. Detajli za druge aktualne zadeve pri načrtovanju cest niso predmet te naloge.

Cilj naloge je, da se pokaže raznovrstnost detajlov za posamezne, v tej nalogi obravnavane namene, načini njihove postavitve in da se ugotovi potreba po selekcioniranem vendar skladnem izboru teh elementov za posamezno vrsto cest.

4 NAPRAVE ZA ODVODNJAVANJE CEST

Zgodovina odvodnjavanja sega v čas začetka gradnje cest. Med prve oblike odvodnjavanja sodijo kamnite kanalete, ki so jih na vsaki strani ceste že v starem veku gradili na Kreti. Ceste so bile grajene v strešnem nagibu. Prav tako so Rimljani svoje ceste gradili v strešnem nagibu in jih hkrati tudi dvignili nad koto terena. Na ta način so omogočili dobro odtekanje vode s cestne površine in cesti podaljšali življenjsko dobo. Kasneje v zgodovini pa se je gradnja nad koto terena še nekoliko bolj uveljavila.

Sam namen odvodnjavanja vode s cestne površine je kar se da hitro padavinsko vodo zbrati in jo odvesti stran od ceste, kar storimo s prečnim in vzdolžnim nagibom ceste. Za zagotovitev kvalitetnega odvodnjavanja vozišča mora znašati minimalni prečni nagib (q_{\min}):

- $q_{\min} = 2,5 \%$ za asfaltno vozišče,
- $q_{\min} = 2,0 \%$ za betonsko vozišče,
- $q_{\min} = 4,0 \%$ za gramozno vozišče.

Za razliko od minimalnega prečnega nagiba (q_{\min}), ki je odvisen od vrste materiala obrabne plasti, je maksimalni prečni nagib (q_{\max}) odvisen od pogojev zdrsa mirujočega vozila na vozišču, vrste cest (mestna, izvenmestna) in od rezultirajočega nagiba² (q_{rez}). Vrednosti maksimalnega prečnega nagiba (q_{\max}) so:

- $q_{\max} = 7,0 \%$ za ceste izven naselja in neobzidane ceste v naselju (8,0 % v primeru rekonstrukcij),
- $q_{\max} = 5,0 \%$ za ceste in ulice v mestih,
- $q_{\max} = 5,0 \%$ za krajevne ceste (do 7,0 % če je hitrost ≥ 50 km/h).

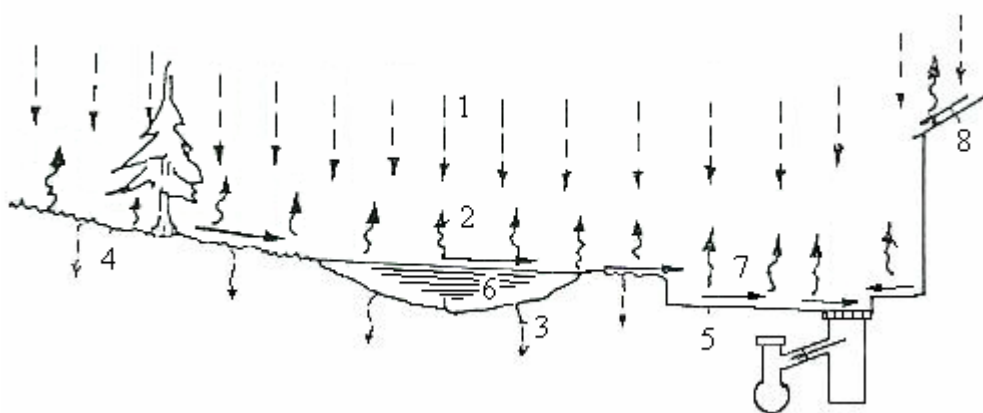
Minimalni vzdolžni nagib ($i_{\text{vzd,min}}$), ki še zagotavlja odvod površinske vode s cestne površine, znaša:

- $i_{\text{vzd,min}} = 0,2 \%$ za betonske površine,
- $i_{\text{vzd,min}} = 0,3 \%$ za asfaltne površine,
- $i_{\text{vzd,min}} = 0,5 \%$ za zatravljene površine.

² Rezultirajoči nagib je vektorska vsota prečnega in vzdolžnega nagiba.

Pri samem načrtovanju odvodnjavanja moramo biti poleg padavinske vode pozorni še na talno vodo in vodo z brežin. S kvalitetno izvedbo odvodnjavanja povečamo varnost udeležencev v cestnem prometu, podaljšamo življenjsko dobo cestnega telesa, povečamo stabilnost brežin in zmanjšujemo onesnaževanje okolja. Da pa bodo zgoraj navedene lastnosti resnične veljale, je potrebno tudi v obratovalnem času ceste skrbeti za vse elemente celotnega sistema odvodnjavanja (redni nadzor in vzdrževanje).

Na spodnji sliki so prikazani različni načini odtoka padavinske vode.



Slika 1: Shema zbiranja odtoka padavinske vode

1 – padavine; 2 – izhlapevanje; 3 – ponikanje; 4 – propustna površina; 5 – utrjena površina (cesta); 6 – akumulacija na terenu; 7 – površinski odtok vode; 8 – odtok s strešin

4.1 Vrste odvodnjavanja cest

Pri odvodnjavanju razlikujemo odvodnjavanje cest v mestih, kjer se uporablja zaprt sistem odvodnjavanja, in odvodnjavanje cest izven mest, kjer se uporablja odprt sistem odvodnjavanja. Sestavni elementi so v obeh primerih bolj ali manj enaki, razlikujejo se le v vlogi in pomembnosti posameznega sistema odvodnjavanja. V odprtem sistemu vodo s ceste vodimo v jarke, na zelenice ali preko drenaž, ki so izvedene vzdolž ceste. Pri zaprtem sistemu pa padavinsko vodo vodimo v javno kanalizacijo ali v reke (preko izpustov).

Padavinsko vodo s cestne površine lahko odvajamo v tla, v tekoče vode, v stoječe vode, v morje ali v javno kanalizacijo. Pri tem poznamo dva načina:

- *razpršeno odvodnjavanje* - padavinsko vodo z območja ceste odvajamo s prelivanjem preko bankine, s posamičnimi izpusti ali z napravami za odvodnjavanje, ki zbirajo vodo do skupne točke izpusta;
- *točkovno odvodnjavanje* – padavinsko vodo s ceste odvajamo na lokacijo skupnega izpusta, kjer morajo biti izpolnjeni kriteriji za zadrževanje voda po Uredbi o odvajanju in čiščenju padavinske vode z javnih cest.

Pri odvodnjavanju padavinske vode s cest ločimo dva sistema odvodnjavanja:

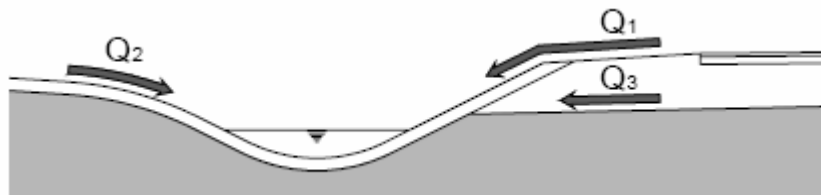
- *površinsko odvodnjavanje* - sestavljajo ga naslednje naprave za odvodnjavanje:
 - jarki (segmentni, trapezni, trikotni, z betonsko kanaletu),
 - kadunjasti jarek (mulda),
 - koritnice,
 - vtočni jaški,
 - zadrževalniki;
- *globinsko odvodnjavanje* - predstavljajo:
 - drenaže (plitve, globoke, vzdolžne, prečne),
 - kanalizacija (ločen ali mešan sistem),
 - cevovodi.

4.2 Opisi posameznih elementov odvodnjavanja

4.2.1 Jarki

Jarki spadajo med najbolj uporabne in koristne naprave odvodnjavanja vode, saj je njihova izvedba enostavna. Naloga jarkov je, da zbirajo:

- vodo, ki priteče s cestišča preko bankine (Q1),
- vodo z brežine vkopa (Q2),
- vodo, ki priteče iz spodnjega ustroja oziroma najnižjega nivoja posteljice ceste (Q3).



Prikaz poti dotekanja vode v jarek /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

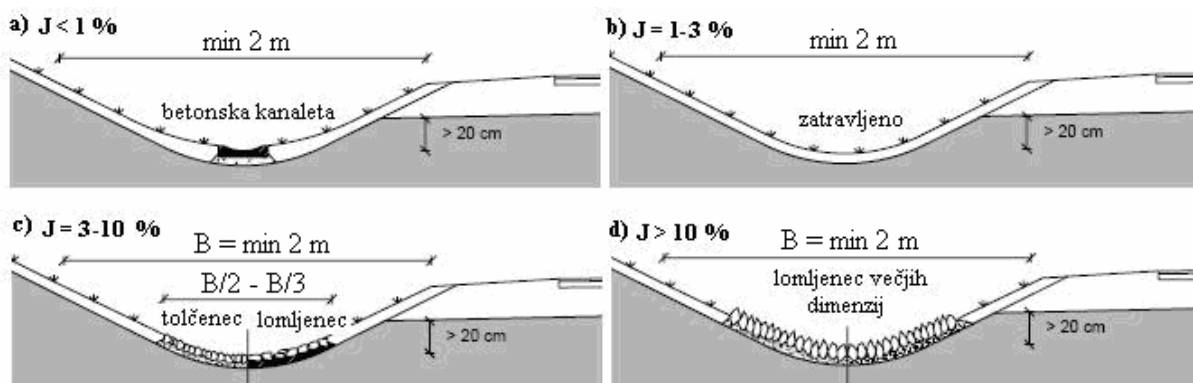
Med osnovne oblike jarkov prištevamo segmentne in trapezne jarke, poznamo pa še trikotne jarke in jarke z betonskimi kanaletami. Vse vrste jarkov je potrebno redno vzdrževati, še posebej trikotne, kje se nesnaga hitro nabere.

Segmentni jarki

Uporabljamo jih najpogosteje, saj se zaradi oblike lepo vklopijo v cestno telo in v primeru zdrsna vozila s ceste pride do manjših poškodb. Njihova slaba lastnost pa je, da zahtevajo več prostora kakor jarki drugih oblik. Pri oblikovanju segmentnih jarkov moramo biti pozorni na:

- nagib brežine jarka, ki ne sme presegati vrednosti 1 : 2,
- dno jarka, ki mora biti vsaj 20 cm globoko v raščnem terenu oziroma 20 cm pod nivojem planuma spodnjega ustroja,
- minimalno širino jarka (B), ki v ravnini bankine znaša 2 m.

Segmentni jarki so običajno zatravljeni, le ob vtoku in iztoku iz cestnega prepusta se jih obdela s kamnom. Na zatravljenost in obdelavo dna jarka vpliva vzdolžni padec jarka, kot je prikazano na naslednji sliki.



Legenda: J vzdolžni padec jarka

Obdelava dna segmentnega jarka v odvisnosti od vzdolžnega padca /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

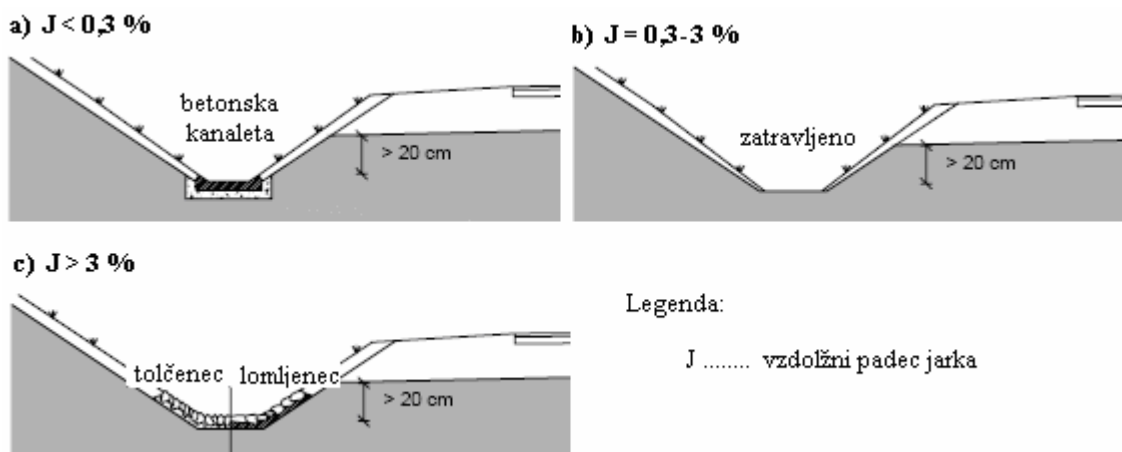
Pod točko a) z betonsko kanaletto povečamo možnost toka vode. Ta način pride do izraza predvsem v primeru stalne vode v majhnih količinah. V primeru točke c) želimo z obdelavo dna zmanjšati hitrost toka vode in ji odvzeti energijo. Ko je $J = 3-5\%$, dno jarka obdelamo s tolčencem, položenim na peščeno podlago, pri $J = 5-10\%$ pa z lomljencem, postavljenim v sloj betona. Pri vzdolžnih padcih, večjih od 10% , pa uporabimo lomljenec večjih dimenzij, kot je prikazano pod točko d). V vseh primerih je zelo pomembno, da se segmentne jarke redno vzdržuje.

Trapezni jarki

V preteklosti so jih uporabljali pogosteje, danes pa jih zaradi večjih poškodb v primeru zdrsa vozila s ceste uporabljajo manj pogosto. Uporabljamo jih predvsem v primeru prostorske stiske, na zahtevnem terenu in na cestah nižjih kategorij. Pri oblikovanju trapeznih jarkov se moramo držati naslednjih pravil:

- nagib brežine jarka ne sme presegati vrednosti $1 : 1,5$,
- dno jarka mora biti vsaj 20 cm globoko v raščenem terenu oziroma 20 cm pod nivojem planuma spodnjega ustroja,
- minimalna širina dna jarka je 50 cm (izjemoma 40 cm),
- jarki so običajno zatravljene, le v bližini cestnega prepusta se jih obdela s kamnom.

Obdelava dna jarka je odvisna od vzdolžnega padca jarka, ki je v primerjavi s segmentnimi nekoliko manjši. Da trapezni jarki normalno delujejo, jih je potrebno redno vzdrževati.



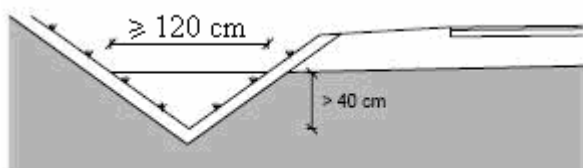
Obdelava dna trapeznega jarka v odvisnosti od vzdolžnega padca /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

Pod točko a) z betonsko kanaletto izboljšamo tok vode. V primeru točke c) želimo z obdelavo dna zmanjšati hitrost toka vode in ji odvzeti energijo. Pri $J = 3-5 \%$ dno jarka obdelamo s tolčencem, položenim na peščeno podlago, pri $J = 5-10 \%$ pa ga obdelamo z lomljenecem, postavljenim v sloj betona.

Trikotni jarki

V današnjem času jih uporabljamo vedno manj. Največkrat jih uporabimo v primerih, ko smo v prostorski stiski in na mestih, kjer ne pričakujemo velikih količin vode. Njihova slabost je predvsem hitra zapolnitev z nesnago, zato jih je potrebno redno čistiti. Pravila, ki jih moramo upoštevati pri oblikovanju trikotnih jarkov, so:

- nagib brežine jarka ne sme presegati vrednosti 1 : 3,
- dno jarka mora biti vsaj 40 cm globoko v raščnem terenu oziroma 20 cm pod nivojem planuma spodnjega ustroja,
- minimalna širina dna jarka v ravnini planuma spodnjega ustroja znaša 120 cm,
- običajno se jih zatravi, le v bližini cestnega prepusta so obdelani s kamnom in izvedeni v obliki trapeznega jarka.



Trikotni jarek /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

Jarek z betonsko kanaletjo

V praksi jih uporabljamo tako pri jarkih z majhnim kot pri jarkih z velikim vzdolžnim padcem. Pojavili so se pri opisu segmentnih in trapeznih jarkov, kjer je bilo potrebno zaradi majhnega vzdolžnega padca omogočiti tok vode. Kot sem že omenil, se jih uporablja tudi pri velikih vzdolžnih padcih, saj nudijo veliko odpornost proti eroziji in zato ni potrebna dodatna obdelava dna jarka. Slabost jarkov z betonsko kanaletjo je predvsem njihov izgled.

4.2.2 Kadunjasti jarek (mulda)

Spada med najenostavnejši način vzdolžne odvodnje vode, saj se jih običajno izvede ob samem asfaltiranju ceste s finišerjem. Njegova oblika je odvisna od uporabljenega orodja, ki je pritrjen na finišer. Večinoma jih uporabljamo na cestah izven mest, parkirnih površinah in za odvodnjavanje cest v vkopu, v primerih, ko ni mogoče izvesti boljše rešitve, bodisi zaradi strmosti pobočja, konfiguracije terena ali prostorske stiske. Poznamo naslednje izvedbe kadunjastih jarkov oziroma muld:

- tlakovane (s kamnom, granitnimi kockami),
- betonske,
- asfaltne.



Slika 2: Različne izvedbe kadunjastih jarkov oziroma muld

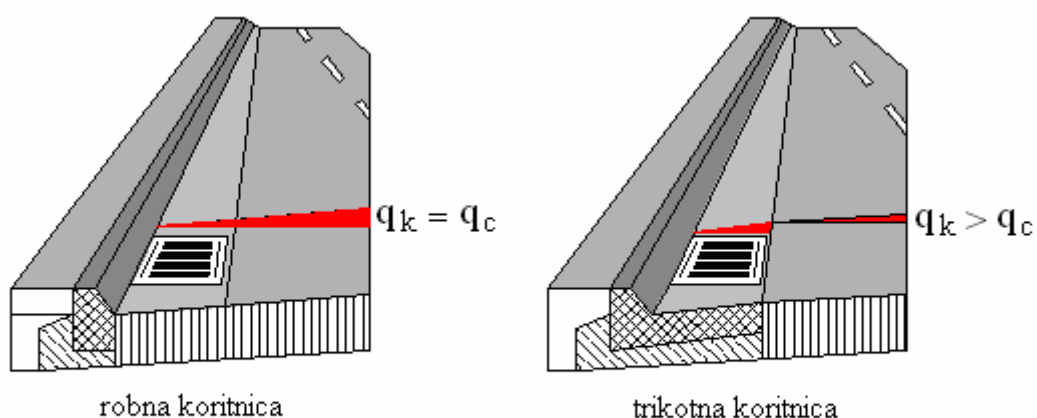
Kadunjasti jarek (mulda) je običajno širok od 0,5 m do 0,8 m (1,0 m) in globok od 0,05 m do 0,08 m, drugače pa se širino in globino določi na podlagi hidravličnega izračuna. Za normalno delovanje mora biti vzdolžni nagib mulde $> 0,5 \%$, potrebno pa je tudi redno vzdrževanje, da ne pride do toka vode v nasprotno smer. Slaba lastnost mulde je majhna kapaciteta odvodnje

vode, kar pomeni, da bomo imeli veliko število rešetk, jaškov in iztokov. Dobra lastnost pa je majhna nevarnost za vozila, ki zapeljejo nanjo.

4.2.3 Koritnica

Koritnice zelo pogosto uporabljamo za odvodnjavanje avtocest, cest v vkopih in cest v naseljih. Postavimo jih ob robniku, saj tako direktno zajemajo vodo s cestišča, brežin vkopov, površin namenjenim pešcem in kolesarjem in včasih tudi zelenih površin. Vodo iz koritnice odvajamo do vtočnih jaškov ali v obcestne jarke preko pobočnih kanalet. Poznamo dva tipa koritnic:

- **robna koritnica** (prečni nagib koritnice je enak prečnemu nagibu ceste),
- **trikotna koritnica** (prečni nagib koritnice je večji od prečnega nagiba ceste).



Legenda: q_k prečni nagib koritnice
 q_c prečni nagib ceste

Robna in trikotna koritnica /Vir: Pregelj, J. 2004. Načrtovanje sistemov odvodnjavanja površinskih voda s cest/

Glede na izdelavo ločimo koritnice iz prefabriciranih betonskih elementov in koritnice, ki so izdelane na mestu samem. Pri slednji varianti sta možni dve izvedbi, in sicer betonska in asfaltna z betonskim montažnim ali asfaltnim (se redkeje uporablja) robnikom širine 50 do 75 cm. Pravila, ki jih moramo upoštevati pri oblikovanju koritnic, so /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/:

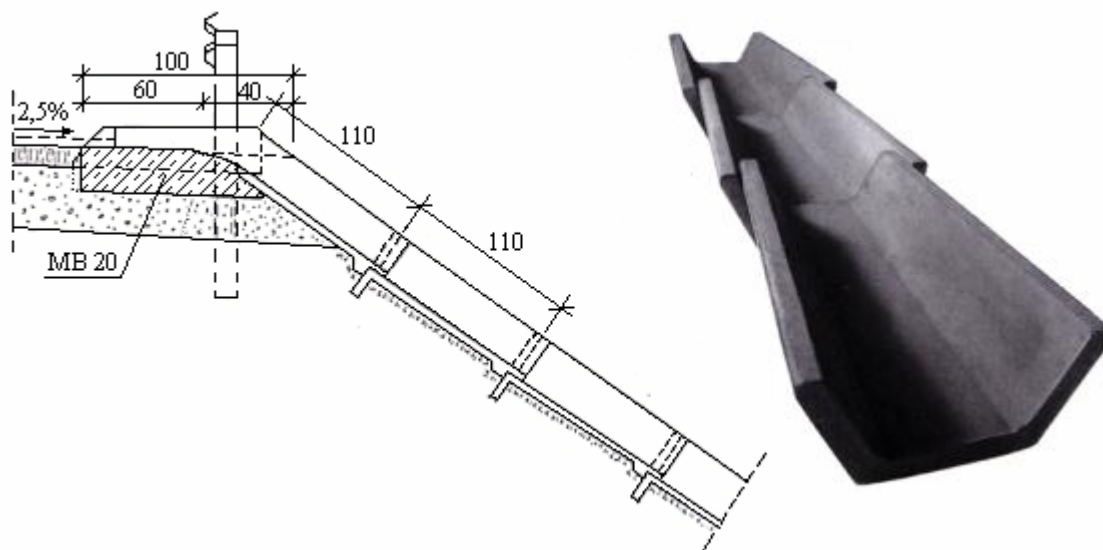
- širina koritnice naj bo od 0,5 m do 0,75 m,
- prečni nagib koritnice $q_k = 7-15 \%$ in ni odvisen od prečnega nagiba ceste,
- vzdolžni nagib koritnice mora biti večji od 0,5 %,

- pri koritnici z robnikom se naredi lovilna berma, ki služi kot zaščita pred vdorom nesnage z brežin v koritnico.

Koritnice so za vozila, če le-ta zapeljejo nanje, bolj nevarne od kadunjastega jarka (mulde), saj v primeru trka vozila ob robnik lahko pride do prevrnitve vozila. Kljub tej slabosti pa se jih pogosto uporablja.

4.2.4 Kanalete

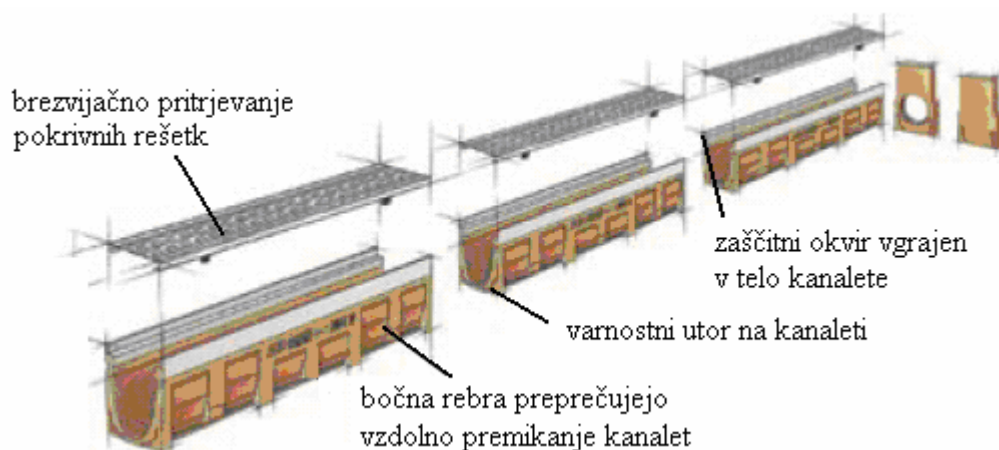
To so montažni betonski elementi v obliki korita, ki se jih uporablja za odvod površinske meteorne vode, kjer so nakloni terena večji. S tem mislim predvsem na odvodnjo vode s pobočij nasipov.



Slika 3: Betonska kanaleta

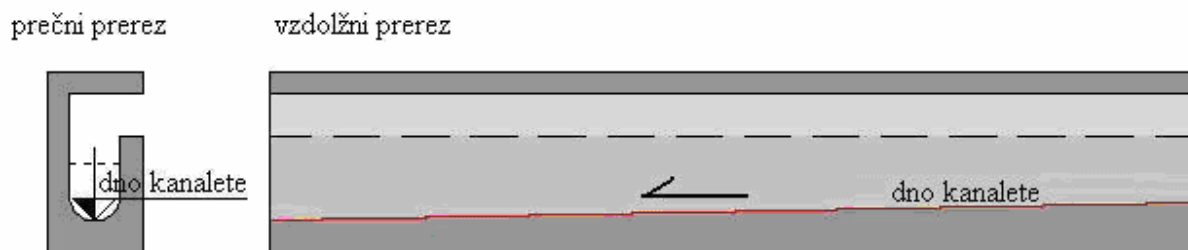
Poleg betonskih pa poznamo še kanalete iz polimernega betona³ in kanalete v robnikih. Eno med vodilnimi podjetji v svetu, ki se ukvarjajo s proizvodnjo kanalet iz polimernega betona, je podjetje ACO iz Nemčije, ki jih proizvaja za različne obremenitvene razrede. Kanalete podjetja ACO se uporabljajo za parkirne površine, cone za pešce, industrijske površine, letališča, avtoceste, hitre ceste, pristanišča ...

³ Polimerni beton je mešanica mineralnih agregatov in polimernih mas, kar tvori lahek material, ki je odporen proti zmrzali, solem, koroziji in ima dolgo življenjsko dobo.



Slika 4: Kanaleta z rešetko podjetja ACO

Kanalete v robnikih so bolj kot pri nas razširjene v tujini. Kanalete in robniki so iz prefabriciranih elementov z vdolbino v obliki kanala. Samo dno kanalete ima drugačen nagib kot vrh robnika, zato je pri polaganju pomembno, da si elementi pravilno sledijo.



Knaleta v robniku /Vir: Pregelj, J. 2004. Načrtovanje sistemov odvodnjavanja površinskih voda s cest/

4.2.5 Vtočni jaški

Njihova naloga je sprejemanje površinske vode iz koritnic, kadunjastih jarkov (muld), zemeljskih jarkov, ki se nato preko cevne kanalizacije odvaja do sprejemnikov (tekoče vode, stoječe vode, morje ali javna kanalizacija). Glavna lastnost vtočnih jaškov je sprejemna kapaciteta⁴, to je kriterij, na katerega so vezana vsa dela, mere in preračuni odvodnjavanja.

Glede na način vtoka padavinske vode v vtočni jašek ločimo:

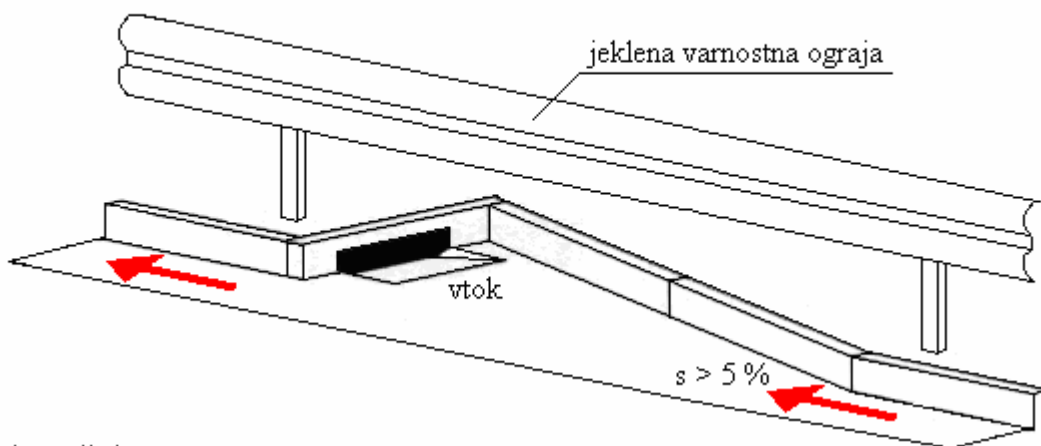
- vtočni jašek z vtokom pod robnikom,
- vtočni jašek z rešetko,

⁴ Sprejemna kapaciteta, predstavlja količino vode, ki jo lahko pod določenimi pogoji sprejme vtočni jašek.

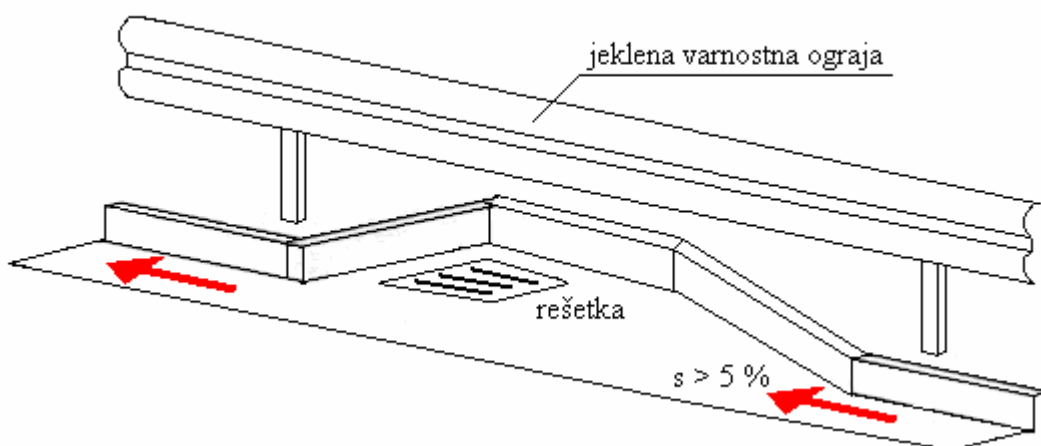
- linijski vtočni jašek,
- vtočni jašek s stranskim vtokom,
- vtočni jašek s čelnim vtokom.

Kadar je vzdolžni nagib vzdolžnega odvodnika večji od 5 %, se pri vtočnih jaških s stranskim vtokom in vtočnih jaških z rešetko, vodo vodi izven vzdolžnih odvodnikov (čelni vtok). Tak način vtoka poveča kapaciteto vtoka v jašek, a hkrati predstavlja nevarnost za udeležence v prometu. Zaradi tega bi bilo smiselno postaviti varnostno ograjo, ki bi preprečevala vozilom, da bi zapeljali v območje izven vzdolžnega odvodnjavanja.

a) čelni vtok pod robnikom

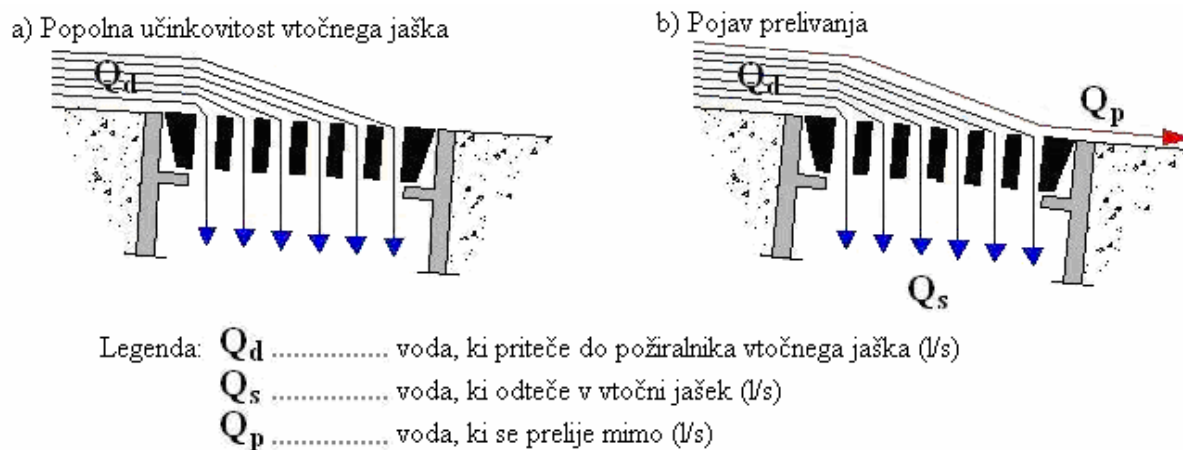


b) čelni vtok z rešetko



Slika 5: Čelni vtok

Padavinska voda, ki priteče do vtočnega jaška, lahko vanj odteče v celoti ali pa pride do prelivanja (se pogosteje pojavi).



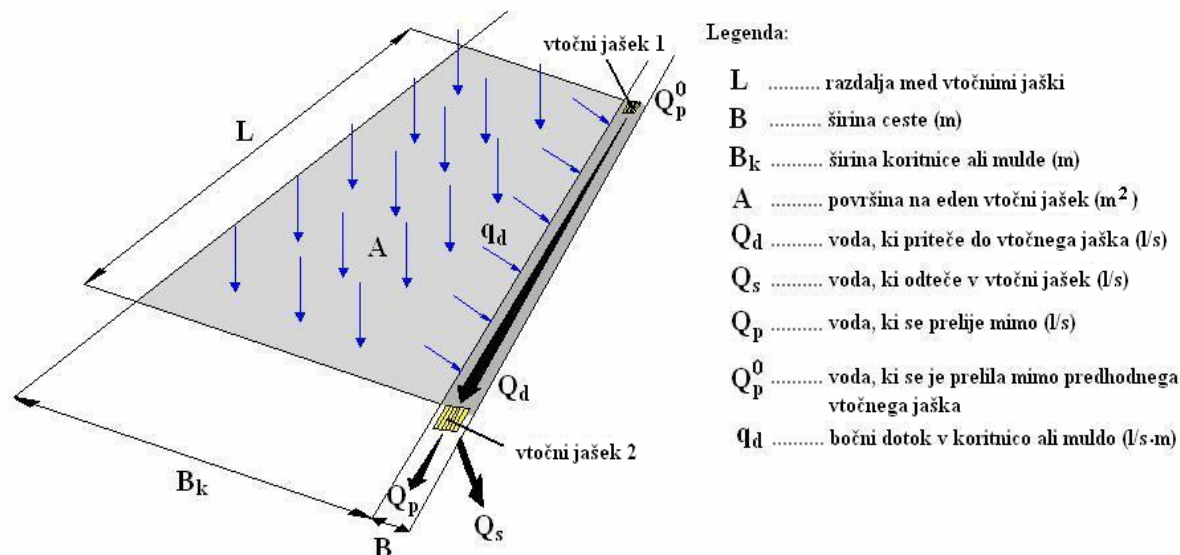
Prikaz odtoka padavinske vode v vtočni jašek /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

Učinkovitost vtočnega jaška je definirana z enačbo:

$$E_f = \frac{Q_s}{Q_d} \times 100 [\%] \text{ učinkovitost vtočnega jaška}$$

V primeru a) je učinkovitost po zgornji enačbi enaka 100 % za razliko od primera b), kjer znaša manj kot 100 %, vendar pa je količina sprejete vode večja. Pri velikih sistemih odvodnjavanja je bolj primeren primer pod točko b), v primeru podvozov, tunelov, križišč pa pod točko a).

Na učinkovitost sistema odvodnjavanja vpliva predvsem pravilna postavitvev in medsebojna oddaljenost vtočnih jaškov. V primeru nepravilne postavitve lahko pride do zadrževanja vode na vozišču in s tem ogrožanja udeležencev v prometu.



Prikaz količin za dimenzioniranje vtočnih jaškov /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

Določevanje lege vtočnega jaška je težavna naloga in zahteva kar nekaj računanja. Kljub temu pa se v praksi najpogosteje predpostavlja, da je en vtočni jašek sposoben sprejeti padavinsko vodo iz prispevne površine 400 m².

Faktorji, ki vplivajo na izbiro vtočnega jaška (oblika in lega), so:

- količina vode, ki priteče do njega,
- prečni in vzdolžni nagib ceste,
- hrapavost ceste (od nje je odvisna hitrost toka vode),
- vrsta elementa (koritnica, mulda), po katerem priteče voda, zaradi svoje oblike in s tem širine toka vode vpliva na učinkovitost vtočnega jaška.

Velika hrapavost ima dobro in slabo lastnost. Dobra lastnost je, da obstaja večja verjetnost, da bo zaradi počasnega toka vode vtočni jašek sprejel vso doteklo vodo. Slaba pa je ogrožanje prometne varnosti pri uporabi vtočnega jaška z vtokom pod robnikom, ker zaradi večje hrapavosti pride do večjega razprostiranja tekoče vode.

V glavnem so izdelani iz prefabriciranih elementov (okrogli ali kvadratni prerez), v primeru prisotnosti podzemne vode pa se jih betonira na samem mestu. Notranji premer revizijskega jaška mora biti minimalno 80 cm. Zaradi pregleda in čiščenja se jih postavlja na medsebojni oddaljenosti 60 do 80 m. Revizijske jaške se locira tako, da se prilagodijo sistemu odvodnjavanja. Mesto jaška mora biti dostopno, ne sme pa biti preveč obremenjeno. Sam vstop v jašek mora biti izveden z lestvijo v primerih, ko je jašek globlji od 50 cm. Dostopnost do jaška in vanj pa je pomembna tudi zaradi rednega nadzora in vzdrževanja.

4.2.7 Kanalizacija

Naloga kanalizacijskega sistema je odvodnjavanje padavinske vode, ki jo pripeljemo s pomočjo jarkov, koritnic in kadunjastih jarkov v vtočne jaške, od koder jo nato preko cevne kanalizacije vodimo do recipientov oziroma sprejemnikov (tekoče vode, stoječe vode ...). Seveda pa morajo upravljavci ceste elemente kanalizacijskega sistema redno pregledovati in vzdrževati, da funkcionirajo pravilno.

Pri samem preračunu in analizi kanalizacijskega sistema je potrebno upoštevati naslednja robna pogoja:

- *gorvodni pogoj*, ki se nanaša na tok vode skozi požiralnik (zajem vode in odtok iz požiralnika morata biti taka, da ne zmanjšujeta njegove sprejemne kapacitete),
- *dolvodni pogoj*, ki se nanaša na recipient (iztok vode iz cevi ne sme biti pod nivojem recipienta, saj lahko pride do zalitja cevi).

a) pravilen iztok



b) zalitje cevi



Slika 7: Iztok vode v recipient

Elementi (jaški, cevi) kanalizacijskega sistema so najpogosteje iz naslednjih materialov: beton, PVC (polivinilklorid) in CPE (centrifugirani poliester). Poleg njih pa se uporablja tudi

druge, kot so: keramika, beton, ojačan s steklenimi vlakni, litoželezo (za cevi), kombinacija betona in PVC-ja, plastika, armiran poliester ... Da je element iz določenega material dobre kakovosti (trdnost, vodotesnost, življenjska doba ...), nam mora to zagotavljati proizvajalec z atesti.

Dimenzije cevi se določi s hidravličnim izračunom, pri čemer minimalna vrednost premera cevi znaša $\phi_{\min} = 250$ mm. Na hidravlični izračun vpliva:

- material, iz katerega je cev,
- varnostni faktor, ki je odvisen od kategorije ceste,
- količina vode, ki jo je treba odvesti.

Da voda po ceveh odteka normalno, je potrebno zagotoviti pravilen vzdolžni nagib cevi. Pri tem ločimo *minimalni* (pogojuje tok vode) in *maksimalni* (pri betonskih ceveh, določa stopnjo erodiranja cevi) *vzdolžni nagib*. Izračunamo ju po naslednjih enačbah /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/:

$$\min s_c = \frac{n^2 \cdot V_{\min}^2}{R^{4/3}}$$
$$\max s_c = \frac{n^2 \cdot V_{\max}^2}{R^{4/3}}$$

s_c	vzdolžni nagib cevi
V	hitrost toka vode [m/s]
n	Maninngov koeficient
R	hidravlični radij [m]

Minimalna hitrost (V_{\min}) toka vode je okrog 0,7 m/s in je odvisna od materiala, iz katerega je cev. Maksimalna hitrost (V_{\max}) toka vode znaša 2 m/s, ko je cev polna do vrha, in 3,5 m/s, če je cev polna do vrha le občasno.

Ko se odločamo za kanalske cevi, moramo upoštevati naslednje dejavnike:

- material mora biti odporen na kemične spojine, ki jih s seboj prinese voda,
- vloga cevi:
 - enonamenske cevi (samo za pretok vode),
 - večnamenske (pretok vode + funkcija dreniranja),

- vrste kanalskih cevi:
 - *PVC* (polivinilklorid) – so lahke, cenovno ugodne, občutljive na udarce pri nizkih temperaturah, nazivni premer cevi DN do 500 mm in dolžine 5 m,
 - *strukturirane (rebraste) cevi iz PVC-ja ali polipropilena* – so razmeroma lahke, z rebri povečamo odpornost proti poškodbam, notranji premer cevi DN od 100 mm do 500 mm ter dolžine 1, 2, 3 in 5 m,
 - *betonske in AB cevi* – so toge, ravne, cenovno poceni, težke, pogosto tesnijo slabše kot druge cevi, notranji premer cevi DN od 200 mm do 2400 mm, dolžine 2 m in 2,5 m,
 - *poliesterske cevi* – so cenovno dražje, toge, lahke, se enostavno vgrajujejo, dolžine 6 m in notranjega premera DN od 200 mm do 1600 mm,
 - *cevi iz polietilena* – imajo majhno maso, nizko ceno, manjšo togost, uporabljamo jih redkeje, imajo slabše stikovanje (ni z obojko), nazivni premer cevi DN do 400 mm ter dolžine 6 m ali 12 m,
 - *cevi iz nodularne zlitine* – so kakovostne, trajne, dobro tesnijo, težke, cenovno drage (redko jih uporabljamo), notranji premer cevi DN do 1800 mm in dolžine 6 m (pri večjih premerih so lahko tudi daljše),
 - *keramične cevi* – ne uporabljamo jih za javno kanalizacijo zaradi visoke cene in manjše trdnosti, lahko se jih uporablja za interno kanalizacijo za odvod agresivne vode, saj so odporne proti kislini, lugom in topilom,
- obremenitev, ki jim bodo cevi podvržene.

4.2.7.1 Kanalizacijski sistem v mestih

Kanalizacijski sistem v mestih se loči na mešanega in ločenega. Pri mešanem sistemu se meteorno (deževnico) in fekalno vodo odvodnjava skupaj, pri ločenem sistemu pa vsako po svojem sistemu.

V primeru mešanega sistema gradimo razbremenilnike z namenom, da bi prihranili na dimenzijah kanalov in s tem na ceni. Razbremenilnik je objekt za prelivanje oziroma razbremenjevanje dela odvedenih vod, ki v primeru močnejših padavin služi za preliv dela

padavinske vode neposredno v odvodnik. Pred njega se običajno vgradi še zadrževalni bazen, ki se uporablja še v naslednjih primerih:

- pred razbremenilnikom, zadržuje najbolj umazano padavinsko vodo, dokler se prelivanje preko razbremenilnika ne umiri, nato pa počasi odteka iz njega po primarni kanalizacijski cevi v čistilno napravo,
- pred čistilnimi napravami, ko te ne morejo sprejeti vse količine vode ob večjih nalivih,
- pred iztok padavinske vode v recipient, kjer odstranjujejo in prestrezajo naftne derivate in maščobe.

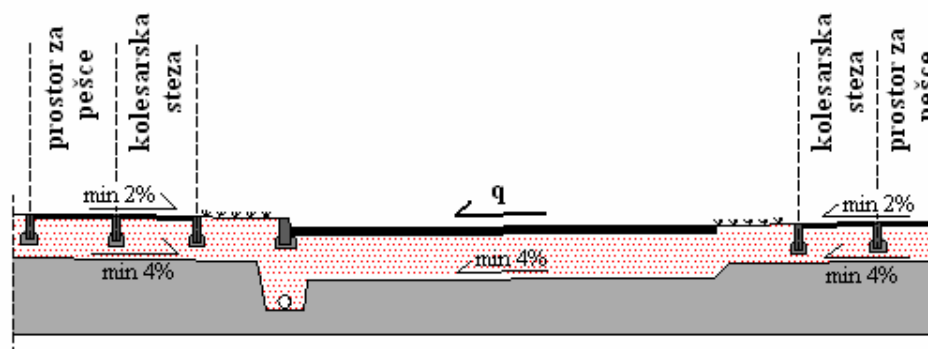
Kot vsaka stvar imata tudi mešani in ločeni sistem svoje prednosti in slabosti, ki so prikazane v spodnji preglednici.

Preglednica 1: Mešani in ločeni sistem kanalizacije, njune prednosti in slabosti

	<i>PREDNOSTI</i>	<i>SLABOSTI</i>
<i>Mešani sistem kanalizacije</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ enostavna izvedba ○ nižja cena, kot pri ločenem sistemu ○ pregledna izvedba ○ očistimo velik del onesnaženih padavinskih voda 	<ul style="list-style-type: none"> ○ manj zanesljivo delovanje čistilne naprave ○ zaradi razbremenilnika je odvodnik manj zaščiten ○ črpališče je močnejše dimenzionirano (večja obremenitev) zaradi prečrpavanja dela padavinske vode ○ potrebna zaščita kletnih etaž, ki so priključene na kanalizacijo pred poplavitvijo
<i>Ločeni sistem kanalizacije</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ dobra zaščita odvodnika ○ boljša zaščita pred poplavitvijo kletnih etaž ○ obremenitev črpališč je manjša ○ zanesljivejše delovanje čistilnih naprav 	<ul style="list-style-type: none"> ○ zapletenost in nepreglednost sistema ○ dražje vzdrževanje zaradi dvojnega sistema ○ višji stroški investicije ○ slabše izpiranje sistema za odvod fekalne vode

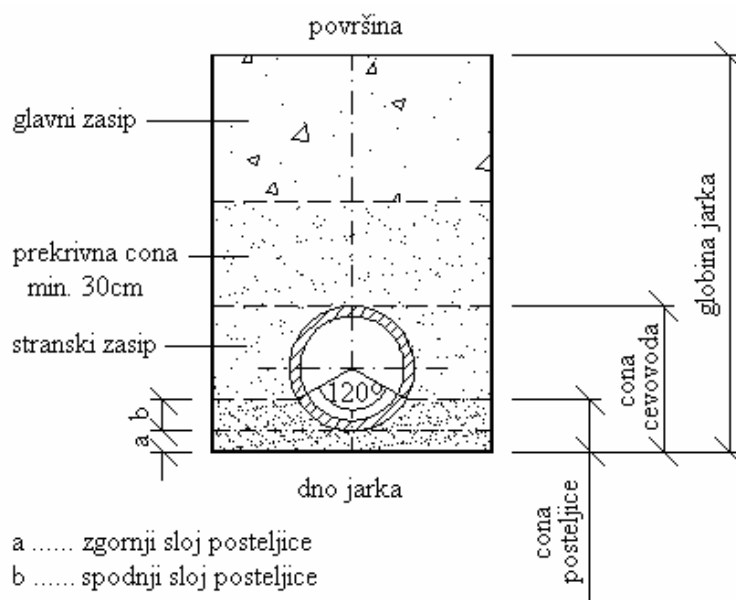
Vzdolžno odvodnjavanje se izvaja s koritnicami, kadunjastimi jarki (mulde) in samo ob robnikih, če je zagotovljen primeren prečni nagib. Poleg odvodnjavanja cest pa je potrebno v

mestih in naseljih poskrbeti še za odvodnjavanje kolesarskih poti in poti za pešce, kjer je vodo potrebno prav tako čim hitreje odstraniti s površine.



Odvodnjavanje površin za kolesarje in pešce /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

4.2.7.2 Polaganje cevi



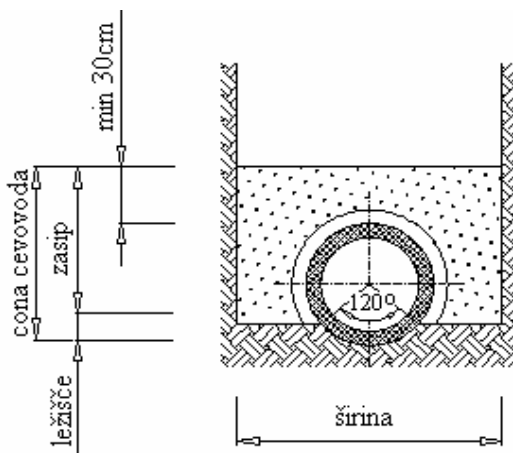
Prečni prerez polaganja cevi /Vir: Slokan, I. 2003. Nizke zgradbe/

Kanalizacijo je potrebno izvesti kvalitetno, saj s tem povečamo njeno življenjsko dobo (ta je okoli 50 let) in zmanjšamo možnosti poškodbe cevi in objektov. Najprej je treba izkopati järke, kjer je minimalna globina jarka enaka zunanjemu premeru cevi + 40 do 100 cm. Jarke lahko kopljemo na dva načina:

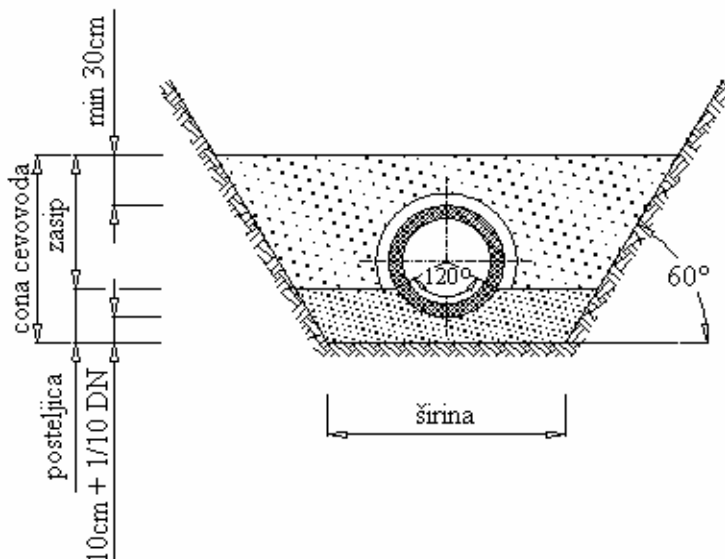
- široki izkop pod kotom 60°, kadar je dovolj prostora,
- jarek z navpičnimi stenami, ki je lahko z ali brez opaža, v primeru, ko ni dovolj prostora.

Cevi je nato potrebno položiti na oblikovano polkrožno ležišče, katerega lahko izvedemo na tri načine:

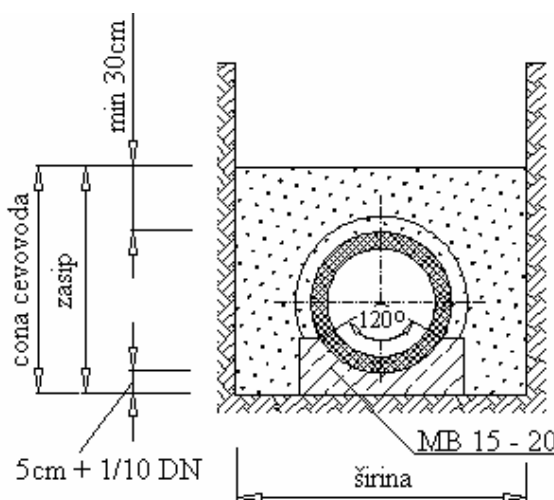
- **ležišče v naravnih tleh** se uporablja, kadar imamo homogena, relativno mehka, fino-zrnata tla, kjer se cev nalega po celotni dolžini stebra cevi;



- **peščena posteljica** je izvedena iz drobljenca 8-16 mm in znaša 10 cm pod peto cevi oziroma 15 cm, če je dno jarka skalnato;



- **betonska posteljica** znaša pod peto cevi 10 cm in pride v poštev, kadar imamo slabo nosilna tla, prisotnost talne vode in v primeru, kjer je potrebno polno obbetoniranje cevi.



Ko so cevi položene, pričnemo s stranskim zasipom (do višine temena cevi) in nato še s pokrovno plastjo (30 cm nad temenom cevi). Za zasip uporabimo material granulacije do 60

mm, ki ga nanašamo v slojih debeline 20-30 cm in utrjujemo s pomočjo lahkih komprimacijskih sredstev (nabijalo oz. "žaba", vibracijske plošče, valjarji širine do 90 cm). Temu sledi glavni zasip v plasteh 20-30 cm, za katerega se uporabi kar izkopani material. Glavni zasip utrjujemo s pomočjo lahkih komprimacijskih sredstev, v primeru, da je zasip večji od 1 m, pa lahko tudi s težkimi komprimacijskimi sredstvi. Na koncu morajo pooblaščenice institucije opraviti še test tesnosti cevovoda po standardu SIST EN 1610. Test se lahko opravi na dva načina:

- z zrakom, kjer morajo biti izgube tlaka v dovoljenih mejah,
- z vodo, kjer morajo biti izgube vode v dovoljenih mejah.

Priporočeno je opraviti test tesnost cevovoda že pri delnem zasutju cevi, saj so stroški in čas popravila v primeru, ko test ni opravljen, manjši.

4.2.8 Drenaže

Ker voda ni prisotna samo na površju, ampak tudi pod njim, s čimer neugodno vpliva na stabilnost cestne konstrukcije, jo je potrebno odvesti stran od cestnega telesa, kar storimo z drenažami. Voda lahko prodre v cestno konstrukcijo s kapilarnim dvigom podzemne vode, s pronicanjem skozi zgornji ustroj, s pretakanjem po vodonosnih slojih ter preko brežin, berm in bankin.

Namen drenaž je:

- izboljšati lastnosti temeljnih tal (boljša konsolidacija, povečati nosilnost tal),
- zmanjšati visok nivo vode pod cesto,
- preprečiti vodi z brežin, da bi prodrla pod cestno konstrukcijo,
- zbiranje vode iz planuma in vode, ki pronica iz zgornjih slojev.

Drenažni sistem mora biti pravilno načrtovan. V nasprotnem primeru se voda zbira, namesto da bi odtekala, zaradi česar so posledice lahko hujše, kot bi bile, če drenažnega sistema sploh ne bi bilo. Za samo projektiranje so pomembne naslednje karakteristike:

- najpomembnejša je **vodoprepustnost**, ki je določena s koeficientom vodoprepustnosti oziroma koeficientom filtracije (k) in vpliva na izbiro filtrskega materiala, ki mora

imeti zrna take velikosti, da pri pronicanju vode filter finih delcev ne sprejema ali prepušča, saj drugače pride lahko do zamašitve,

- **temperatura zraka**, od katere je odvisna globina zmrzovanja (dlje ko je temperatura zraka pod ničlo, večja bo globina zmrzovanja),
- **količina padavin** vpliva na količino padavinske vode, na količino infiltrirane vode in na spremembe nivoja podtalnice.

Orientacijske vrednosti koeficienta vodoprepustnosti /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

	gramoz	pesek	prah	glina
k [cm/s]	10^2-10^{-1}	$10^{-1}-10^{-3}$	$10^{-3}-10^{-7}$	$< 10^{-7}$

Drenaže prvotno ločimo na plitve (globine do 1 m) in globoke (globine od 1 m dalje), drugače pa se razlikujejo še:

- glede na material:
 - drenaže iz plastičnih gibljivih ali trdih cevi – od ϕ 5 cm do ϕ 30 cm,
 - drenaže iz perforiranih cementnobetonkih cevi – od ϕ 10 cm do ϕ 40 cm,
 - drenaže iz mešanice enozrnatega cementnega betona,
 - drenaže iz kamnitega drobirja,
- lokacijo glede na cestno telo:
 - vzdolžne ali prečne drenaže,
 - drenaže, ki potekajo pod cestnim telesom ali vzporedno z njim,
 - uvtane ali vtisnjene vertikalne drenaže,
 - drenaže za odvodnjavanje okolnega terena,
- podlago, na katero so položene:
 - na planumu izkopa,
 - na glinastem naboju,
 - podložna plast iz cementnega betona.

Drenažne cevi morajo biti perforirane, in sicer ločimo:

- perforacija 220° po obsegu cevi,
- peroracija 120° po obsegu cevi (večnamenske cevi).

Izdelava drenaže pa ni potrebna v naslednjih primerih:

- primer 1:
 - nivo podtalnice je tako globoko, da s svojim nihanjem ne vpliva na karakteristike tal,
 - če letna količina padavin ne presega vrednosti 200–250 cm,
 - ne obstaja možnost vdora vode zaradi topljenja snegu in ledu,
- primer 2:
 - tampon, izveden iz peska ali gramoza,
 - nivo podtalnice dovolj globok,
 - ni nevarnosti zmrzovanja tal.

4.2.9 Prepusti

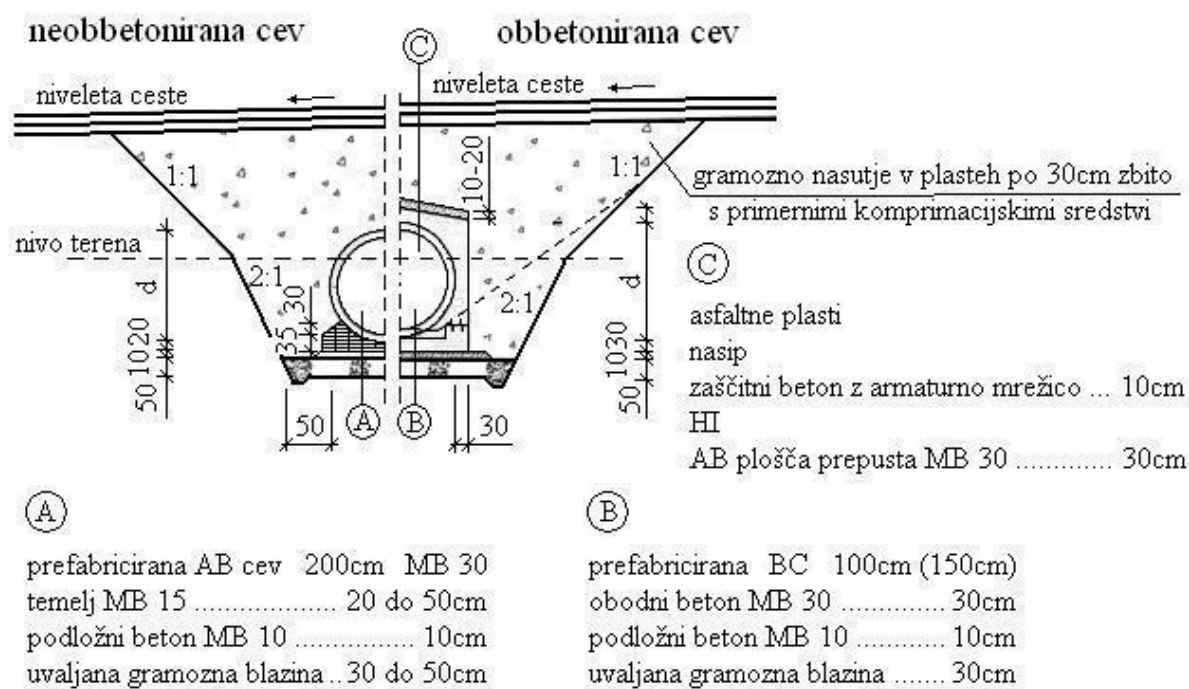
Prepust je element odvodnjavanja, katerega funkcija je odvodnja vode (jarkov, potokov in kanalov) skozi cestno konstrukcijo v prečni smeri glede na os nivelete. Z njimi moramo zagotoviti dovolj veliko transportno sposobnost ob upoštevanju količine vode skupaj s količino nanošenega materiala. Poleg vode pa se jih uporablja tudi za prehode živali, ljudi in manjših vozil pod prometnicami.

V preteklosti so bili prepusti manjših dimenzij in kratki ter so služili izključno prepustu vode. Prvotno so bili prepusti leseni, sledili so kamniti, kasneje betonski, jekleni in nazadnje armiranobetonski, ki se v Sloveniji še danes najpogosteje uporabljajo.

Sama izbira oblike prepusta je odvisna od količine vode, ki jo moramo odvesti, in od višine nasipa v prečnem profilu, kjer se bo nahajal. Količina vode, ki jo je potrebno odvesti, in vzdolžni padec (min. 0,5 %) pa vplivata tudi na izbiro svetle odprtine prepusta (širina in višina). Poznamo naslednje vrste prepustov:

a) Cevni prepusti

Uporablja se jih za odvod meteornih vod, melioracijskih jarkov in naravnih vodotokov. Cevni prepusti so grajeni iz prefabriciranih armiranih ali nearmiranih cevi, ki morajo biti iz vodoneprepustnega betona. Cevi so lahko obbetonirane ali neobbetonirane, imeti pa morajo minimalno 1 m nadkritja, da ne pride do poškodbe cevi. Cevnim prepustom, ki so položeni v dobrih tleh, se izdelata temelj le na vtoku in iztoku, v nasprotnem primeru se jih položi na debelejšo betonsko podlago in cevi obbetonira. Običajno se uporabljajo premeri cevi ϕ 100, ϕ 150 in ϕ 200 cm. V primeru večjih padcev je potrebno zaradi velike hitrosti vode na dnu cevi izvesti oblogo dna z lomljencem v betonu, kar pride v poštev pri ceveh premera od ϕ 150 cm naprej.



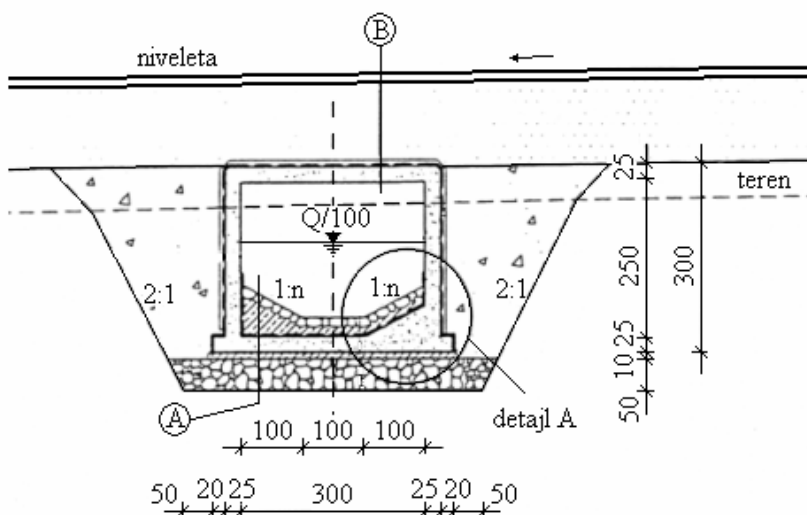
Prečni prerez cevnega prepusta /Vir: TSC 07.115, 1998/

b) Škatlasti prepust

Uporablja se za vodotoke, kjer je potrebno prepustiti večjo količino vode in v primerih, ko je višina nadkritja majhna. Izvedba prepusta je lahko montažna ali monolitna, same dimenzije odprtine pa vplivajo na višino nadkritja in debelino sten, kar je razvidno iz preglednice 2.

Preglednica 2: Višina nadkritja in debeline sten glede na odprtino škatlastega prepusta

Odprtina prepusta		nadkritje (m)	debelina sten in plošč (cm)	temeljenje
širina (m)	višina (m)			
2,0	od 1,5 do 3,5	od 0,4 do 5,0	≥ 25	talna plošča
3,0	od 2,0 do 5,0	od 0,4 do 5,0	≥ 30	talna plošča
4,0	od 2,5 do 6,0	od 0,4 do 4,0	≥ 35	talna plošča ali ločeni pasovni temelji
5,0	od 3,0 do 7,0	od 0,4 do 3,0	≥ 40	talna plošča ali ločeni pasovni temelji



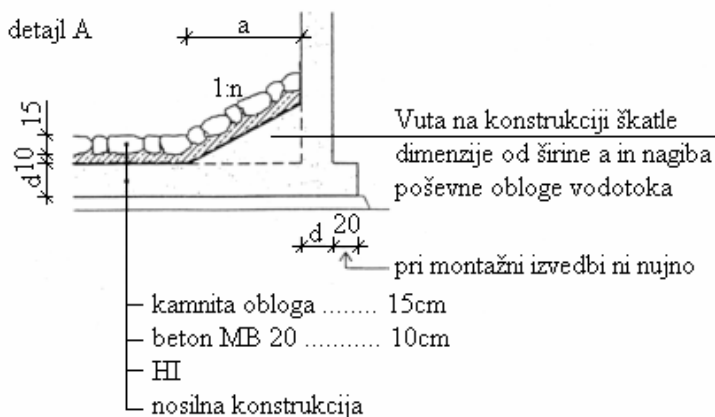
Ⓐ

obloga - lomljenec 15cm
 beton MB 20 20cm
 HI
 AB temeljna plošča MB 30 30cm
 podložni beton MB 10 10cm
 uvaljana gramozna blazina .. 30 do 50cm

Ⓑ

asfaltne plasti
 nasip
 zaščitni beton z armaturno mrežco .. 5 do 10cm
 HI
 AB plošča MB 30 30cm

detajl A

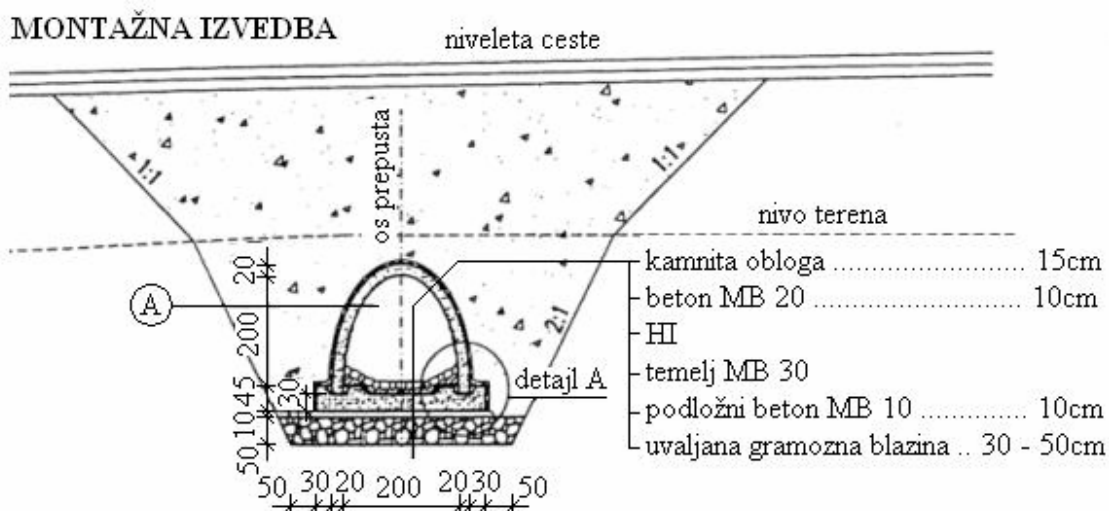
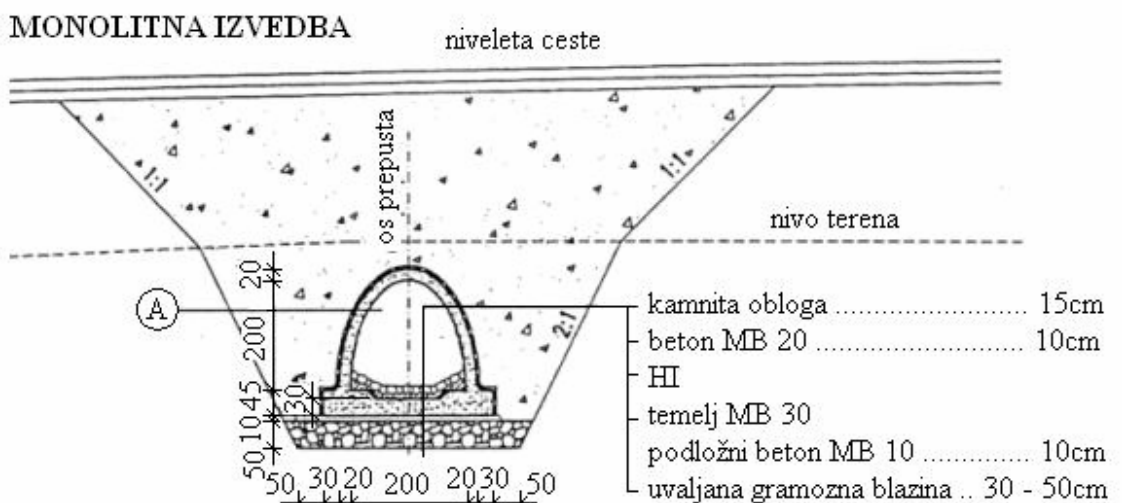


c) Obokani prepust

Uporablja se v primerih, ko sta količina vode in višina nadkritja prepusta večja. Višina nadkritja običajno znaša $> 3,0$ m (izjemoma $> 1,0$ m). Talna plošča in zgornji obokani del predstavljata nosilno konstrukcijo obokanega prepusta, ki je sposobna prenesti velike zemeljske pritiske. Kot temelj se vedno izvede talna plošča. Sama oblika obokanega dela je lahko krožnica, parabola, kakšna druga krivulja ali kombinacija naštetih. Debelina oboka je odvisna od svetle širine in višine.

Preglednica 3: Vpliv dimenzij obokanega prepusta na njegovo debelino

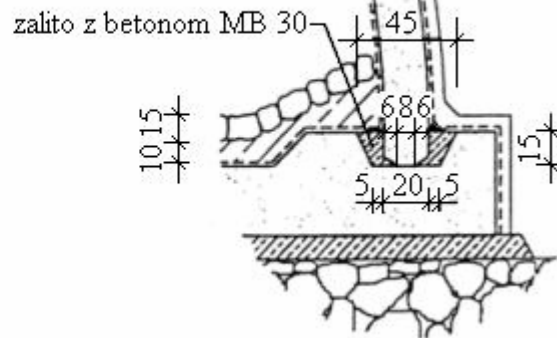
svetla širina in višina	2,0 m oz. 3,0 m	4,0 m	5,0 m
debelina oboka	≥ 20 cm	≥ 25 cm	min. 30 cm



Ⓐ

AB stena MB 30 20cm
 HI + zaščita HI
 gramozno nasutje v plasteh po 30cm

detajl A



Prečni prerez obokanega prepusta /Vir: TSC 07.115, 1998/

Velikost prepusta je omejena z maksimalno širino 5 m, saj v nasprotnem primeru že govorimo o mostnem objektu. Da pa prepusti delujejo pravilno, jih je potrebno redno pregledovati in čistiti, zaradi česar njihov premer ne sme biti manjši:

- od 100 cm, za prepuste dolžine do 15 m,
- od 150 cm, za prepuste dolžine od 15 m do 30 m,
- od 200 cm, za prepuste daljše od 30 m.

Glede na položaj prepusta v nasipu ločimo /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/:

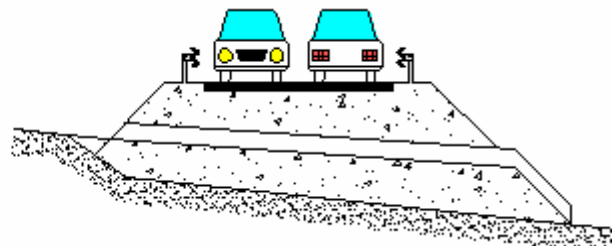
a) prepust z naravnim padcem vodotoka

b) prepust z znižanim vtokom

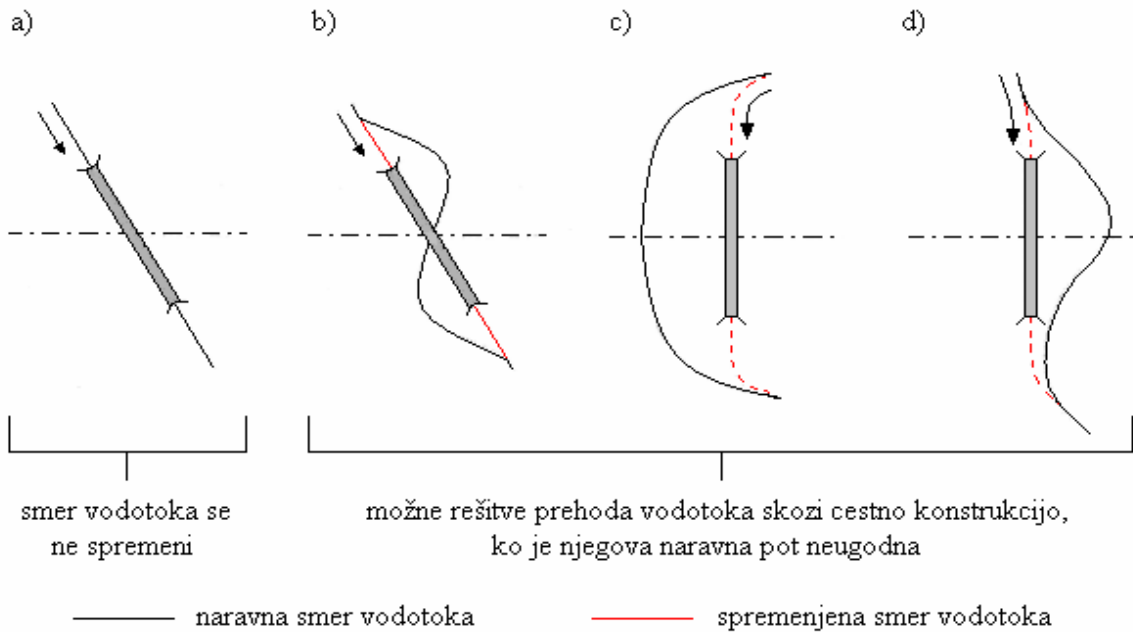


c) prepust s hitrim tokom na iztoku

d) visoki položaj prepusta



Prepuste je potrebno locirati tako, da pri križanju vodotoka s cesto čim manj spreminjamo obliko in smer vodotoka, ki jo je imel le-ta pred križanjem. Spodnja slika prikazuje nekaj primerov križanja.



Izbira položaja in smeri vodotoka /Vir: osnutek TSC 03.380, 2004/

4.3 Vzdrževanje naprav za odvodnjavanje

Za sistem odvodnjavanja je poleg kvalitetne izvedbe pomembno tudi redno vzdrževanje in nadziranje. S tem povečamo varnost udeležencev v prometu in podaljšamo življenjsko dobo cestnega telesa. Da to zagotovimo, je potrebno že v fazi projektiranja narediti načrt vzdrževanja ceste v sklopu projektne dokumentacije. V Sloveniji skrbijo za upravljanje in vzdrževanje državnih cest Direkcija Republike Slovenije za ceste (DRSC) in Družba za avtoceste Republike Slovenije (DARS), za občinske pa občina.

Glavni nalogi vzdrževanja naprav za odvodnjavanje sta:

- *nadzor s strani nadzorne službe* – vsebuje predvsem redne preglede in poročila o pregledih,
- *vzdrževanje naprav za odvodnjavanje* – z njim preprečujemo korozijo, izvajamo popravilo poškodovanih delov z ravnanjem ali zamenjavo, omogočamo nemoten potek prometa ob zaščitni ograji in želimo doseči brezhibno delovanje celotnega sistema odvodnjavanja.

Če med nadzorom in vzdrževanjem ugotovimo, da je potrebno popraviti sistem odvodnjavanja, moramo to storiti v čim krajšem času. Vzdrževalna dela, ki se izvajajo pri posameznih napravah za odvodnjavanje ob rednem nadzoru, so sledeča:

a) Jarki, kanalete, koritnice

Čiščenje njih se opravlja strojno ali ročno. Slednje se izvaja v primerih, ko gre za manjše količine materiala ali pa mesto ni dostopno za stroje.

Pri jarkih se strojno ali ročno pokosi vegetacija, ki se jo nato zmelje in razgrne na brežini cestnega telesa.

V primeru kanalet in koritnic je potrebno odstraniti in odpeljati (delovna vozila, samokolnica) nanošen material v pretočnem profilu na ustrezno deponijo.

b) Kadunjasti jarki

Ves nevezan material se s posebnim strojem odstrani, naloži in odpelje na ustezno deponijo. V primeru, ko to ni možno opraviti s strojem, se opravi ročno.

c) Drenaže

Drenaže se v primeru nepravilnega funkcioniranja zaradi nabranega materiala čisti s spiranjem z vodo pod pritiskom ali pa se naroči čiščenje pri podjetju s specialno opremo. Če drenaže ni mogoče očistiti, se izdelata novo.

d) Prepusti

Čiščenje nabranega materiala se opravlja s spiranjem z vodo pod pritiskom, ročno odstranitvijo, kjer je možno, in s posebnimi stroji. Odvečni material se kasneje naloži in odpelje na deponijo.

e) Revizijski jaški, vtočni jaški, cevna kanalizacija

Vtočne jaške in revizijske jaške se mora čistiti v smeri toka vode. Vsebino peskolova se s posebnim strojem posepa in nato spere z vodo pod pritiskom.

Pri cevni kanalizaciji se opravi čiščenje, kjer je mogoč dostop, ročno, drugače je potrebno naročiti čiščenje pri podjetju s posebno strojno opremo. Material, ki se ga pridobi s čiščenjem, se naloži in deponira.

f) Popravila

Pri poškodbi robnikov je potrebno poškodovane dele robnika skupaj s temeljem odkopati in odstraniti. Nato se podlago utrdi in nanjo postavi novi robnik, ki se ga obbetonira in zasuje. Za konec se še zalije reže med robniki in reže med robnikom in voziščem ter odpelje odpadni material na deponijo.

Če gre za poškodbo revizijskega jaška ali peskolova, moramo odstraniti asfalt (po potrebi), ga odkopati ter odpeljati na deponijo. Sledi izvedba novega revizijskega jaška ali peskolova z zasipom, postavitve rešetke in polaganje asfalta, če je potrebno.

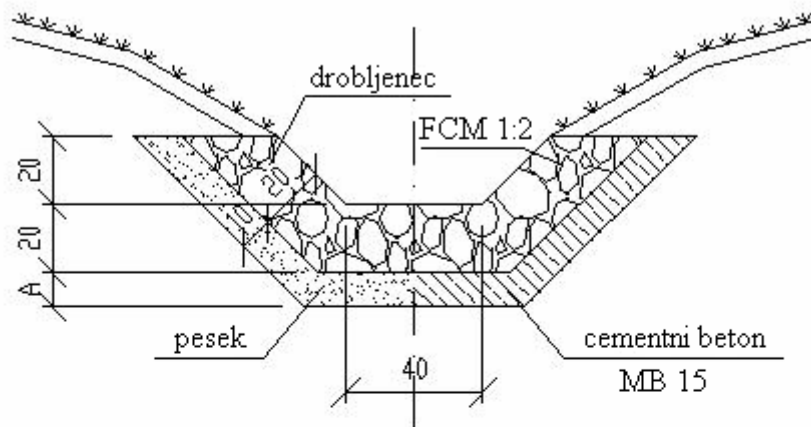
4.4 Detajli

4.4.1 Jarki, tlakovani z lomljenecem debeline 20 cm

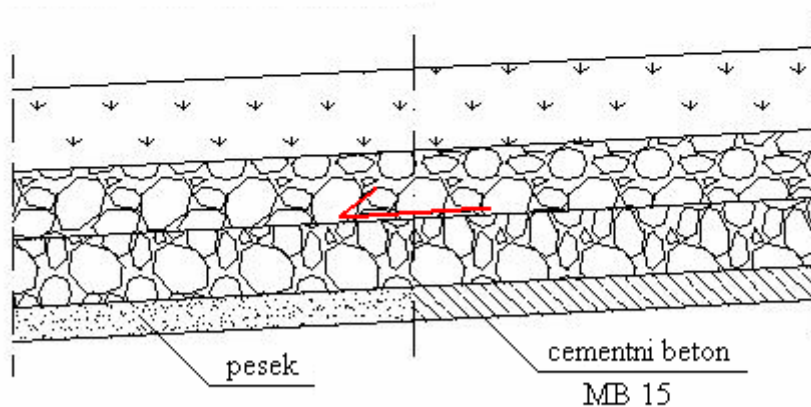
Stiki pri tej vrsti jarkov so lahko zapolnjeni:

- z drobljencem na podložni plasti iz zmesi zrn drobljenca,
- s cementno malto na podložni plasti iz zmesi zrn drobljenca,
- s cementno malto na podložni plasti iz cementnega betona.

PREČNI PREREZ



VZDOLŽNI PREREZ



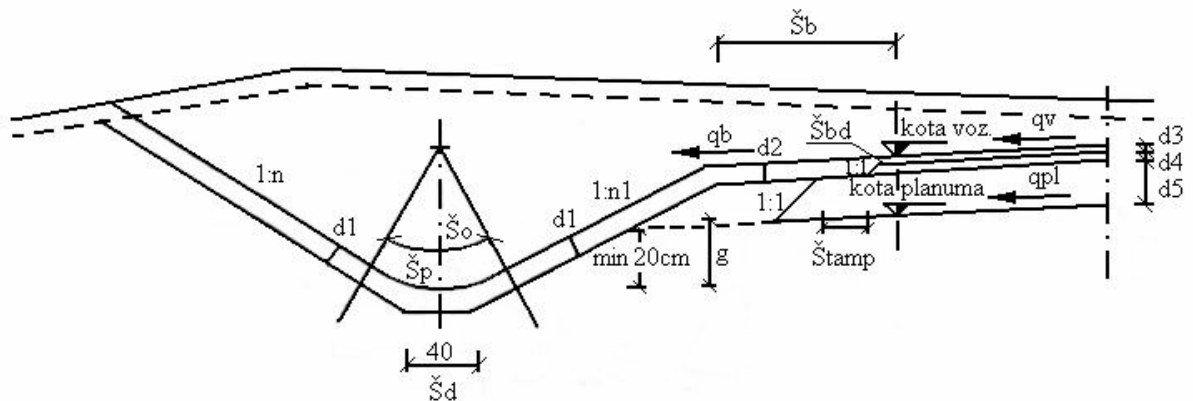
A debelina podložne plasti je 10cm - 20cm

FCM fina cementna malta

4.4.2 Jarki, tlakovani s ploščami iz cementnega betona ($d=10\text{ cm}$) ali s tlakovci iz cementnega betona

Stiki pri tej vrsti jarkov so zapolnjeni:

- z drobljencem na podložni plasti iz zmesi zrn drobljenca 10–20 cm,
- s cementno malto na podložni plasti iz zmesi zrn drobljenca 10–20 cm,
- s cementno malto na podložni plasti iz cementnega betona 10–15 cm.



Legenda:

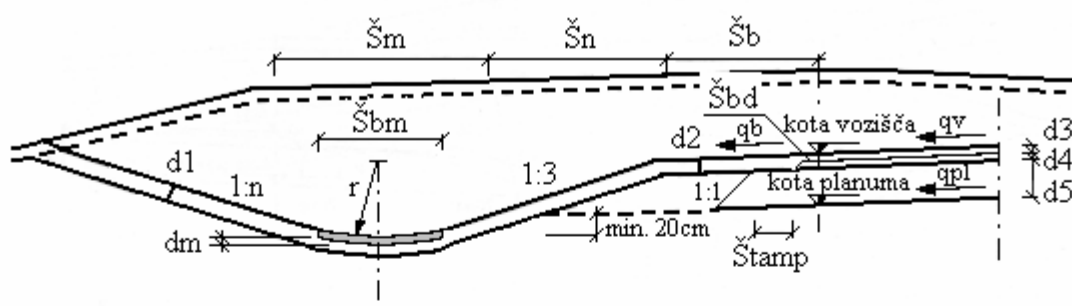
- n nagib brežin (1:n)
n1 nagib brežin nasipa (1:n1)
qpl prečni nagib planuna spodnjega ustroja (%)
qv prečni nagib vozišča (%)
qp prečni nagib bankine (%)
Šb širina bankine (m)
Šbd večja širina slojev - bitudrobir (cm)
Štamp večja širina tamponskega sloja (cm)
Šd širina dna jarka - konstantno 40cm
Šo širina obloge (cm)
Šp širina podloge (cm)
d1 debelina zaščite na brežini (cm)
d2 debelina zaščite na bankini (cm)
d3 debelina asfaltnege sloja (cm)
d4 debelina asfaltnege sloja (cm)
d5 debelina tamponskega sloja (cm)
g globina izkopa jarka od kote planuna spodnjega ustroja (m)

4.4.3 Segmentni jarki, narejeni iz cementnega betona

Ločimo dve izvedbi:

- segmentni jarek širine 80 cm in polmera 120 cm,
- segmentni jarek širine 100 cm in polmera 150 cm.

V obeh primerih se izvede podložna plast iz zmesi zrn drobljenca debeline 10-20 cm.

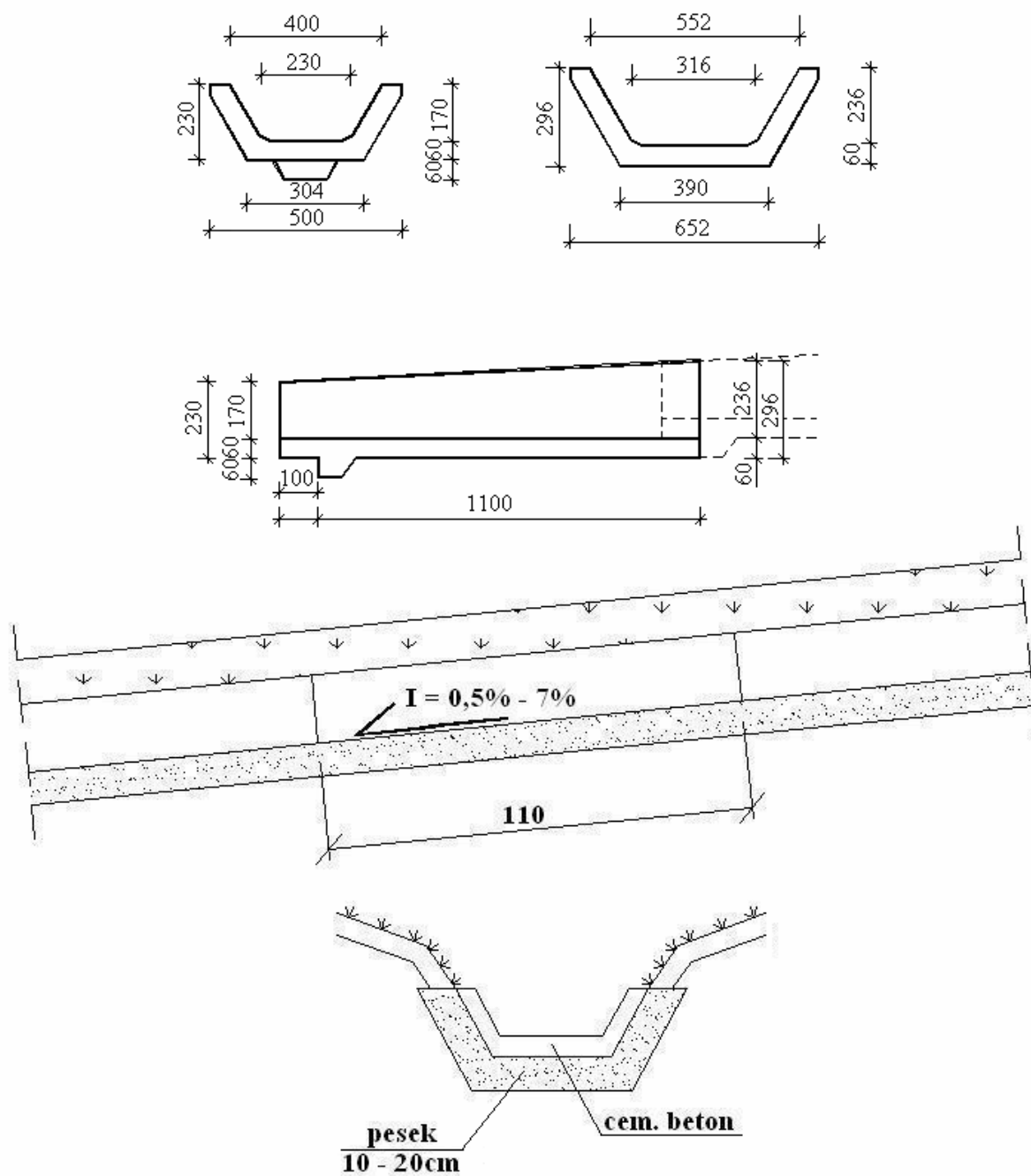


Legenda:

- n nagib brežin ukopa (1:n)
 qpl prečni nagib planuma spodnjega ustroja (%)
 qv prečni nagib vozišča (%)
 qp prečni nagib bankine (%)
 Šb širina bankine (m)
 Šbd večja širina slojev - bitudrobir (cm)
 Štamp večja širina tamponskega sloja (cm)
 d1 debelina zaščite na brežini (cm)
 d2 debelina zaščite na bankini (cm)
 d3 debelina asfaltnege sloja (cm)
 d4 debelina asfaltnege sloja (cm)
 d5 debelina tamponskega sloja (cm)
 Šn širina brežine do mulde (m)
 Šm širina mulde (m)
 Šbm širina konstrukcije mulde pri majhnih vzdolžnih padcih (cm)
 dm debelina konstrukcije mulde pri majhnih vzdolžnih padcih - konstantno 10cm

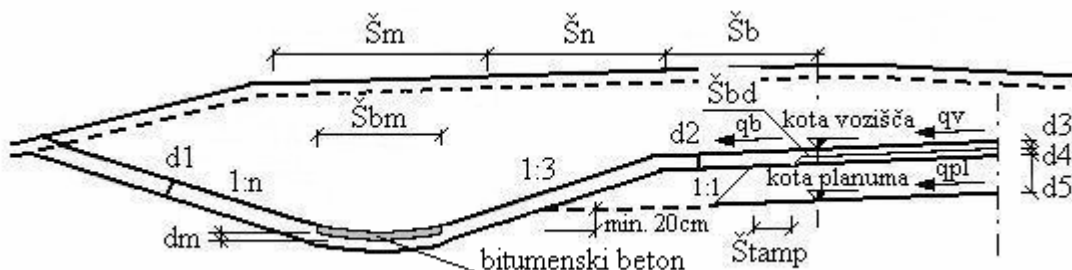
4.4.4 Utrditev jarkov s kanaletami

Kanalete so iz cementnega betona dimenzij 110/40 cm in se jih položi na podložno plast iz zmesi zrn drobljenca debeline 10–20 cm.

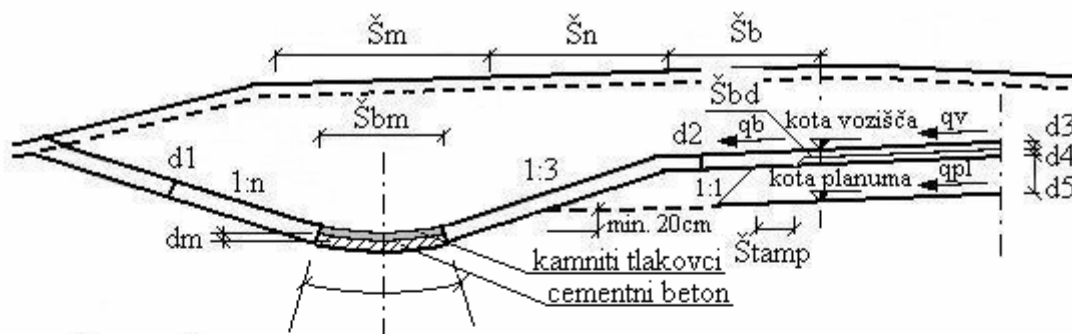


4.4.6 Kadunjasti jarek (mulda)

a) Zavarovanje dna kadunjastega jarka s plastjo bitumenskega betona



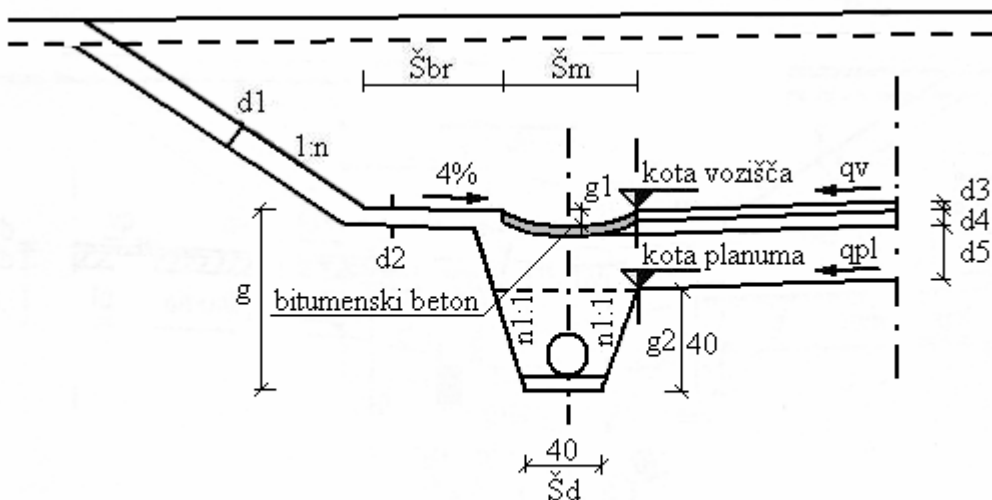
b) Zavarovanje dna kadunjastega jarka z kamnitimi tlakovci (kockami)



Legenda:

- n nagib brežin ukopa (1:n)
- qpl prečni nagib planuma spodnjega ustroja (%)
- qv prečni nagib vozišča (%)
- qp prečni nagib bankine (%)
- Šb širina bankine (m)
- Šbd večja širina slojev - bitudrobir (cm)
- Štamp večja širina tamponskega sloja (cm)
- d1 debelina zaščite na brežini (cm)
- d2 debelina zaščite na bankini (cm)
- d3 debelina asfaltnege sloja (cm)
- d4 debelina asfaltnege sloja (cm)
- d5 debelina tamponskega sloja (cm)
- Šn širina brežine do mulde (m)
- Šm širina mulde (m)
- Šbm širina konstrukcije mulde pri majhnih vzdolžnih padcih (cm)
- dm debelina konstrukcije mulde pri majhnih vzdolžnih padcih - konstantno 10cm

c) Zavarovanje dna kadunjastega jarka s plastjo bitumenskega betona v vkopu



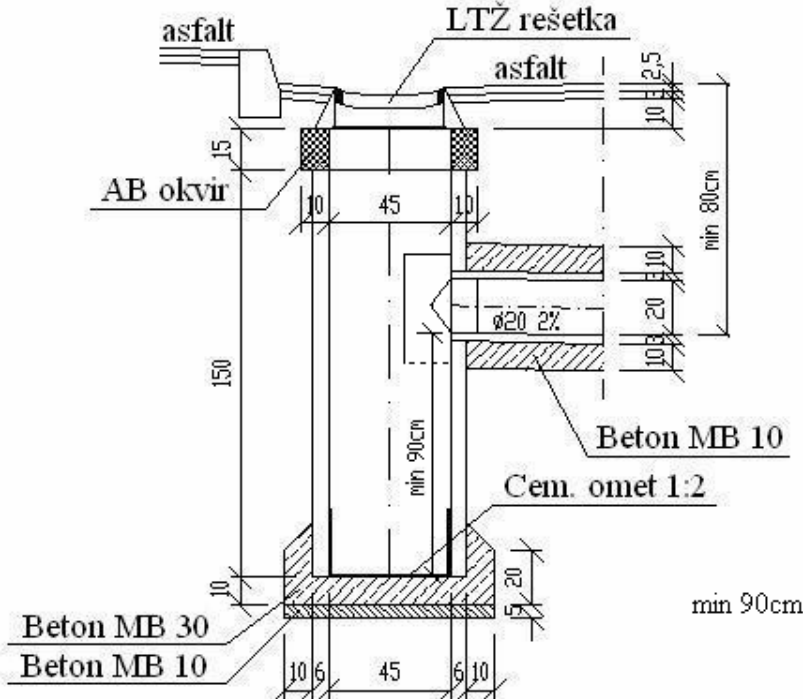
Legenda:

- n nagib brežine (1:n)
- n1 nagib brežin izkopa drenaže (5:1, 3:1)
- qpl prečni nagib planuma spodnjega ustroja (%)
- qv prečni nagib vozišča (%)
- Šbd širina berme (cm)
- Šm širina mulde (cm)
- Šd širina dna izkopa drenaže - konstantno 40cm
- d1 debelina zaščite na brežini (cm)
- d2 debelina zaščite na bankini (cm)
- d3 debelina asfaltnege sloja (cm)
- d4 debelina asfaltnege sloja (cm)
- d5 debelina tamponskege sloja (cm)
- dm debelina konstrukcije mulde (cm)
- g globina izkopa drenaže od kote vozišča (m)
- g1 globina mulde (cm)
- g2 globina izkopa drenaže od kote planuma - konstantno 40cm

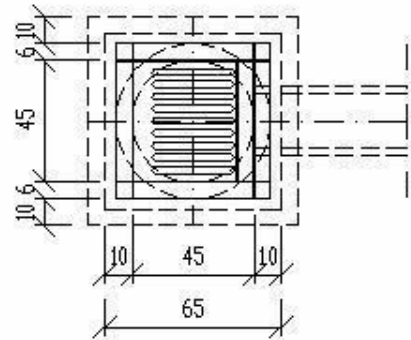
4.4.7 Vtočni jašek

a) Vtočni jašek z vtokom pod cestiščem

PREREZ

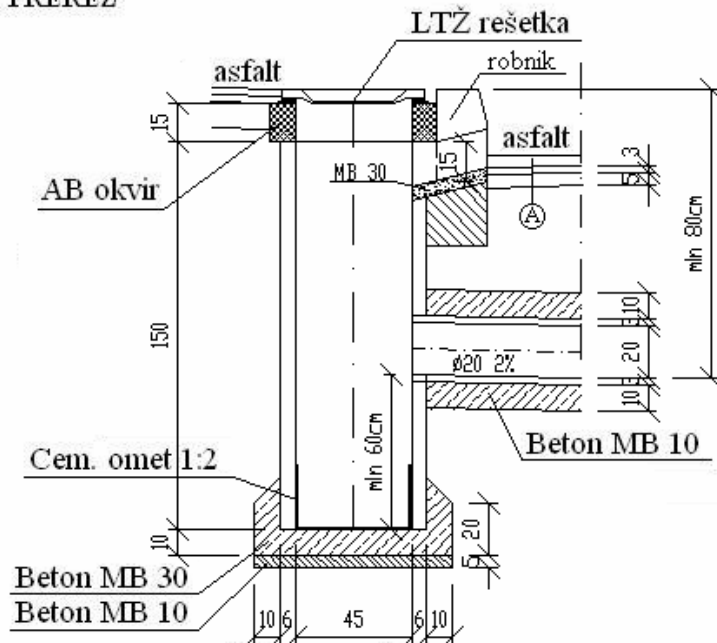


TLORIS

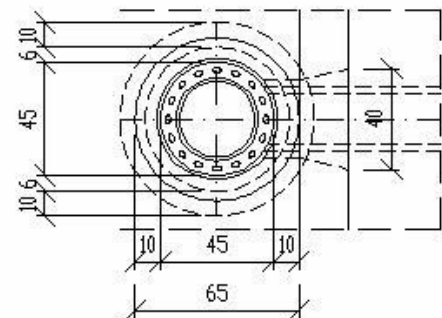


b) Vtočni jašek z vtokom pod robnikom

PREREZ



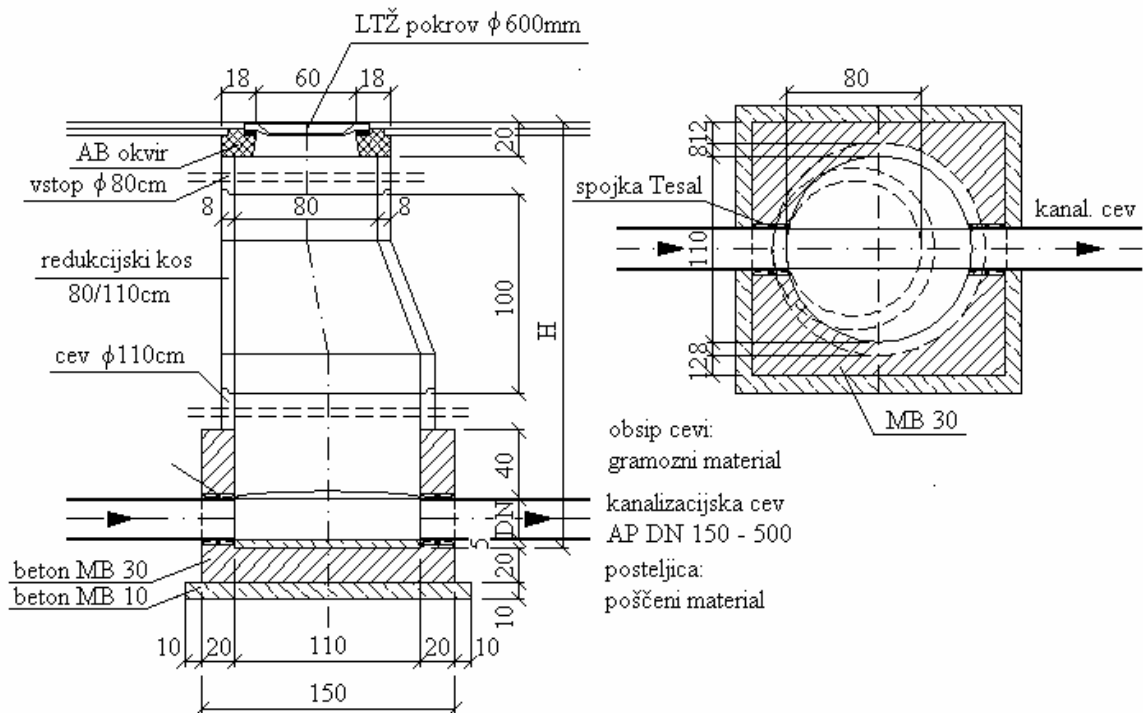
TLORIS



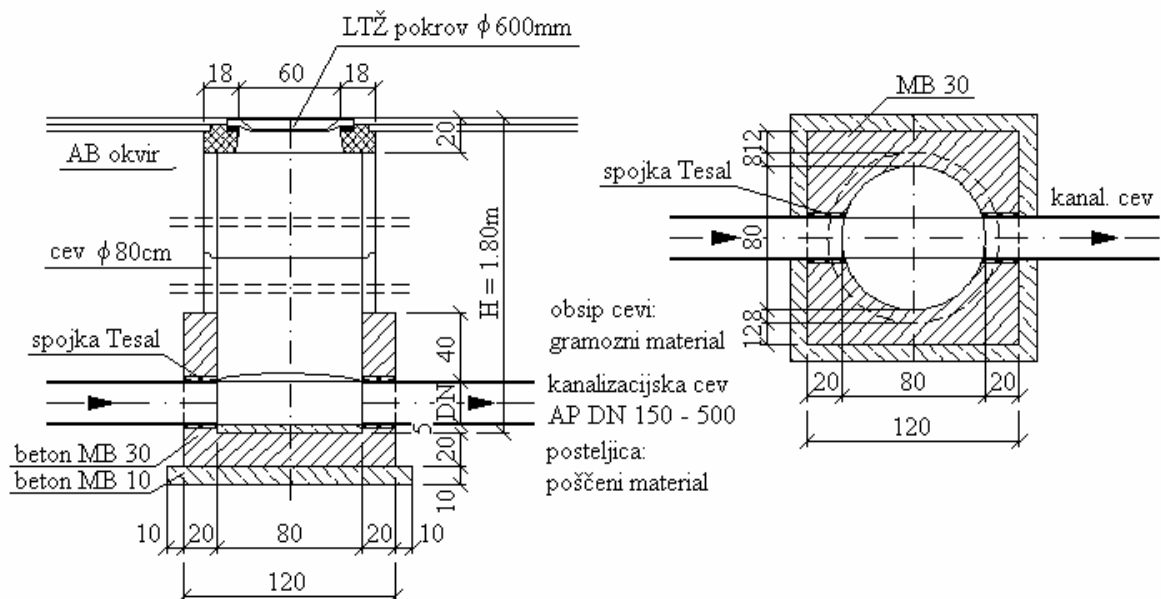
- Ⓐ
- asfaltbeton (3cm)
 - bitugramoz (5cm)
 - tamponski sloj (35cm)

4.4.8 Revizijski jašek

a) Revizijski jašek ϕ 110 cm

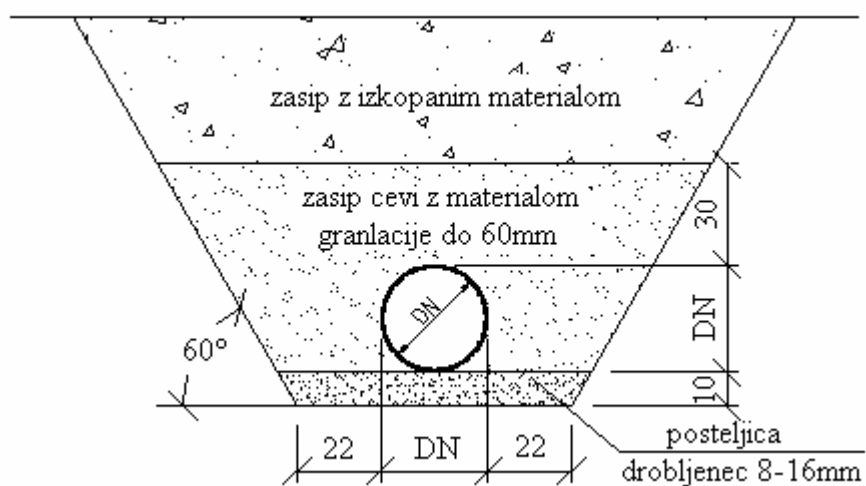


b) Revizijski jašek ϕ 80 cm

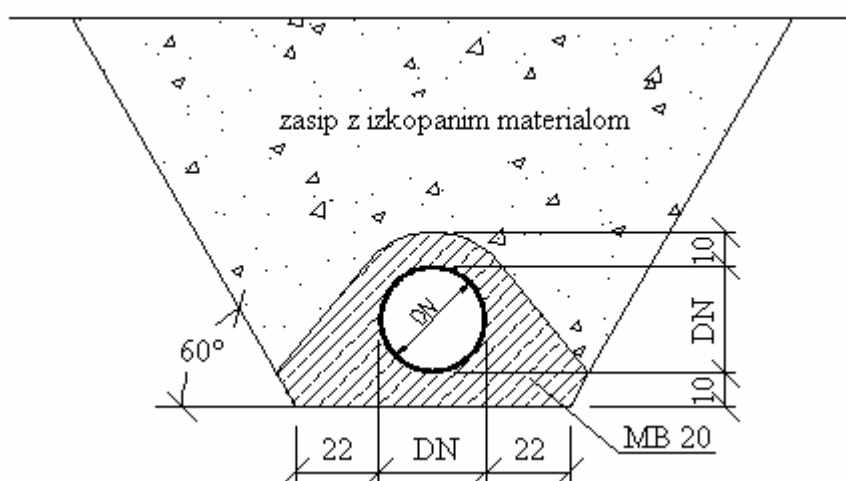


4.4.9 Kanalizacija - polaganje cevi

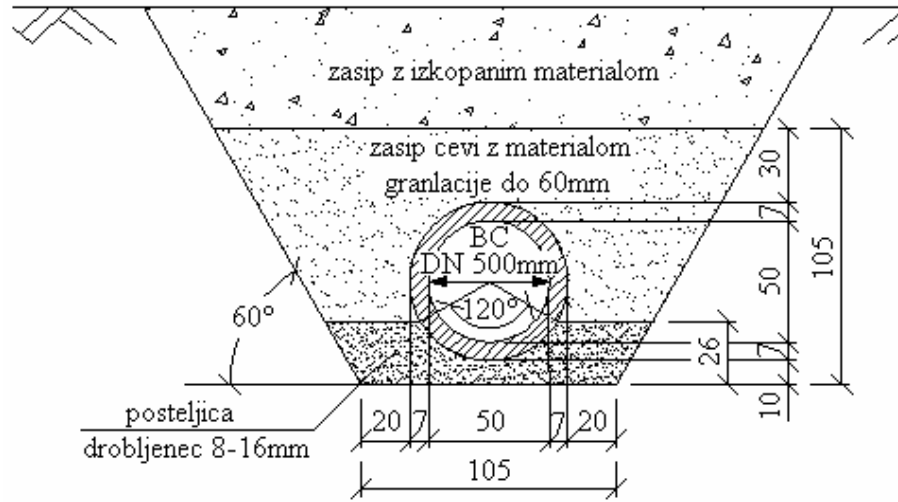
a) Polaganje PVC cevi v širokem izkopu – na peščeni podlagi



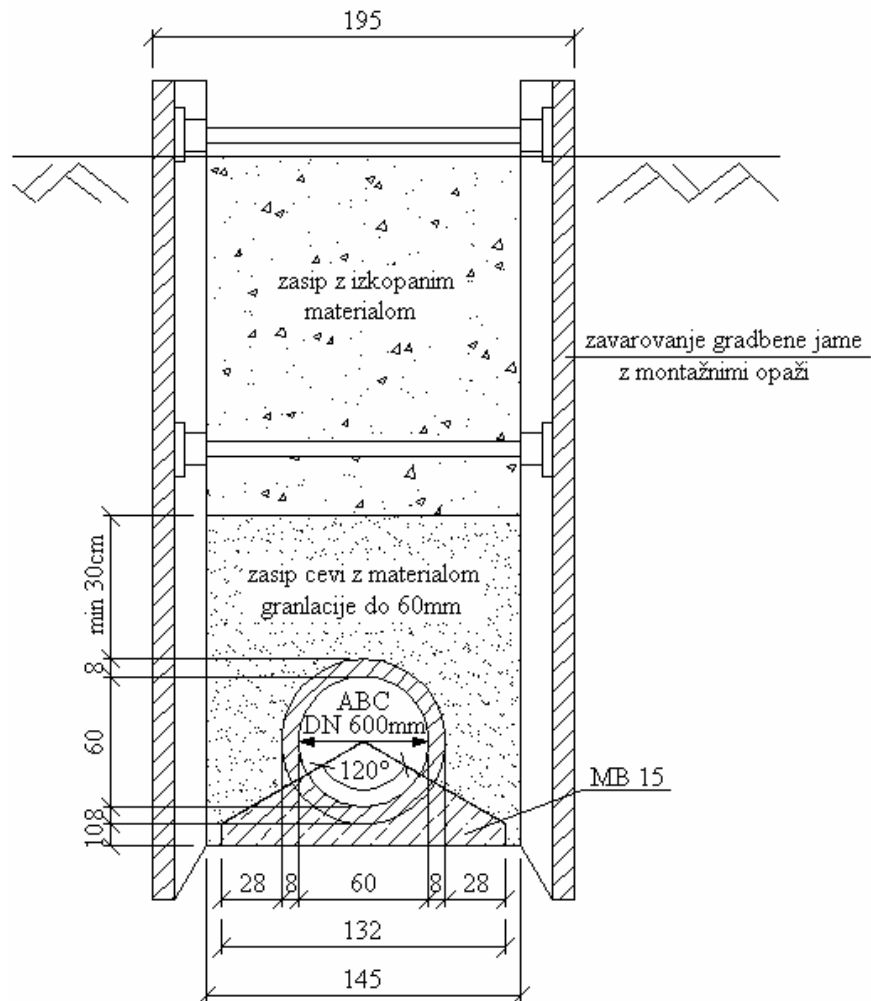
b) Polaganje PVC cevi v širokem izkopu – polno obbetoniranje



c) Polaganje betonske cevi DN 500 mm v širokem izkopu – na peščeni podlagi



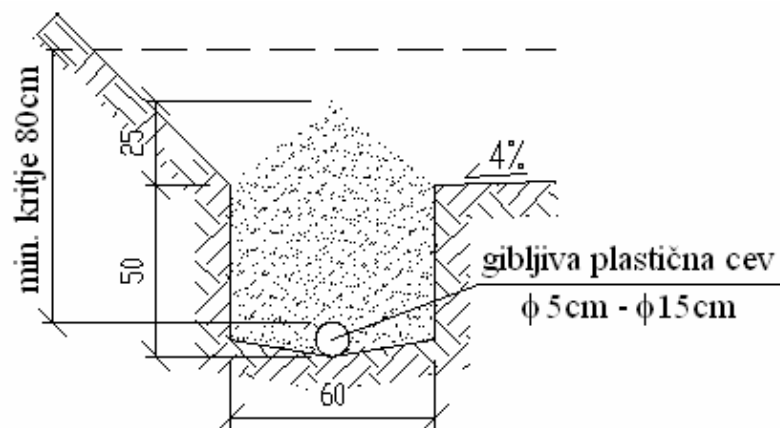
d) Polaganje AB cevi DN 600 mm v ozkem izkopu – na betonski posteljici



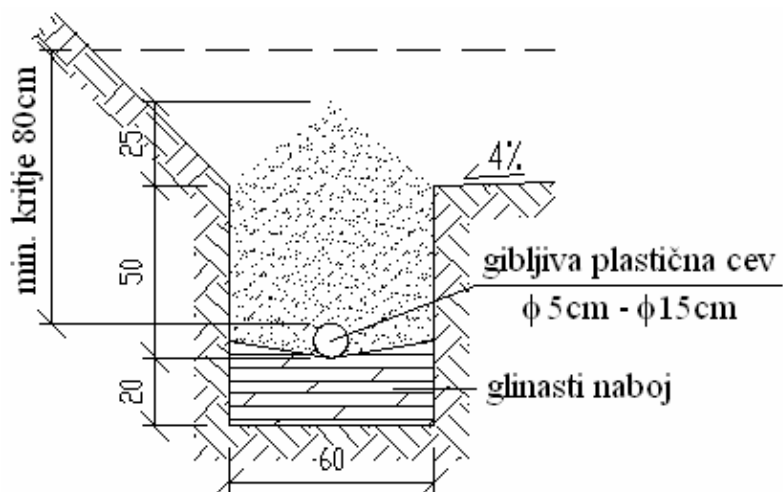
4.4.10 Drenaže

a) Plitve vzdolžne in prečne drenaže iz gibljivih plastičnih cevi

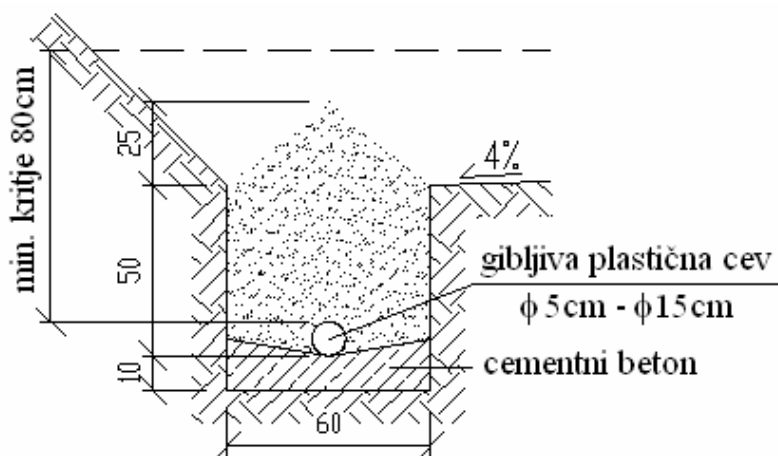
o na planumu izkopa



o na glinastem naboju

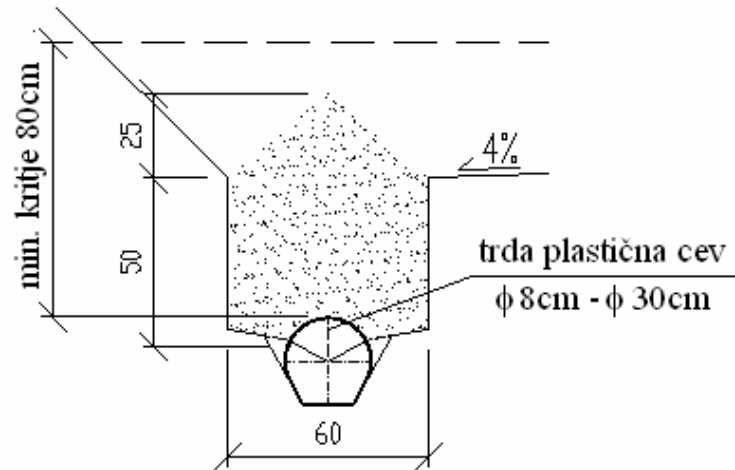


o na podložni plasti iz cementnega betona

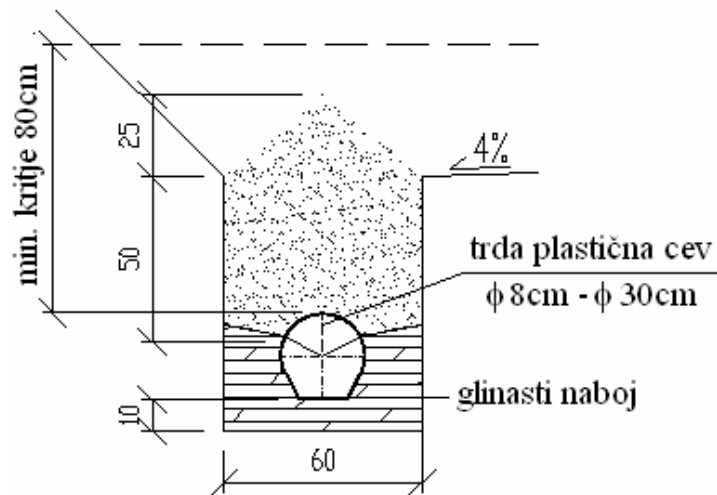


b) Plitve vzdolžne in prečne drenaže iz trdih plastičnih cevi

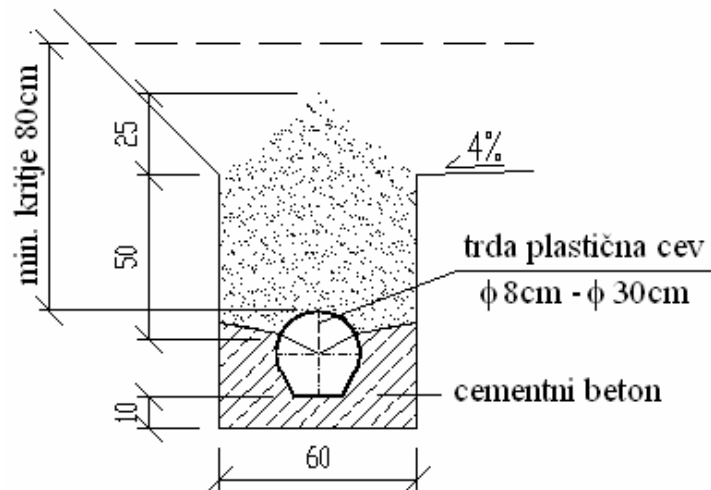
o na planumu izkopa



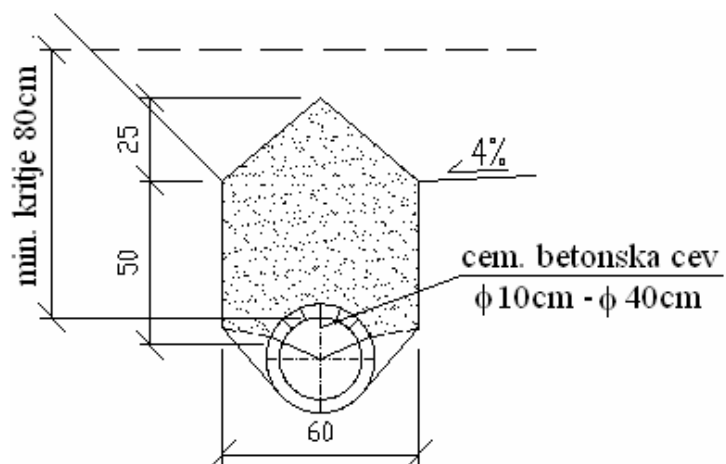
o na glinastem naboju



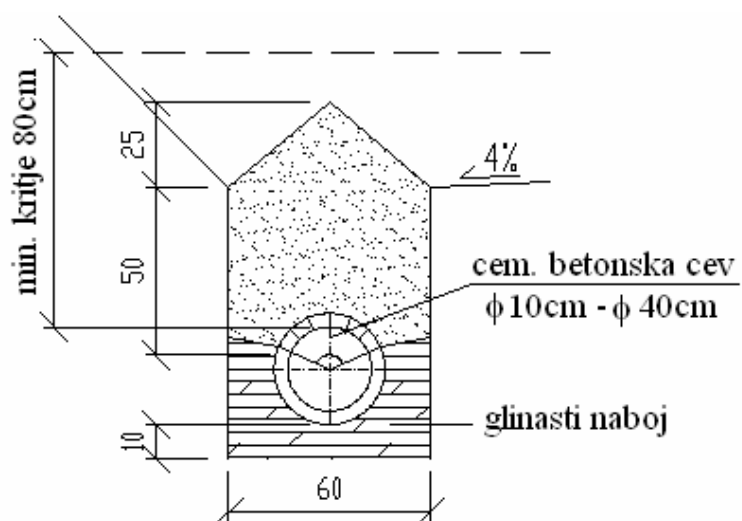
o na podložni plasti iz cementnega betona



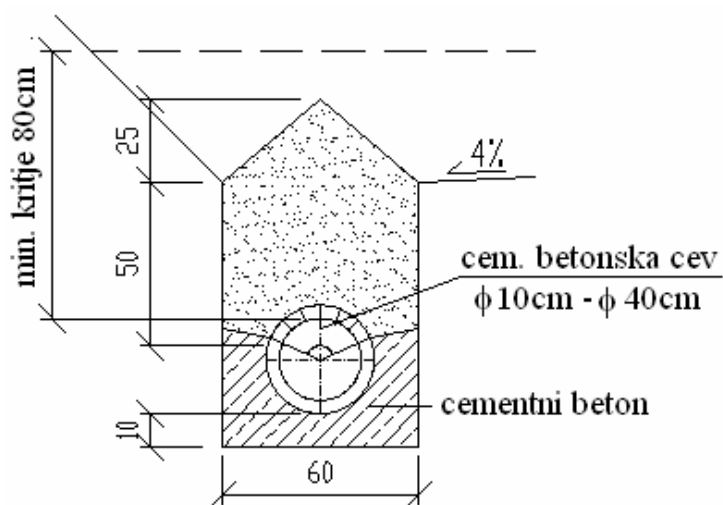
- c) Plitve vzdolžne in prečne drenaže iz naluknjanih cementno betonskih cevi
o na planumu izkopa



- o na glinastem naboju



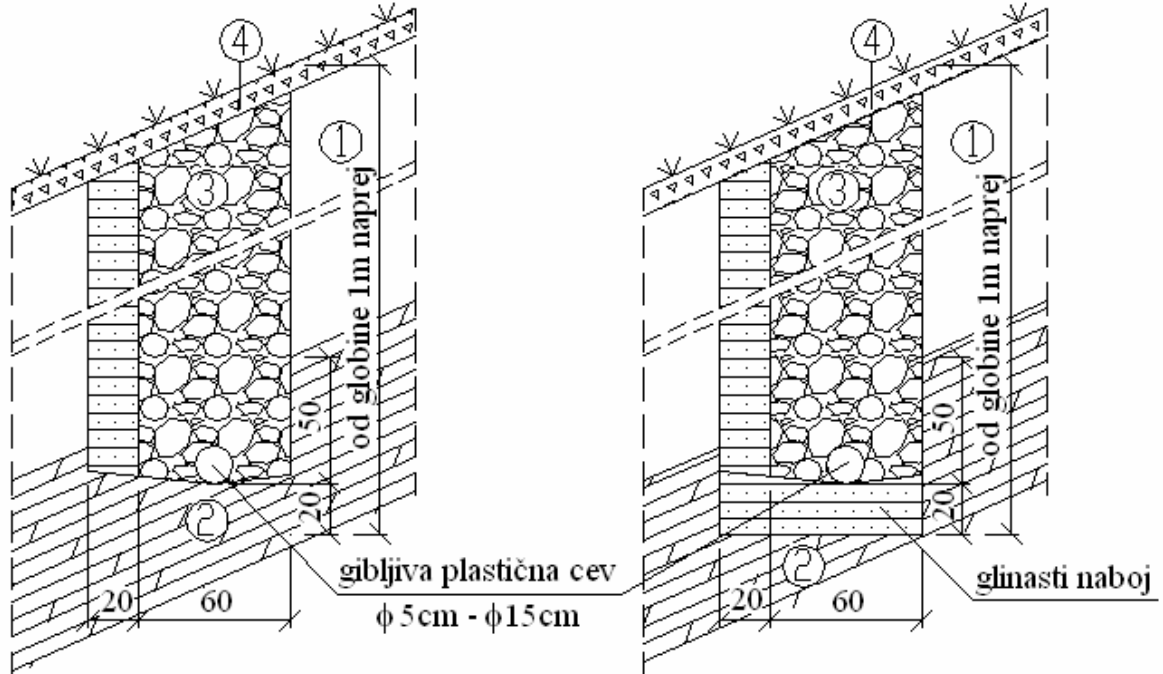
- o na podložni plasti iz cementnega betona



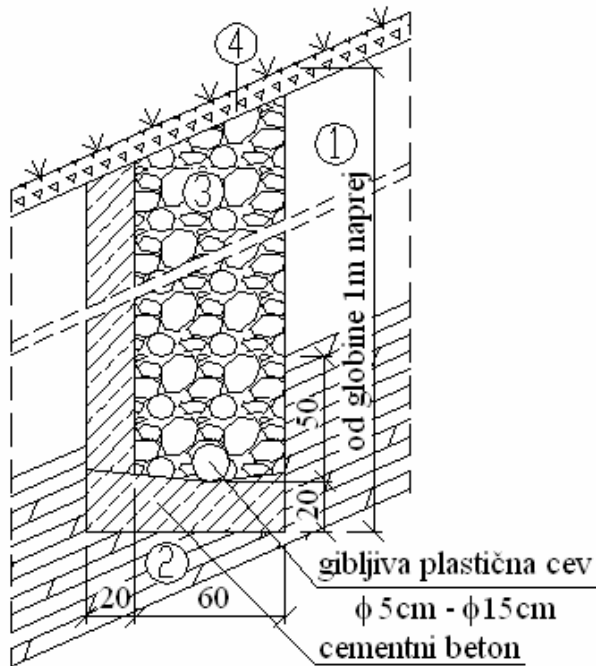
d) Globoke vzdolžne in prečne drenaže iz gibljivih plastičnih cevi

o na planumu izkopa

o na glinastem naboju



o na podložni plasti iz cementnega betona



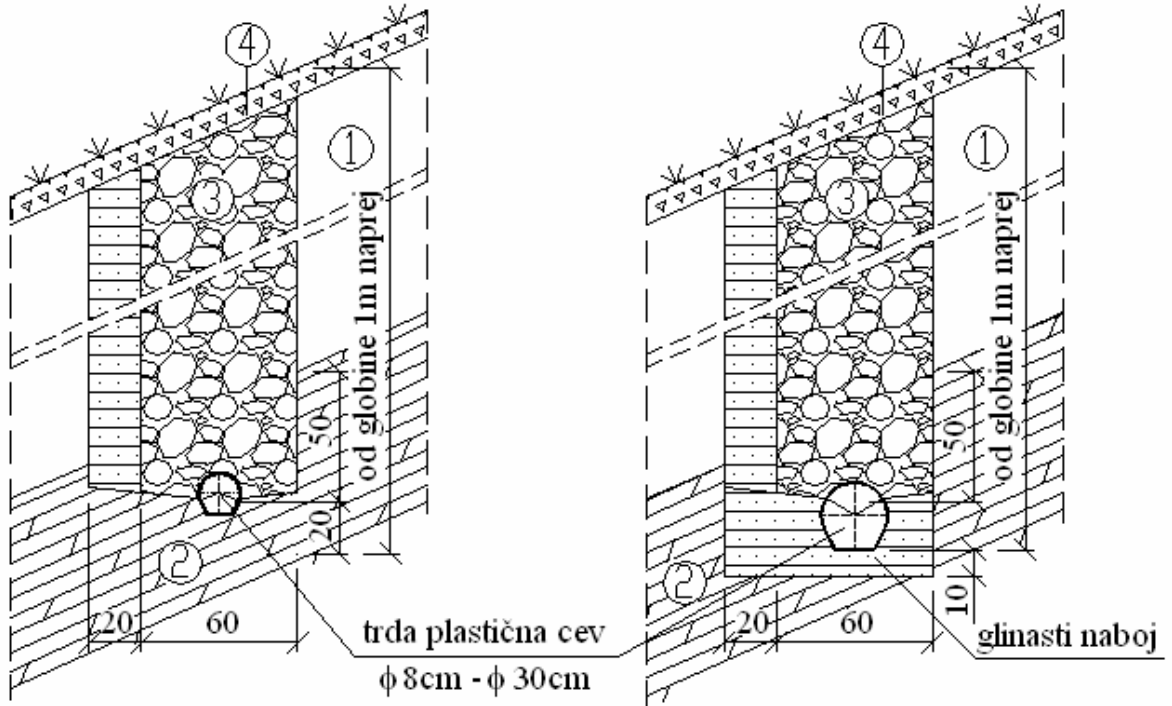
Legenda:

- ① propustna plast
- ② nepropustna plast
- ③ filter
- ④ humus

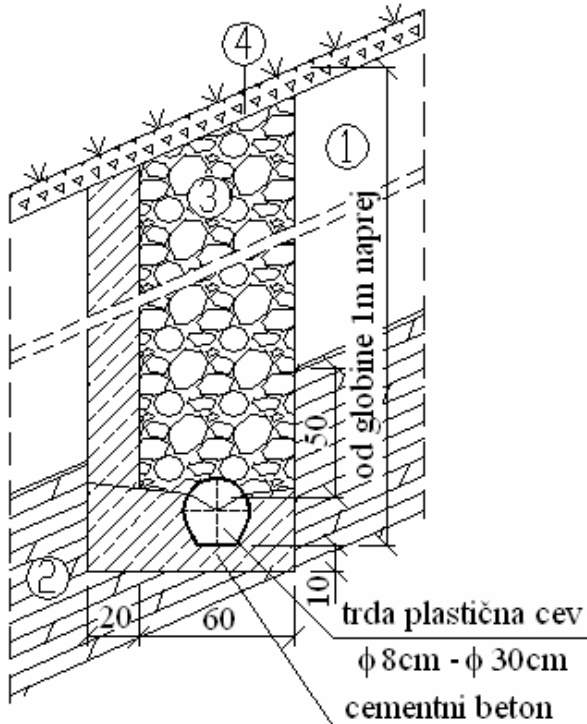
e) Globoke vzdolžne in prečne drenaže iz trdih plastičnih cevi

o na planumu izkopa

o na glinastem naboju



o na podložni plasti iz cementnega betona



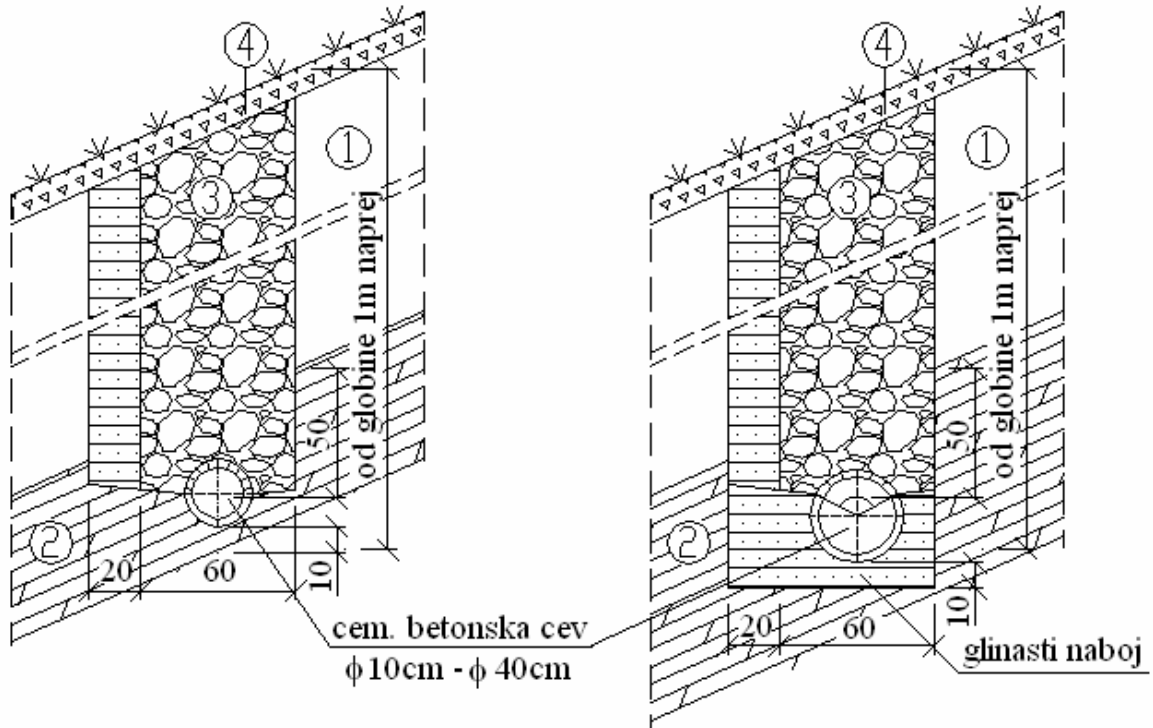
Legenda:

- ① propustna plast
- ② nepropustna plast
- ③ filter
- ④ humus

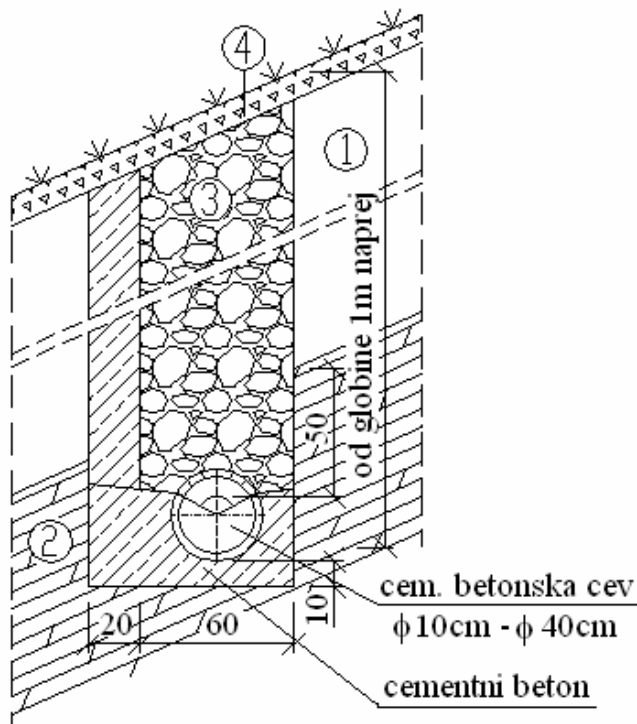
f) Plitve vzdolžne in prečne drenaže iz naluknjanih cementno betonskih cevi

o na planumu izkopa

o na glinastem naboju



o na podložni plasti iz cementnega betona

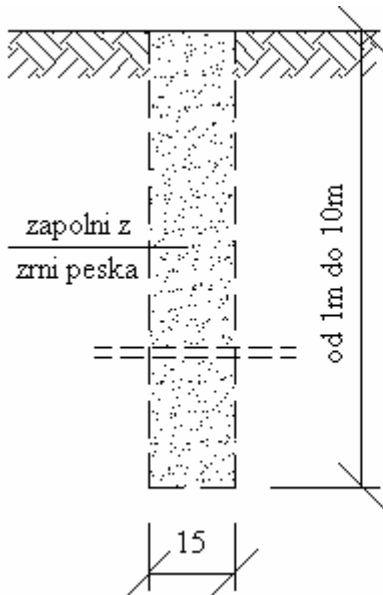


Legenda:

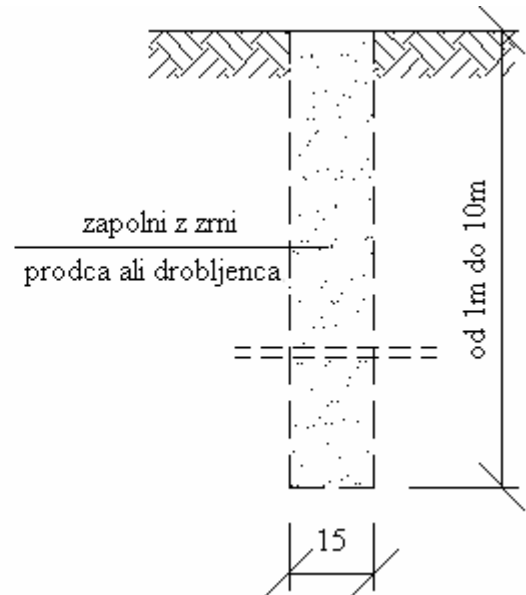
- ① propustna plast
- ② nepropustna plast
- ③ filter
- ④ humus

g) Vertikalne drenaže (koli)

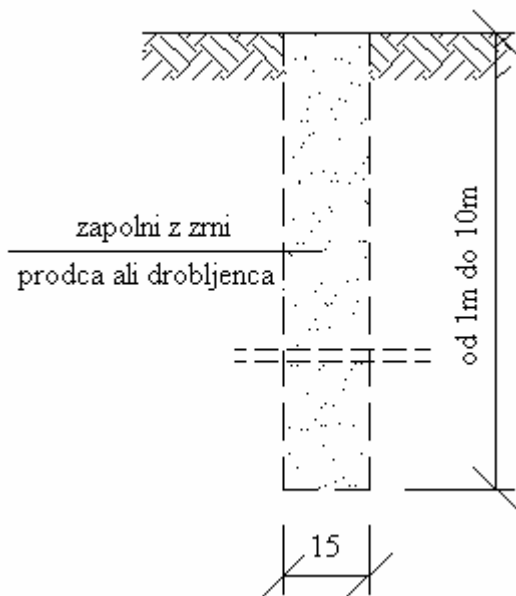
o uvertana drenaža ϕ 6 cm– ϕ 15 cm



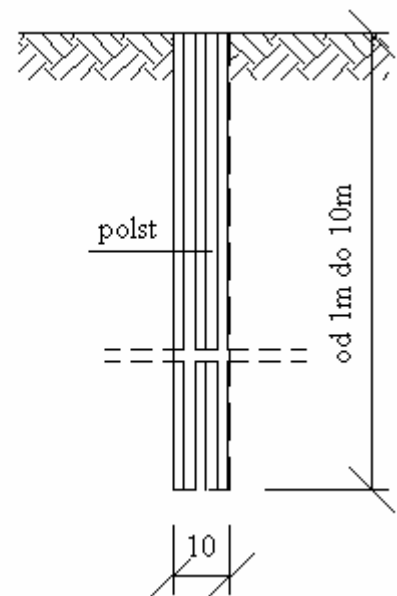
o uvertana drenaža ϕ 10 cm– ϕ 30 cm



o vtisnjena drenaža ϕ 10 cm – ϕ 30 cm



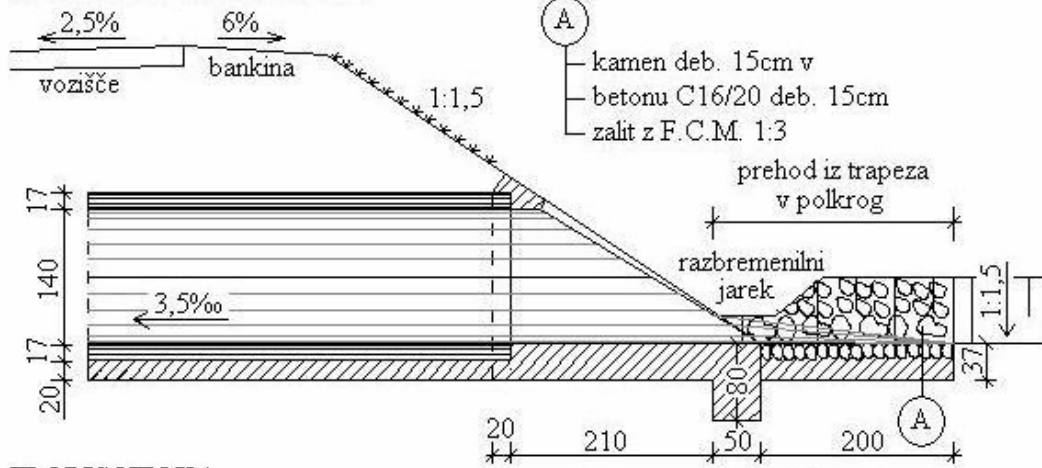
o vtisnjena drenaža ϕ 10 cm– ϕ 80 cm



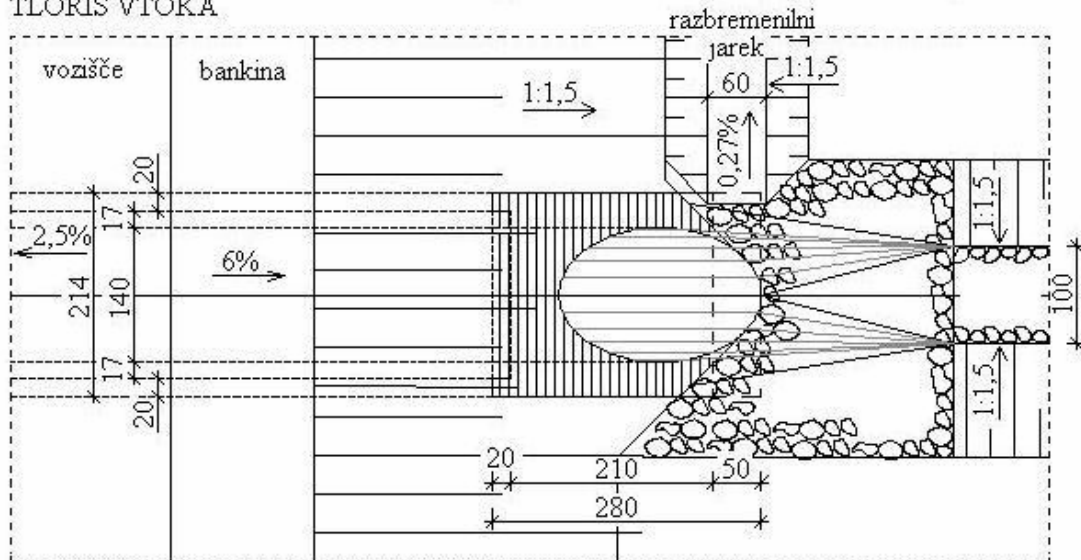
4.4.11 Prepusti

a) Detajl vtoka

VZDOLŽNI PREREZ VTOKA

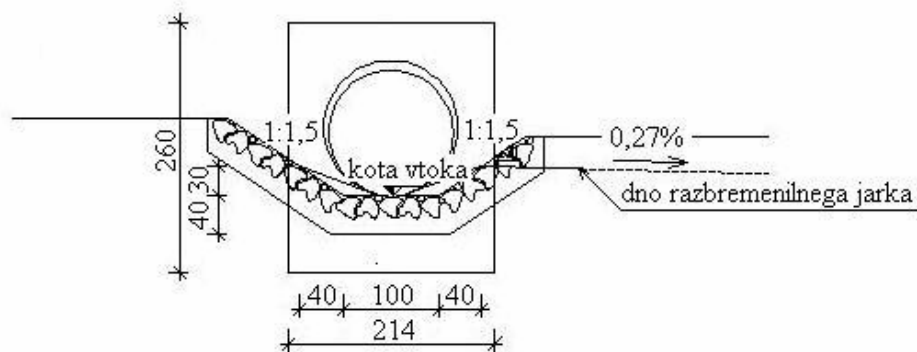


TLORIS VTOKA



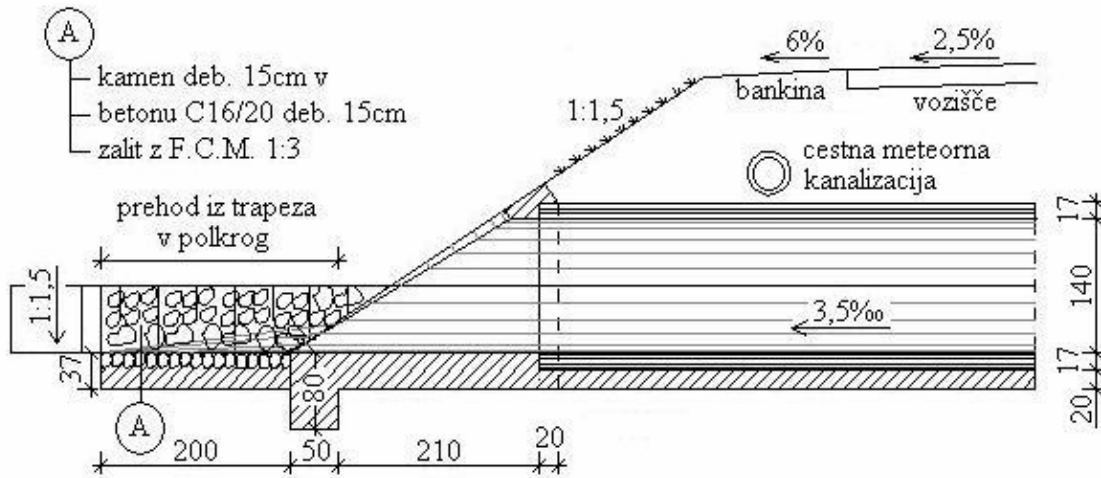
POGLED NA VTOK

kota vozišča kota roba bankine

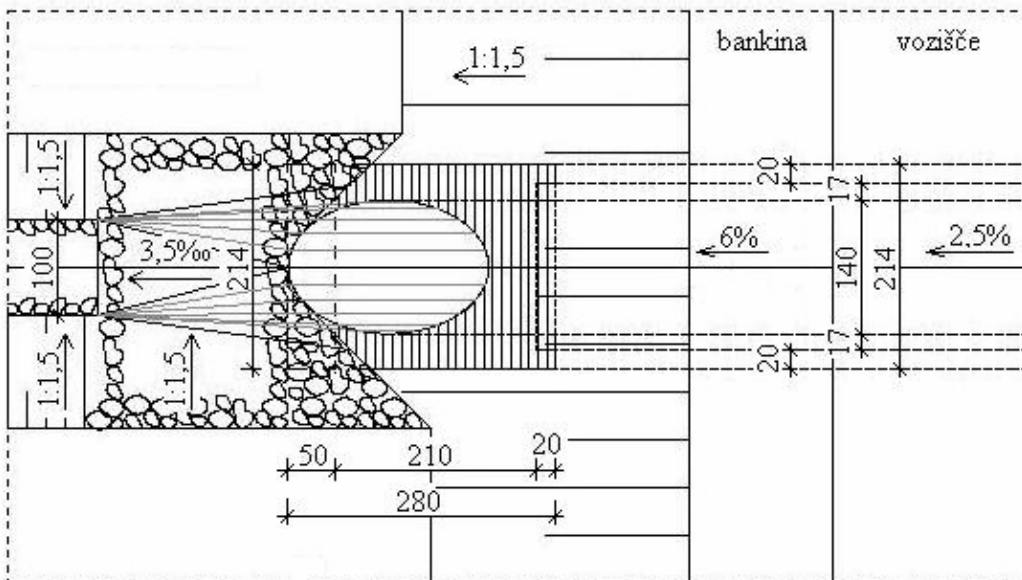


b) Detajl iztoka

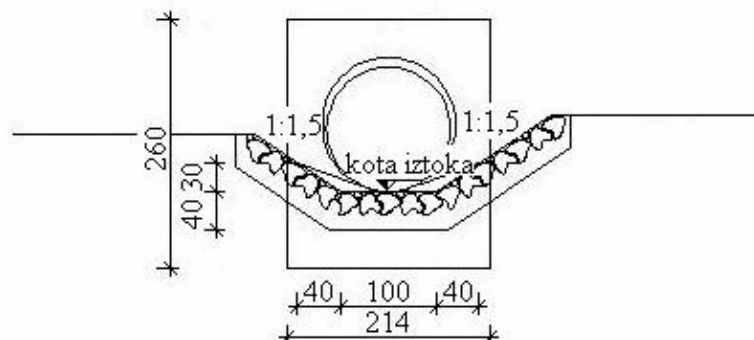
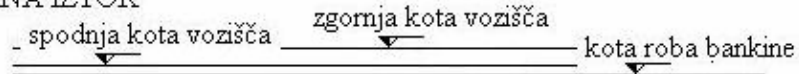
VZDOLŽNI PREREZ IZTOKA



TLORIS IZTOKA



POGLED NA IZTOK



5 PROMETNA SIGNALIZACIJA IN OPREMA

Prometno signalizacijo in prometno opremo na cestah po Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Ul. RS, št. 46/2000) sestavljajo:

1) Prometni znaki:

- *znaki za nevarnost,*
- *znaki za izrecne odredbe,*
- *znaki za obvestila,*
- *dopolnilne table (dodane so prometnemu znaku in služijo za natančnejši opis tega znaka),*
- *označbe na vozišču in drugih prometnih površinah,*
- *drugi znaki za označevanje del, drugih ovir v cestnem prometu in poškodb vozišča,*
- *svetlobni prometni znaki in svetlobne označbe,*
- *znaki s spremenljivo vsebino,*
- *triopan (tristrana piramida), na katerem so lahko upodobljeni znaki za nevarnost, znaki za izrecne odredbe in znaki za obvestila;*

2) Turistična in druga obvestilna signalizacija:

- *znaki za obveščanje o kulturnih spomenikih, varovanih območjih narave in pomembnejših turističnih znamenitostih,*
- *znaki za obveščanje o smeri, v kateri so kulturni spomenik, varovano območje narave, pomembnejša turistična znamenitost ter objekt ali naprava znotraj znamenitosti ali naselja,*
- *znaki za izraz dobrodošlice na vstopu v državo, regijo, pokrajino, občino ali naselje,*
- *znaki za dajanje prometnih, turističnih in drugih informacij na prometnih površinah zunaj vozišča ceste (počivališča, parkirišča) in na drugih površinah ob cesti, ki so določene za opravljanje spremljajočih dejavnosti ob cesti;*

3) Prometna oprema na cestah:

- *oprema za označevanje bližine roba vozišča oziroma roba robnega ali odstavnega pasu,*
- *oprema za vodenje in kanaliziranje prometa na območju del na cesti, drugih ovir in poškodb vozišča,*
- *varnostne ograje,*
- *varovalne ograje,*
- *montažne fizične ovire za umirjanje prometa na cesti - grbine,*
- *blažilniki trkov,*
- *ograje za pešce,*
- *zapornice in polzapornice,*
- *oprema za poudarjanje poteka avtoceste ali hitre ceste na območju razcepa,*
- *prometna ogledala,*
- *oprema proti zaslepljevanju.*

V diplomski nalogi se bom posvetil samo **vertikalni prometni signalizaciji**. kjer bom opisal prometne znake in semafor. Pri **prometni opremi** bom predstavil varnostne in varovalne ograje. Druga prometna signalizacija (horizontalna) in prometna oprema ni predmet moje diplomske naloge.

5.1 Vertikalna prometna signalizacija

5.1.1 Prometni znaki

Razvoj motornih vozil (avtomobili, avtobusi, tovornjaki ...) in gradnja cest sta vplivala tudi na razvoj prometne signalizacije in cestnih pravil, brez katerih bi si pri današnjem številu motornih vozil težko predstavljali normalen potek cestnega prometa. Del te prometne signalizacije so tudi prometni znaki, ki udeležence v cestnem prometu obveščajo, opozarjajo, vodijo, skratka jim omogočajo, da čim lažje in varneje pridejo do cilja.

Prometni znaki so izdelani tako, da je njihova vsebina *spremenljiva* ali *nespremenljiva*. Znaki s spremljivo vsebino so lahko izvedeni v obliki: vrtljivih lamel, vrtljivih prizem, pomičnega traku, svetlobnih polj, dodanih na običajnih znakih, optičnih vlaken in visokosvetilnih LED diod. Površina prometnega znaka mora biti iz svetlobno odsevnega materiala najmanj tipa I⁵ (glavne ceste, regionalne ceste, lokalne ceste ...) oziroma najmanj tipa II⁶ (avtoceste in hitre ceste), ki je bolj odsevna. Imajo lahko lastni vir svetlobe (osvetlitev od znotraj) ali zunanji vir svetlobe (osvetlitev od zunaj), ki se uporablja predvsem pri znakih na portalih.



Slika 8: Osvetlitev prometnih znakov in tabel od znotraj in od zunaj





⁵ Tip I je EG folija oz. engineer ingrade folija.

⁶ Tip II je HI folija oz. high intensity folija.

Znaki z notranjo osvetlitvijo so lahko izdelani enostransko ali obojestransko. Njihova dobra lastnost je dobra vidljivost v nočnih razmerah. Za osvetlitev se uporabljajo neon žarnice, ki imajo dolgo življenjsko dobo, majhno porabo elektrike in delovanje tudi pri nižjih temperaturah ni ovira. Pri **znakih z zunanjo osvetlitvijo** pa se svetlobna telesa nahajajo nad zgornjim robom znaka. Število svetlobnih teles se določi glede na velikost površine, ki jo je potrebno osvetliti. Tudi pri teh je delovanje brezhibno pri nizkih temperaturah. Pri obeh vrstah osvetlitve je pomembno, da osvetlitev ne slepi udeležence v cestnem prometu.

Na velikost znakov vpliva hitrost vožnje, saj pri večji hitrosti lažje opazimo večji znak kot manjšega. Skratka velikost je odvisna predvsem od kategorije ceste. Na spodnji tabeli so prikazane velikosti znakov glede na kategorijo ceste.

Preglednica 4: Dimenzije prometnih znakov glede na mesto, kjer se uporablja

Vrsta uporabe prometnega znaka	OBLIKA ZNAKA (cm)			
				
AC, HC, ceste zunaj naselja z vsaj dvema prometnima pasovoma za vožnjo v isto smer in ceste zunaj naselja s širino vozišča 7 m ali več	120	90	90	90 x 135
Ceste v naselju in zunaj naselja, ki imajo širino vozišča manj kot 7 m	90	60	60	60 x 90
Kolesarske poti, ceste v območju umirjenega prometa in nekategorizirane ceste	60	40	40	40 x 60
Kot vstavljeni znaki (del drugega znaka) na znakih za vodenje prometa po smereh vožnje	45	30	30	20 x 30

Prometne znake je potrebno tudi redno vzdrževati (odstranjevanje prašnih delcev, čiščenje površine prometnega znaka, menjava žarnic, pregledi spojnih elementov, občasno naravnjanje prometnih znakov ...), saj s tem poskrbimo za večjo varnost v cestnem prometu.

5.1.1.1 Vrste prometnih znakov

A/ Znaki za nevarnost

To so znaki, ki nas med vožnjo opozarjajo na različne nevarnosti na cesti in imajo obliko enakostraničnega trikotnika. Osnovna barva znakov je bela z rdečim robom, simboli na znaku pa so črne barve.



Slika 9: Znaki za nevarnost

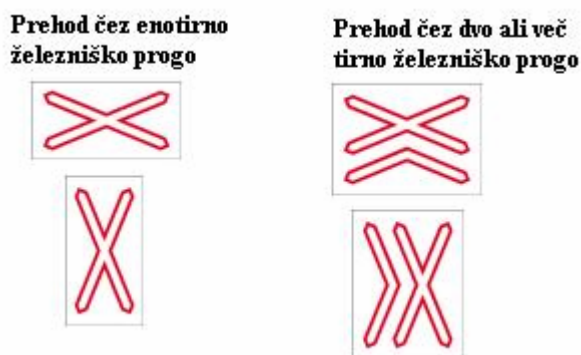
Postavlja se jih na naslednjih oddaljenostih pred mestom, na katerega nas opozarjajo:

- od 150 m do 250 m – zunaj naselja,
- razdalji manjši kot 150 m – če tako zahtevajo okoliščine na delu ceste, kjer znak stoji,
- razdalji večji kot 250 m – če tako zahteva varnost prometa, hitrost vozil ali nepreglednost.

Znaki, ki so na oddaljenosti manjši kot 150 m oziroma večji kot 250 m, morajo biti opremljeni z dopolnilnimi tablami.

Pri znakih za nevarnost izstopajo naslednji znaki:

- *Andrejev križ*, ki označuje prehod ceste čez eno, dvo ali več tirno železniško progo v ravnini brez zapornic ali polzapornic. Sestavljen je iz enega ali dveh prekrizanih krakov dolžine 120 cm in širine 12 cm. Lahko so tudi narisani na belem pravokotnem neosvetljenem ozadju. Postavi se jih v vodoravnem ali pokončnem (če na cesti ni dovolj prostora) položaju (slika 10) na razdalji 5 m od najbližje železniške tirnice. V primeru, ko to dopuščajo okoliščine, na razdalji od 3 m do 10 m od najbližje železniške tirnice;



Slika 10: Andrejev križ

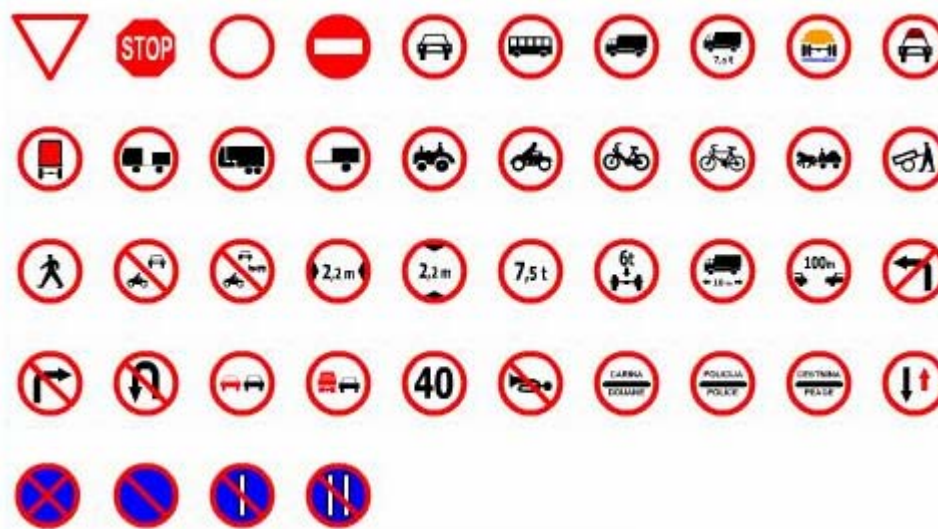
- *znak za dvosmerni promet*, ki označuje prehod s ceste z enosmernim prometom na cesto, kjer je dvosmerni promet. Znak stoji na mestu prehoda, se pravi na razdalji 0 m;
- *znak delo na cesti*, kjer je simbol na rumeni podlagi;
- *znak približevanje prehodu ceste čez železniško progo brez oziroma z zapornicami ali polzapornic*, ki je pravokotne oblike dimenzij 100/30 cm. Poševni traki na znaku so širine 8 cm in pod kotom 30°. Postavijo se na naslednjih razdaljah pred križiščem ceste z železniško progo:
 - 240 m – s tremi poševnimi trakovi,
 - 160 m – z dvema poševnima trakovoma,
 - 80 m – z enim poševnim trakom.



Slika 11: Znak približevanje prehodu ceste čez železniško progo

B/ Znaki za izrecne odredbe

Znaki za izrecne odredbe se delijo na *znake za prepoved oziroma omejitvev* in na *znake za obveznost*. Osnovna barva znakov za prepoved oziroma omejitvev je bela, simboli in napisi na znakih so črni, robovi in poševni trakovi pa so rdeči. Poševni trakovi so pod kotom 45°. Pri znakih za obveznost pa je osnovna barva modra, simboli in napisi na znakih pa so beli. V primerih, ko gre za označevanje del na cesti, poškodb in drugih začasnih ovir na vozišču, imajo vsi znaki za izrecne odredbe namesto osnovne bele barve rumeno barvo.



Slika 12: Znaki za prepoved oziroma omejitvev



Slika 13: Znak za obveznost

Znake za izrecne odredbe postavljamo neposredno na mesto, kjer začne veljati za udeležence v cestnem prometu prepoved oziroma omejitev ali obveznost, ki je prikazana z znakom. Prepoved oziroma omejitev ali obveznost velja do prvega križišča, če ni prej drugače določeno z drugim prometnim znakom.

Pri znakih za izrecne odredbe najbolj izstopata naslednja znaka:

- *križišče s prednostno cesto*, ki ima obliko enakostraničnega trikotnika, obrnjena na glavo in dimenzije enake kot pri znakih za nevarnost. Znak postavljamo neposredno pred križiščem s prednostno cesto;



Slika 14: Znak križišče s prednostno cesto

- *znak ustavi*, ki ima obliko pravega osmerokotnika s premerom včrtanega kroga dimenzij 30, 40, 60 in 90 cm, odvisno od hitrosti vožnje in kategorije ceste. V primerih, ko se pojavi nevarnost zaradi slabe preglednosti glede na hitrosti vozil na prednostni cesti, lahko znak postavimo že pred križiščem s prednostno cesto.



Slika 15: Znak ustavi

C/ Znaki za obvestila

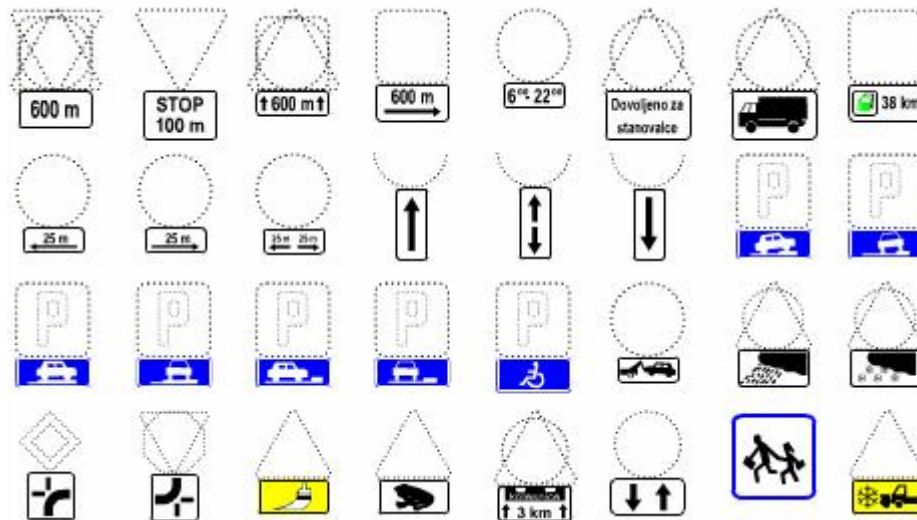
Namenjeni so za obveščanje udeležencev v cestnem prometu o cestah, po katerih se vozijo, o imenih krajev, skozi katere potujejo, o oddaljenosti do teh krajev in prenehanju veljavnosti znakov za izrecne odredbe. Po obliki so lahko kvadratni, pravokotni ali okrogli. Osnovne barve znakov za obvestila so:

- rumena s črnimi napisi in simboli,
- modra z belimi ali belimi in črnimi napisi in simboli,
- zelena z belimi ali belimi in črnimi napisi in simboli,
- bela s črnimi napisi in simboli.

Rdečo barvo je dovoljeno uporabiti na znakih za obvestila le v primerih, da ne bo prevladovala.

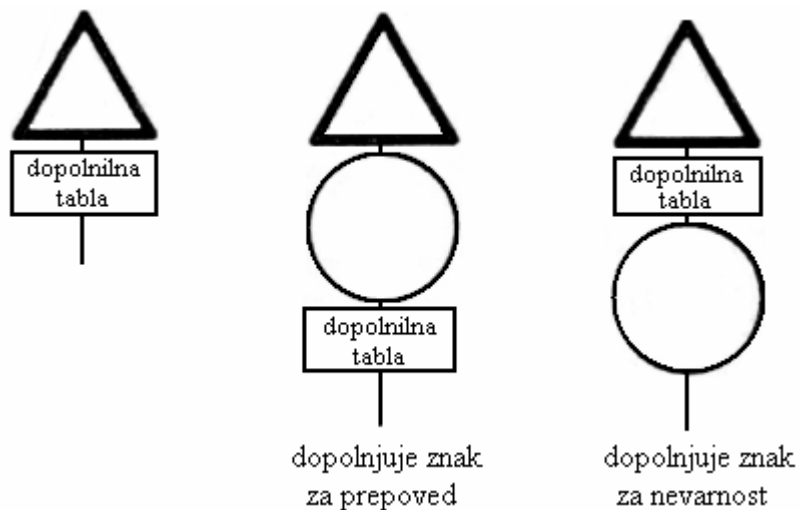


pa je omejena s širino znaka, katerega dopolnjujejo, vendar ne sme biti širša od njega. Višina dopolnilne table praviloma ne sme biti višja od polovice lastne dolžine. Njihova barva je enaka osnovni barvi prometnega znaka, ki ga dopolnjujejo. Barva simbolov in napisov pa je enaka barvi simbolov in napisov znaka, ob katerem stojijo.



Slika 18: Dopolnilne table

Dopolnilne table se pritrdi vedno pod prometni znak, na katerega se nanaša.



Slika 19: Postavitev dopolnilne table

5.1.1.2 Pritrditev prometnih znakov

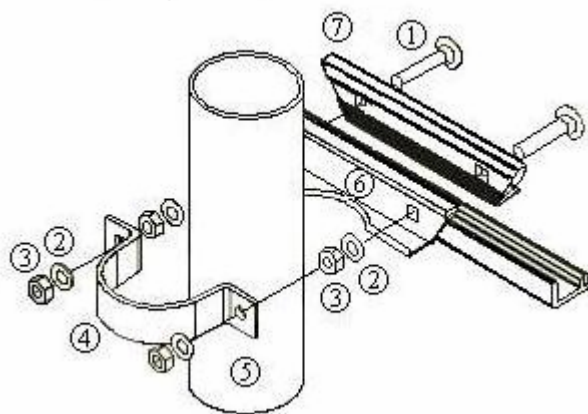
A/ Pritrditev prometnih znakov na drog

Prometne znake se pritrjuje na nosilne droge dimenzij Φ 60 mm ali Φ 64 mm. Kovinski drogi imajo betonski temelj in so dobavljivi v naslednjih dolžinah: 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5 in 6,0 m. Od zunaj in znotraj so drogi zaščiteni proti koroziji z vročim pocinkanjem, kar podaljšuje njihovo življenjsko dobo.



Slika 20: Pritrditev znakov različnih oblik na drog

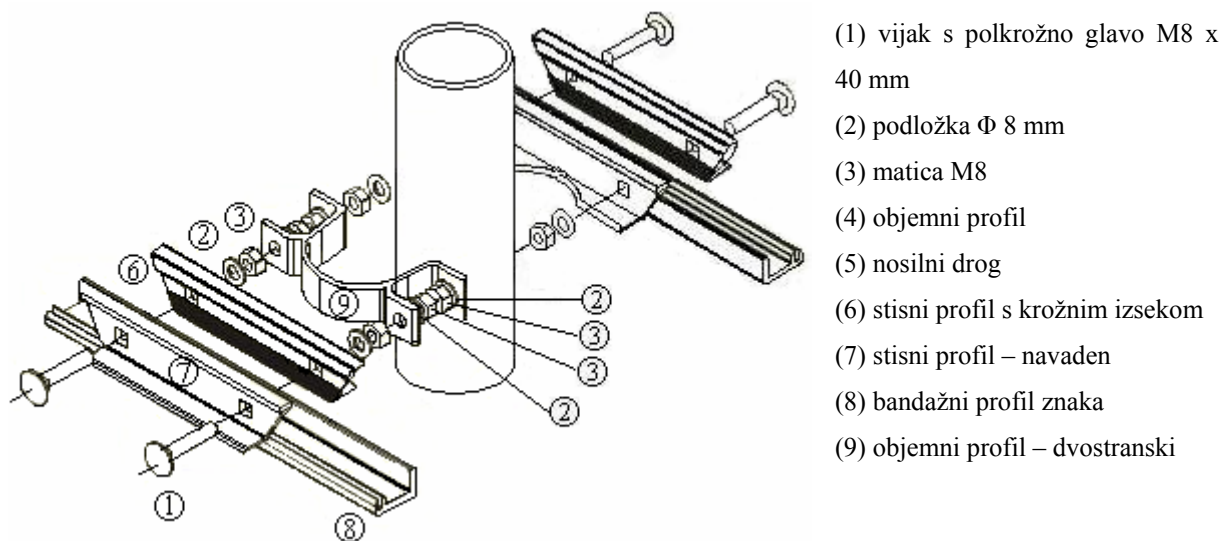
Detajl enostranske pritrditve znaka



- (1) vijak s polkrožno glavo M8 x 40 mm
- (2) podložka Φ 8 mm
- (3) matica M8
- (4) objemni profil
- (5) nosilni drog
- (6) stisni profil s krožnim izsekom
- (7) stisni profil – navaden

Slika 21: Detajl enostranske pritrditve znaka

Detajl dvostranske pritrditve znaka



Slika 22: Detajl dvostranske pritrditve znaka

Poznamo pa tudi posebne izvedbe pritrditve, ki se bolj pogosto uporabljajo v mestnih središčih, in pritrditve na različne objekte. Takšna vrsta pritrditve se določi pri samem naročilu.



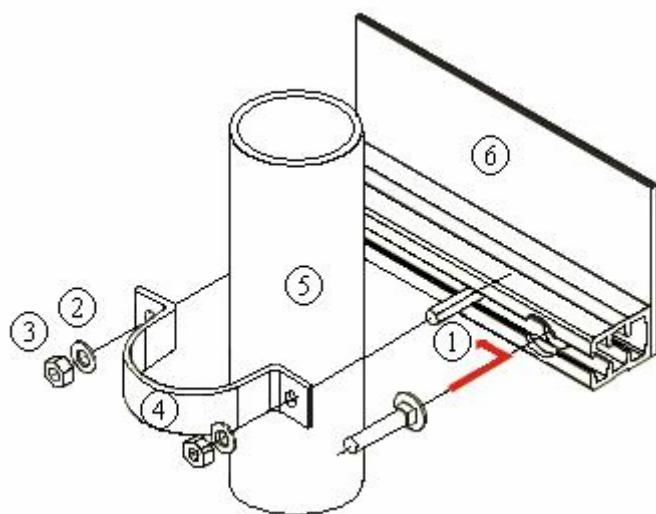
Slika 23: Posebna izvedba pritrditve

B/ Pritrditev tabel

Table se pritrjuje na nosilna ogrodja, sestavljena iz drogov, portale, konzolne portale, T portale, na objekte (nadvoz), na fasade ... Poznamo dva načina pritrditve:

- lepljena izvedba,
- vijačena izvedba.

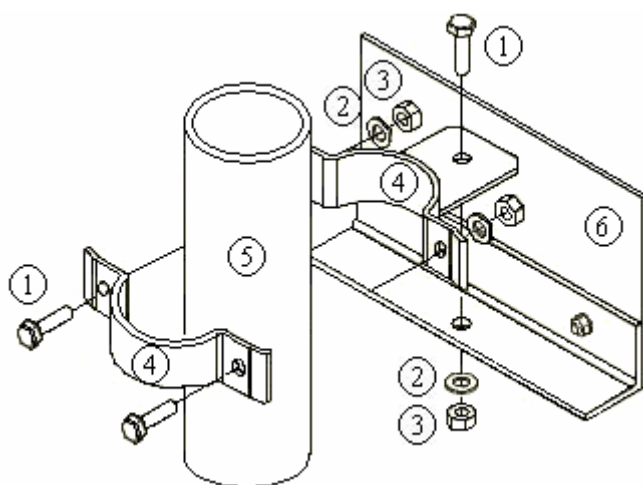
Detajl lepljene izvedbe



- (1) vijak s polkrožno glavo M8 x 40 mm
- (2) podložka ϕ 8 mm
- (3) matica M8
- (4) objemni profil - enostranski
- (5) nosilni drog
- (6) podloga table

Slika 24: Detajl lepljene pritrditve table

Detajl vijačene izvedbe



- (1) vijak s polkrožno glavo M8 x 25 mm
- (2) podložka ϕ 8 mm
- (3) matica M8
- (4) objemka – vroče pocinkana
- (5) nosilni drog
- (6) podloga table

Slika 25: Detajl vijačene pritrditve table

5.1.1.3 Postavitve prometnih znakov

Prometni znaki morajo biti postavljeni tako, da jih bodo udeleženci v cestnem prometu pravočasno opazili in ravnali v skladu s pomenom posameznega znaka. Praviloma se jih postavlja na desni strani ob vozišču, izjemoma pa se lahko prometne znake za nevarnost in nekatere prometne znake za obveščanje na smernih voziščih z dvema ali več prometnimi pasovi v isti smeri postavi tudi na obeh straneh ob vozišču. Pri njihovi postavitvi je potrebno upoštevati Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Ul. RS, št. 46/2000), kjer so točno predpisani odmiki in višine prometnih znakov ter njihovih nosilnih konstrukcij (drogovi, portali).

Višina postavitve prometnega znaka se meri od površine vozišča do spodnjega roba prometnega znaka in ne sme ogroziti gibanja pešcev. V primerih, ko je prometnemu znaku dodana še dopolnilna tabla, pa do spodnjega roba dopolnilne table. Višine prometnih znakov znašajo:

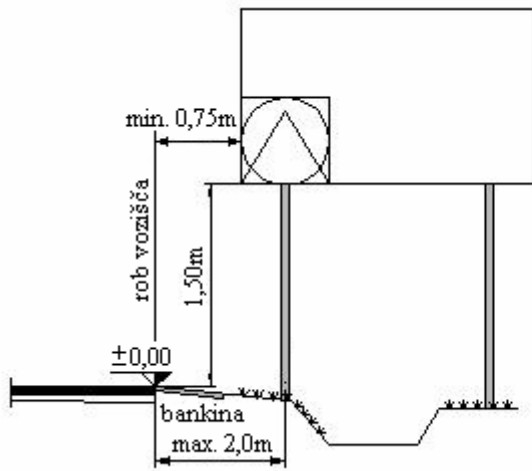
- 1,5 m izven naselja, razen znakov (ime predora, ime viadukta, ime vodotoka, stacionaža odseka ceste, stacionaža kraka odseka ceste, stacionaža cestnega objekta, stacionaža odseka ceste na meji občine, stacionaža odseka kolesarske poti in tabla za usmerjanje), ki se jih postavlja na višino 1,0 m,
- znotraj naselja:
 - 0,30 m do 2,25 m za znake, postavljene ob vozišču,
 - 4,5 m za znake, ki visijo nad voziščem (izjemoma tudi višje),
- min. 0,30 m za prometne znake na podstavkih, ki označujejo začasna dela.

Drog prometnega znaka oziroma prvi drog nosilnega ogrodja se postavi največ 2,0 m od roba vozišča. Vodoravna razdalja med zunanjim robom vozišča oziroma robom odstavnega ali robnega pasu in najbližjim robom prometnega znaka mora biti:

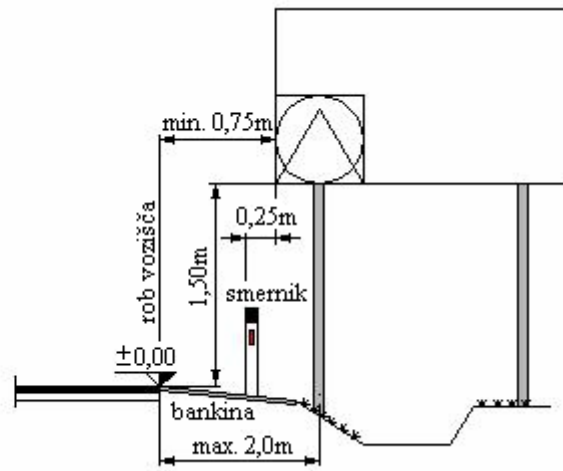
- izven naselja minimalno 0,75 m,
- v naselju, če je cesta omejena z robniki, pa minimalno 0,30 m.

Prometne znake se izjemoma lahko postavi na semaforski drog, konzolni nosilec ali druge drogove, če s tem izboljšamo njegovo vidnost.

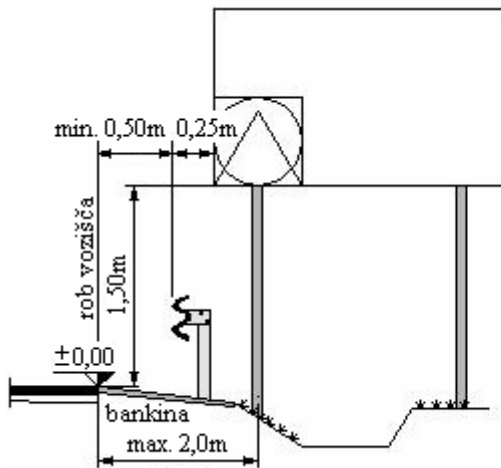
a) Zunaj naselja ob vozišču



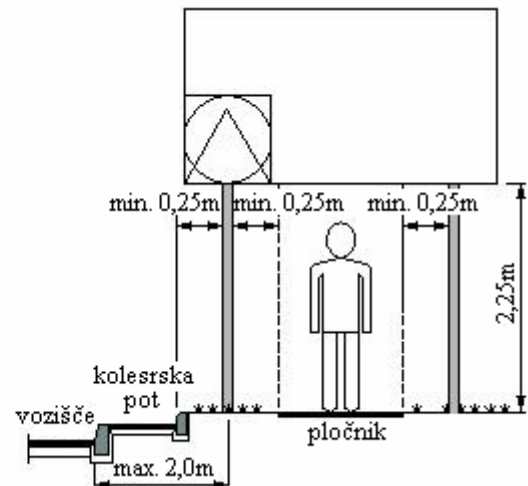
b) Zunaj naselja pri cestnem smerniku



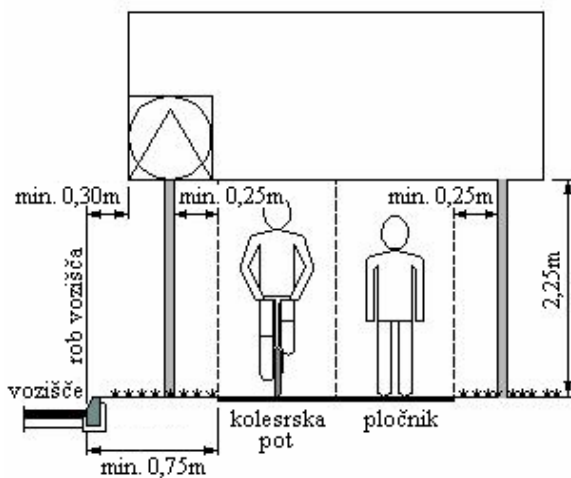
c) Zunaj naselja pri varnostni ograji



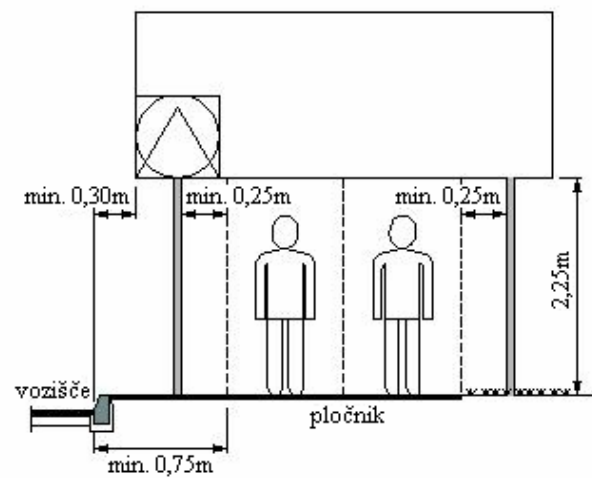
d) V naselju na pločniku ob kolesarski poti



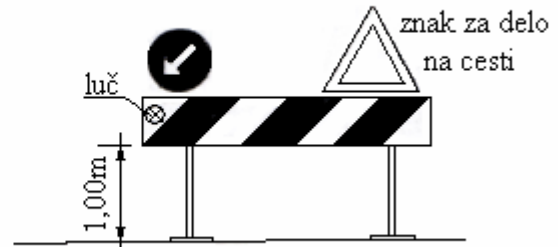
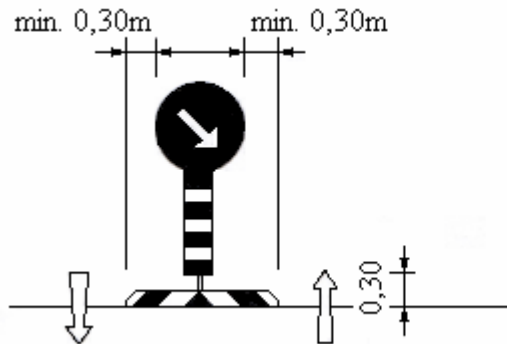
e) V naselju ob poti za pešce in kolesarje



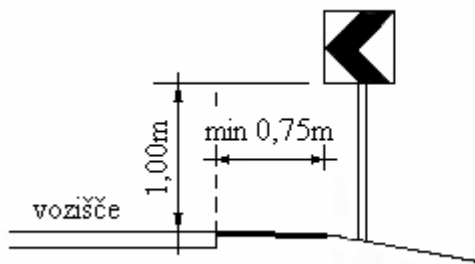
f) V naselju na pločniku ob vozišču



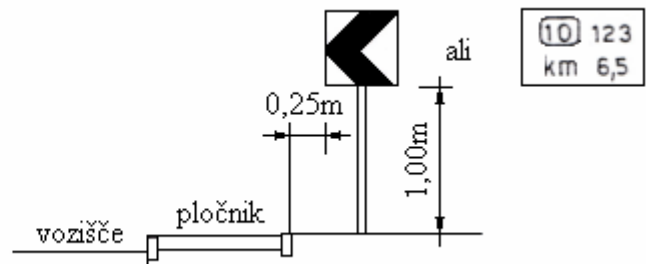
- g) Otok oziroma začetek zelenice v naselju in izven naselja h) Zapora ceste v naselju ali izven naselja



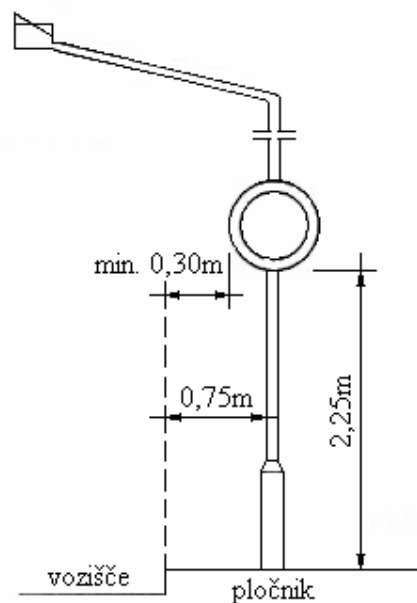
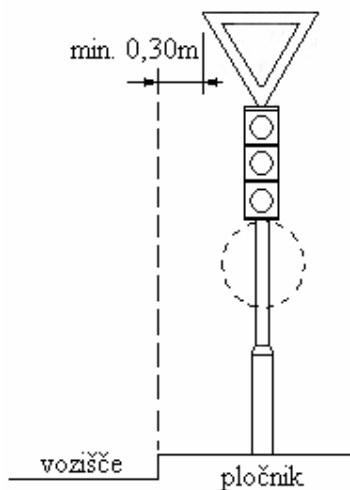
- i) V naselju



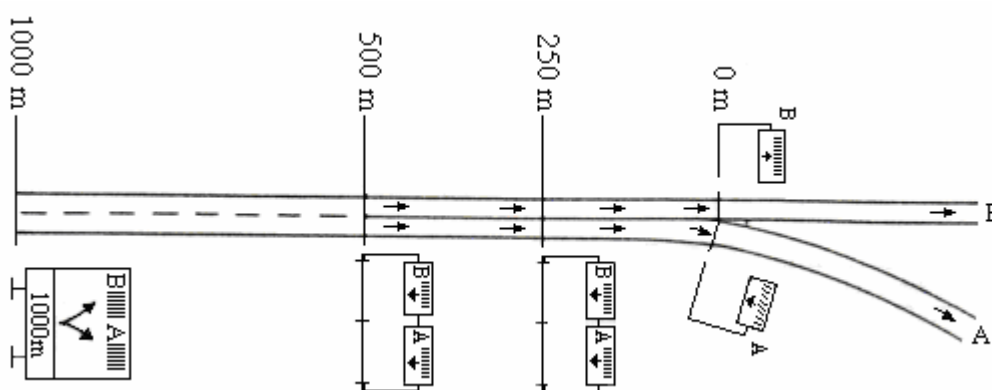
- j) Izven naselja



- k) Eden oziroma dva znaka na semaforškem drogu l) Znak na drogu javne razsvetljave

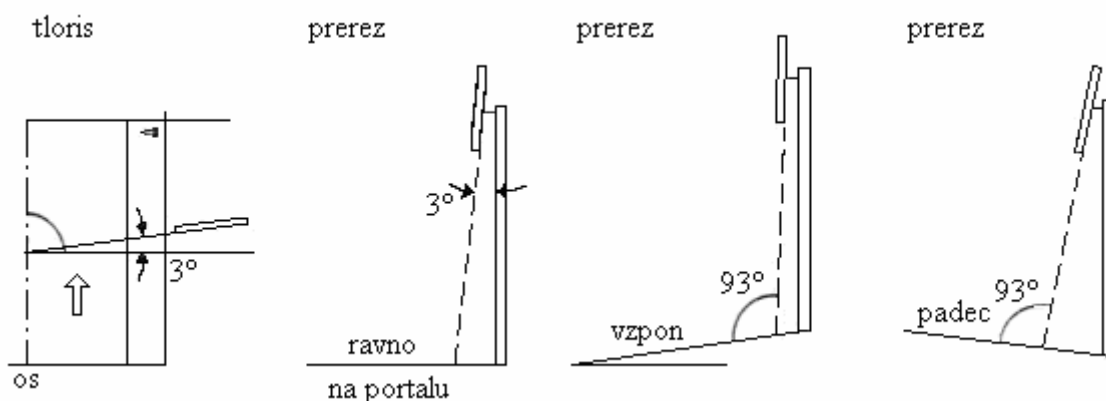


Prometne znake (kažipotne table, predkažipoti, predkrižiščne table, počivališče ...), ki se jih postavi nad voziščem, se pritrjuje na portale, drogove javne razsvetljave, nadvoze in podobno. Spodnji rob table mora biti od vozišča dvignjen minimalno 4,5 m. Običajno stojijo na razdalji 150 m do 250 m pred mestom, ki ga tabla opisuje. Table na AC, ki označujejo izvoze, se postavijo na razdalji 1000 m (ne sme biti manj kot 700 m) do mesta, kjer se začne zaviralni pas in se nato za polovico zmanjšujejo do začetka zaviralnega pasu.



Postavitev znaka /Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 1. del/

Pri sami postavitvi prometnih znakov na portale je potrebno upoštevati bleščanje znakov v nočnem času, zaradi česar se jih pritrdi pod določenim kotom.



Naklon table nad cesto /Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 1. del/

Primeri postavitve tabel:

a) Postavitev ob vozišču:

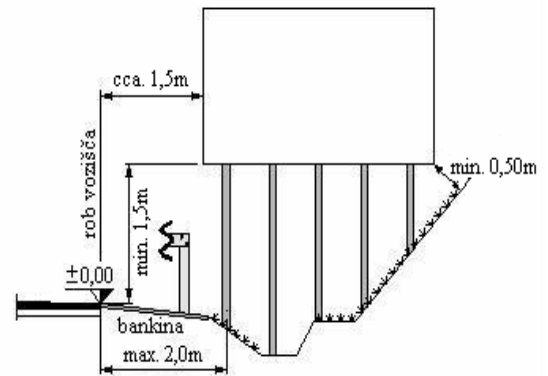
samostojna konstrukcija



asimetrična T - konstrukcija

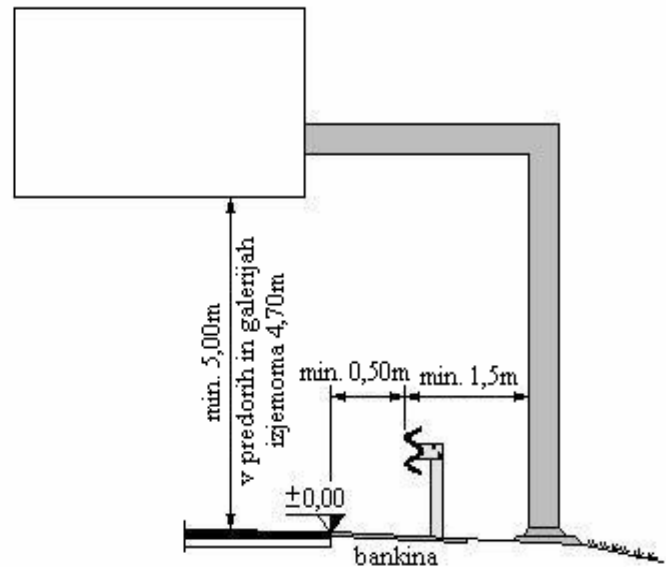
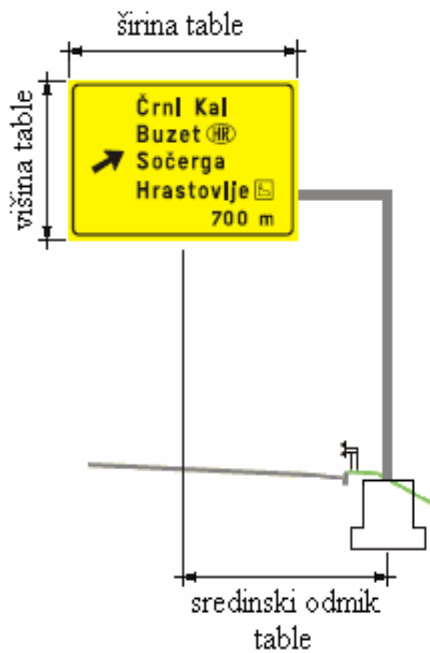


zunaj naselja v vkopu

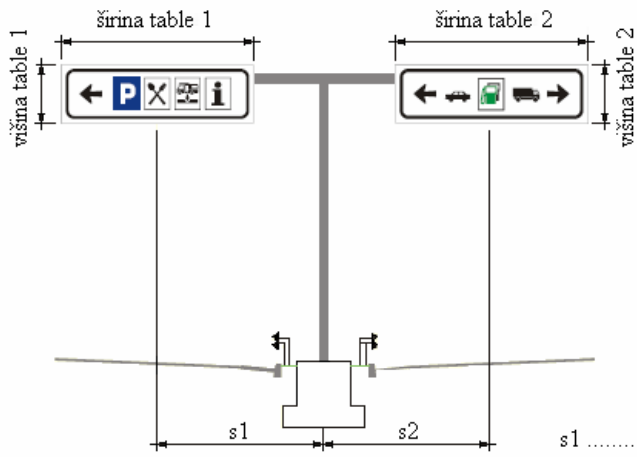


b) Postavitev nad voziščem:

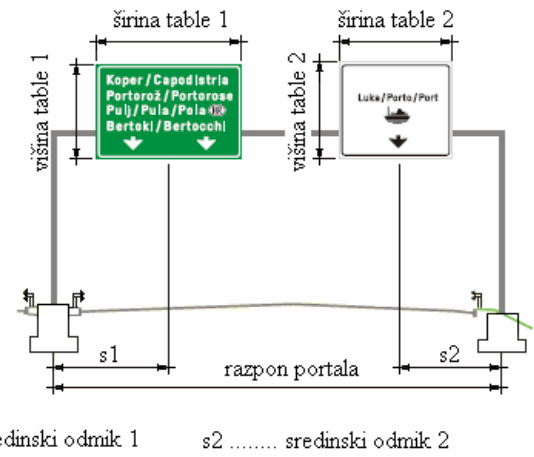
o na konzolnem portalu



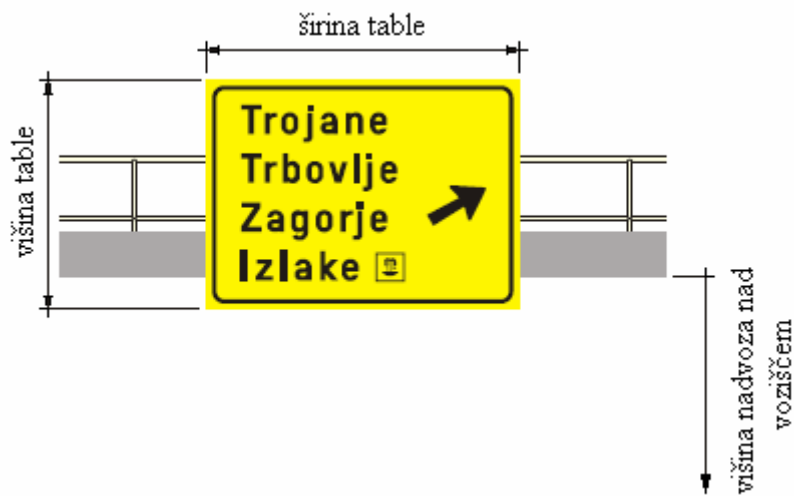
o na T portalu



o na portalu



o na nadvozu



5.1.2 Semafor

Semafor spada v skupino svetlobno signalnih naprav in je najpreprostejša oblika kot tudi osnovni element sodobnih ITS (inteligentni transportni sistemi), ki so sistemi za vodenje prometa. V svoji diplomski nalogi se bom posvetil samo njim, drugih naprav v okviru ITS pa ne bom obravnaval.

Najpogosteje se semaforji uporabljajo kot glavni način urejanja prometa v mestih (križišča, prehodi čez cesto). Vodijo ga semaforne krmilne naprave, ki so postavljene neposredno v križiščih. V cestnem prometu semaforji izključujejo pomen prometnih znakov, ki ponazarjajo prednost, ter se nahajajo skupaj s prometnim znakom na istem drogu oziroma nosilcu.



Slika 26: Montaža semaforja na usločenem drogu skupaj z znakom za prednost

Po prometnem znaku, ki predstavlja prednost, se ravnamo v primeru, ko na semaforju utripajo rumene luči oziroma če semafor ne dela. Kot sem že na začetku omenil, služijo za urejanje prometa (vozil, kolesarjev, pešcev in tramvajev) v mestih, lahko pa se jih uporabi tudi pri začasnih vzdrževalnih delih in drugih delih na cestah izven mesta ali naselja, kjer poteka cestni promet samo po enem voznem pasu. V takšnih primerih se uporabljajo mobilni semaforji (slika 27).

Mobilni semafor sestavljajo kovinski drog, akumulator za napajanje, plastično ogrodje semaforja, LED glava in radarski senzor (zaznava gibanje). Vedno se postavlja dva semaforja, ki sta med seboj povezana preko zveze in si na ta način izmenjujeta podatke o gostoti prometa na posamezni strani semaforja, ki jih zaznavata senzorja. Temu primerno podaljšujeta ali skrajšujeta dolžino zelene luči. Obstaja tudi opcija ročne nastavitve intervala zelene luči, ki pride do izraza na cestah, kjer je promet v konicah (zjutraj in popoldne) v eno smer bolj obremenjen kot v drugo.



Nekaj nastavljenih parametrov mobilnega semaforja:

- dolžina gradbišča (m): 30, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500,
- hitrost prometa (km/h): 25, 30, 40, 50, 60,
- osnovni čas zelene je od 7 do 25 sekund, maksimalni čas zelene od 10 do 180 sekund, podaljševanje zelene od 4 do 15 sekund,

Slika 27: Mobilni semafor

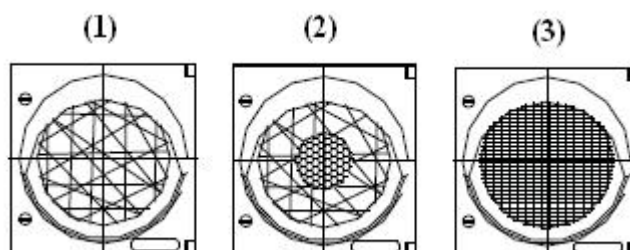
Semaforske glave montiramo na naslednje načine:

- vertikalno na drogu ob vozišču (ravni drog) na višini 2,0 m do 3,5 m nad voziščem,
- vertikalno visijo nad voziščem (usločeni drog, konzolni drog), kjer je spodnji rob semaforja minimalno 4,5 m nad voziščem,
- horizontalno pritrjeni na tabli, ki se nahaja na konzolnem portalu ali portalu.

Vertikalni drogovi morajo biti opremljeni z zaščito iz pocinkanega jeklenega traku (FeZn 25 x 4 mm) proti udarom strele (ozemljitev).

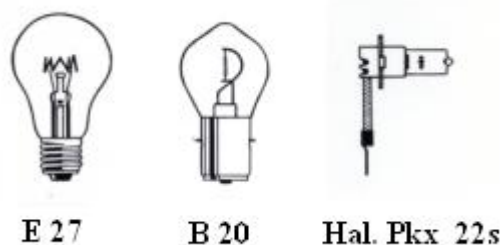
Na semaforjih so lahko uporabljene različne sprednje leče. Poznamo naslednje vrste leč:

- (1) pajčevinaste leče – prva generacija leč in se pri novih semaforjih ne uporablja več,
- (2) ozko kotne leče (imajo antifantomski filter⁷) – uporabljajo se predvsem na odprtih cestah,
- (3) široko kotne leče (imajo antifantomski filter) – uporabljajo se v mestnih središčih.



Slika 28: Vrste sprednjih leč

Žarnice, ki se uporabljajo pri semaforjih, so: E 27 (za visoko voltne luči), B 20 (za nizko voltne luči) in halogenska žarnica Pkx 22s (za nizko voltne luči). V Sloveniji so semaforji opremljeni z E27 in halogenskimi žarnicami.



Slika 29: Žarnice

Preglednica 5: Življenjska doba žarnic

Žarnica	Št. ur delovanja
E 27	3.000
B 20	4.000
Hal. Pkx 22s	4.400
LED diode	min. 30.000 (do 100.000 ur)

⁷ Antifantomski filter preprečuje nenamerno svetljenje signala semaforja, ki ga povzroča sonce in bi lahko motil voznike

Poleg semaforjev z žarnicami poznamo še LED semaforje, ki imajo namesto žarnic LED diode. Njihova prednost je predvsem dolga življenjska doba, slabost pa velik strošek investicije. Več o njih je napisano pod točko 5.1.2.2.

Ker je funkcija urejanja in vodenja prometa s semaforji zelo odgovorna, jih je potrebno poleg stalnega nadzora tudi redno in skrbno vzdrževati (pregled krmilne naprave, menjava žarnic in leč, čiščenje prahu, kontrola ozemljitve ...). V nasprotnem primeru predstavljajo veliko nevarnost za promet. Vzdržujemo jih v časovnih intervalih⁸, ki se med seboj razlikujejo glede na posamezne elemente semaforja.

5.1.2.1 Semaforji za urejanje prometa

A/ Semaforji za urejanje prometa vozil

Opremljeni so s tribarvnimi lučmi (rdeča, rumena, zelena), ki se prižigajo v naslednjem vrstnem redu:

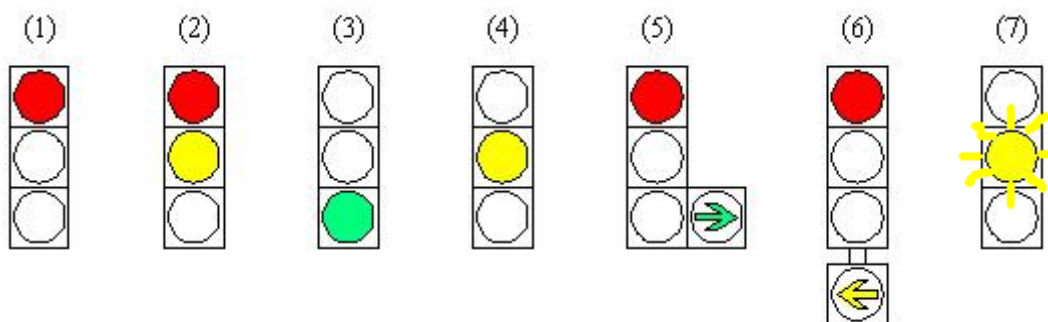
- pri vertikalno nameščenih semaforjih je zgoraj rdeča, v sredini rumena in spodaj zelena,
- pri horizontalno nameščenih semaforjih pa gredo barve od leve proti desni (rdeča, rumena, zelena).

Premer kroga luči je 100 mm, 200 mm in 300 mm. Semaforji s premerom 100 mm se uporabljajo kot ponavljalec glavnega semaforja, v primerih, ko je razdalja med mestom zaustavitve vozila in drogom s semaforjem premajhna. Takim semaforjem pravimo tudi mini semafor in se jih montira na isti drog pod glavnim semaforjem. S semaforjem lahko urejamo promet vozil:

- na vsakem pasu posebej
- ali na več prometnih pasovih in smereh vožnje hkrati.

⁸ Časovni intervali so podrobno opisani v Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin - 2. del.

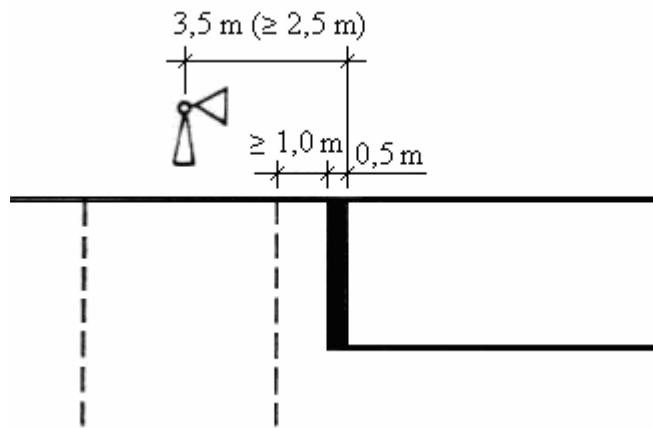
Pri urejanju prometa na vsakem pasu posebej morajo biti v lučeh puščice, ki prikazujejo smeri, na katere se semafor nanaša. Nameščeni so nad prometnim pasom, za katerega veljajo. V primeru urejanja prometa vozil na več prometnih pasovih in smereh vožnje hkrati se semafor namesti na desni strani vozišča. Barve luči na semaforju imajo različen pomen, kot je prikazano na sliki 30.



Slika 30: Barve luči semaforja za urejanje prometa vozil

- (1) *rdeča luč* – prepovedana vožnja
- (2) *rdeča in rumena luč (hkrati gorita)* – prepovedana vožnja in napoved za prižig zelene luči
- (3) *zelena luč* – prost prehod
- (4) *rumena luč* – prepovedana vožnja, razen v primeru, ko se pri vožnji s predpisano hitrostjo ne moremo varno ustaviti
- (5) *rdeča luč z zeleno puščico* – v tem primeru zelena puščica služi kot dodatni znak in dovoljuje vožnjo le v smeri puščice
- (6) *rdeča luč z rumeno puščico* – v tem primeru rumena puščica služi kot dodatni znak, ki voznike, ki zavijajo levo, obvešča, da lahko varno zapustijo križišče, saj se je voznikom iz nasprotne smeri že prižgala rdeča luč
- (7) *rumena utripajoča* – vozi previdno in upoštevaj prometne znake, ki opredeljujejo prednost

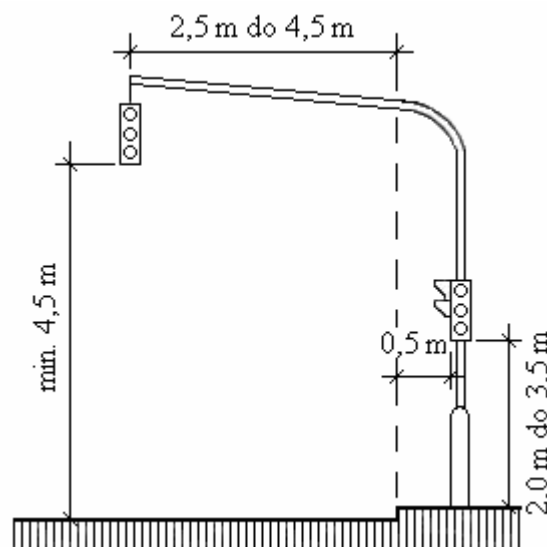
Semaforje za urejanje prometa vozil se postavlja tik pred križiščem ob desnem robu vozišča na portale, vertikalne drogove, usločene drogove in s konzolnimi ročicami na občestne objekte (dopustno glede na krajevne razmere).



Postavitev semaforja ob vozišču

/Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 2. del/

Včasih je smiselno postaviti semafor tudi na levi strani (deluje enako kot na desni), saj taka postavitev zagotavlja varnosti, v primeru če se eden pokvari. Spodnji rob semaforske glave na vertikalnem drogu je na višini 2,0 m do 3,5 m nad pločnikom in najmanj 4,5 m nad voziščem, kadar je semaforska glava pritrjena na usločen drog.

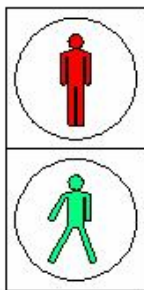


Postavitev semaforja ob vozišču

/Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 2. del/

B/ Semaforji za urejanje prometa pešcev

Njihov namen je omogočanje varnega prečkanja pešcev preko prehodov za pešce. Postavljeni so lahko na začetku, sredini (čakalni otok) ali na koncu prehodov, kar je odvisno od dolžine prehoda oziroma širine vozišča. Premer kroga luči semaforja je 200 mm. Signalni luči sta rdeče in zelene barve, opremljeni s simbolom pešca in ne smeta biti istočasno prižgani. Višina rdečega signala je enaka višini rdečega signala za motorna vozila. Barve si pri prižiganju sledijo v naslednjem zaporedju zelena - rdeča - zelena.



Slika 31: Semafor za pešce

Danes so semaforji že opremljeni z različnimi dodatki, kot so :

- naprave za dajanje zvočnih signalov, ki pomagajo slepim ljudem,
- naprave, s katerimi na cestah, kjer prečkanja pešcev niso pogosta, pešcu s pritiskom nanjo omogočijo, da se zaustavi promet vozil in lahko varno prečkajo cesto,
- LED odštevalni semafor, ki opozarja na čas do zelene luči in s tem pomaga k zmanjšanemu številu prekrškov (velikost številke je 95 mm),



Slika 32: Odštevalni semafor

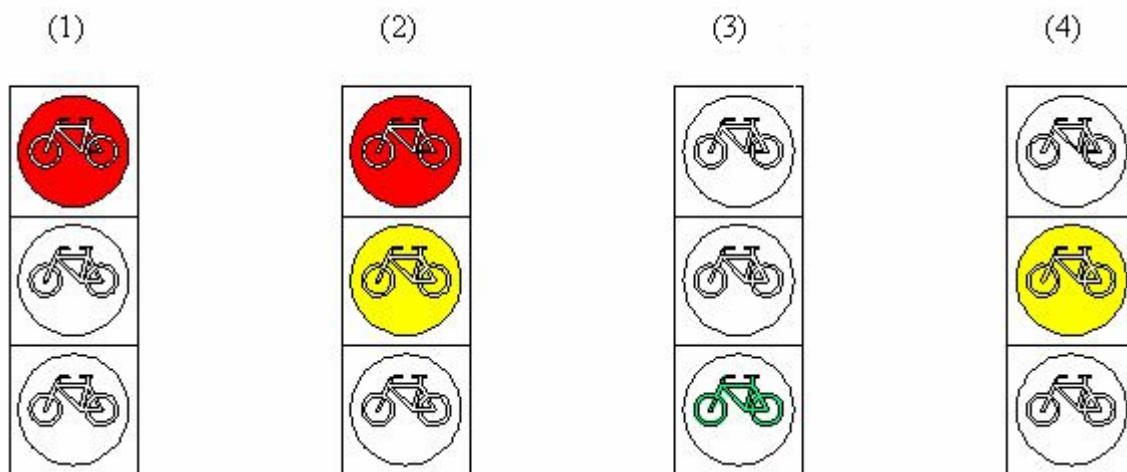
- LED grafični semaforški prikazovalnik, ki prikazuje čas do zelene in rdeče luči.



Slika 33: LED grafični semaforški prikazovalnik

C/ Semaforji za urejanje prometa kolesarjev

Enako kot pri semaforjih za vozila so opremljeni s tribarvnimi lučmi (rdeča, rumena in zelena). Luči vsebujejo simbol kolesarja in imajo premer kroga 200 mm. V primerih, ko ni semaforja za kolesarje in ko se pešpot in kolesarska pot stikata skupaj, se morajo kolesarji ravnati po semaforju za pešce. Barve luči si na semaforju sledijo, kot je prikazano na sliki 34.



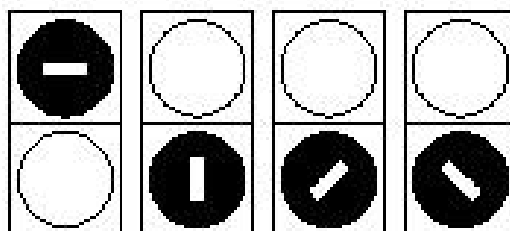
Slika 34: Delovanje semaforja za kolesarje

- (1) rdeča luč – prepovedana vožnja
- (2) rdeča in rumena luč (hkrati gorita) – prepovedana vožnja in napoved za prižig zelene luči
- (3) zelena luč – prost prehod
- (4) rumena luč – prepovedana vožnja, sledi prižig rdeče luči

Pri postavitvi veljajo enaka pravila kot pri namestitvi ostalih semaforjev (pešci, vozila). Drog, kamor pritrdimo semafor za urejanje prometa kolesarjev, mora biti od roba vozišča oddaljen minimalno 65 cm.

D/ Semafor za urejanje prometa tramvajev

Promet tramvajev se ureja z enobarvnimi lučmi bele barve. Luči imajo premer kroga 200 mm in vsebujejo naslednje oblike črt:



Slika 35: Oznake na semaforju za tramvaj

- vodoravna črta – prepovedan prehod tramvaja,
- navpična ali poševna črta – dovoljen prehod tramvaja v ustrezni smeri.

5.1.2.2 Semaforji z LED glavami

LED⁹ diode so bile predstavljene že v 60-tih letih kot prikazovalne komponente različnih elektronskih naprav. Z napredkom tehnologije so se razvile tako daleč, da se jih danes uporablja kot optične komponente cestne signalizacije pri znakih s spremenljivo vsebino, semaforjih, grafičnih prikazovalnikih s spremenljivo prometno informativno signalizacijo (GP-SPIS) ... Na splošno jih odlikuje predvsem nizka poraba energije, dolga življenjska doba in dobra vidnost prikazane vsebine v vseh vremenskih pogojih.

⁹ LED je kratica za light emitting diodes, kar po slovensko pomeni svetlobno oddajne diode.



Slika 36: Primeri uporabe LED diod

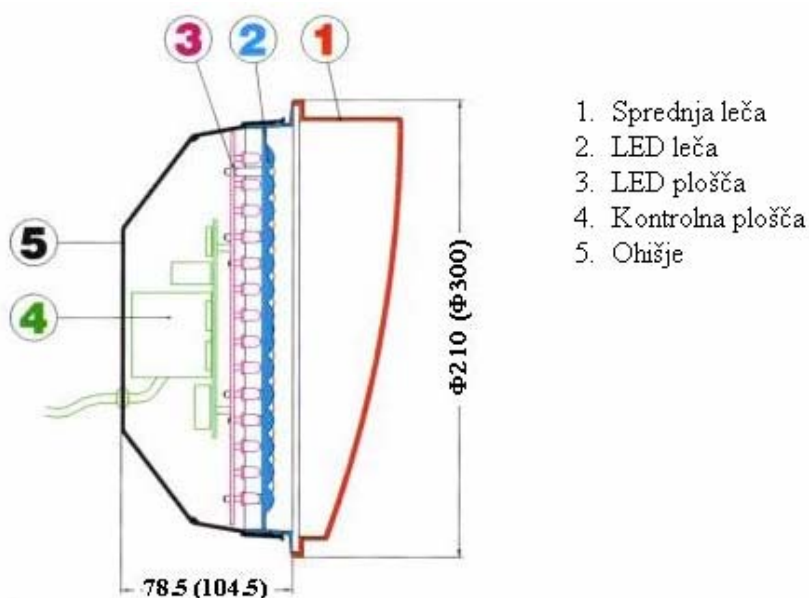


Slika 37: LED semafor

Nekaj prednosti LED semaforja:

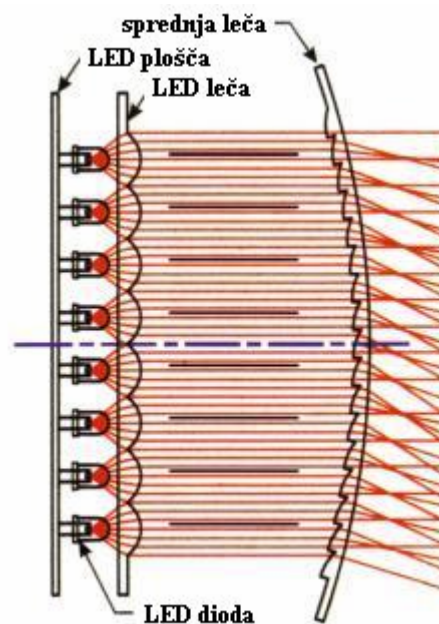
- ni stroškov vzdrževanja,
- dolga življenjska doba,
- majhna poraba energije,
- investicija se povrne v kratkem času,
- minimalna slepilna svetloba,
- enakomerna razporeditev sijaja,
- optimalna vidljivost,
- visoka intenziteta svetlobe.

Glavna negativna lastnost je ta, da je LED sistem cenovno dražji za izvedbo. Premer kroga LED semaforja je 210 mm in 300 mm. Sama oprema semaforja je kompatibilna z drugimi glavami semaforjev enakih dimenzij. LED semaforska glava je sestavljena iz naslednjih komponent:



Slika 38: Sestava glave LED semaforja

Na sliki 39 je prikazano delovanje glave LED semaforja, ki ima na LED plošči enakomerno razporejene in grupirane v paralelnih vrstah LED diode. Pred vsako LED diodo je leča, ki zbira uporabno svetlobo in jo usmerja vzporedno. Te posamezne leče tvorijo šestrokoten vzorec (LED lečo). Vzporedno usmerjena svetloba nato potuje najprej skozi majhen prostor, kamor se lahko vgradi satasti filter in nato skozi rahlo pobarvano sprednjo lečo (rdeča, rumena ali zelena), ki je usklajena z LED valovno dolžino. S tem sistemom posamezne LED diode ne delujejo kot posamezne svetlobne pike, ampak delujejo kot ena celota na površino sprednje leče.



Slika 39: Delovanje LED sistema

5.1.2.3 Opis nadzora semaforiziranih križišč v Ljubljani

V Ljubljani vodi nadzor nad vsemi semaforiziranimi križišči podjetje Javna razsvetljava Ljubljana. Vsa semaforizirana križišča so označena na sinoptični tabli (slika 40) in se jih iz centrale vodi z računalniškimi programi (LookIt SCADA sistem – slika 41). Za vodenje mestnih cest poznamo tri vrste krmiljenja:

- samostojna križišča – niso povezana z drugimi križišči,
- linijsko krmiljenje – povežemo več križišč v isti liniji na daljšem odseku,
- mrežno krmiljenje – v primeru križanja več mestnih arterij.

S programom LookIt SCADA sistem se za posamezno križišče naredi poseben program (samostojna križišča), ki vodi semaforje v tem križišču, lahko pa več križišč, če so v isti liniji (primer Celovška cesta v Ljubljani) med seboj povežemo in ustvarimo zeleni val (linijsko krmiljenje). V vsakem križišču so postavljene krmilne naprave (slika 42), s katerimi programiramo semaforje na samem mestu. Pred prihodom v križišče so v vozišče vgrajeni zračni detektorji, s katerimi merimo gostoto prometa. Poleg zračnih detektorjev se meri gostota prometa še z mikrovalovnimi (opcija: hitrost in vrsta vozil) in infrardečimi detektorji. Na podlagi teh podatkov se prilagajajo programi za vodenje semaforjev v križišču. Podjetje Javna razsvetljava d.d. iz Ljubljane vodi video nadzor nad vsemi križišči v mestu Ljubljana.

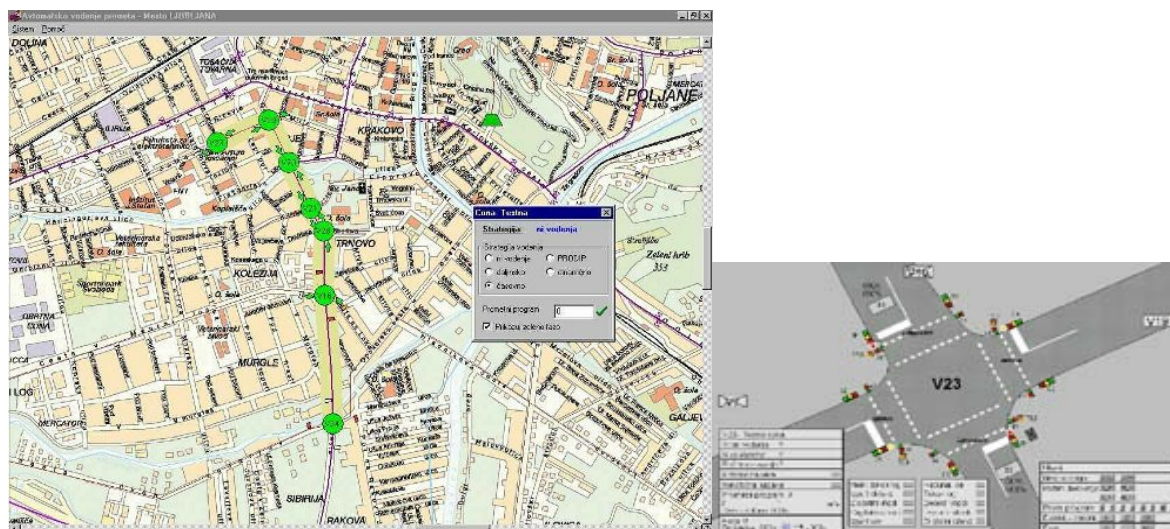
Sinoptična tabla je nujni sestavni del AVP¹⁰ nadzornega sistema. Namenjena je nadzoru delovanja celotnega sistema in točnega pregleda lokacij posameznih sistemskih dogodkov. V bistvu gre za zemljevid mesta Ljubljane, na katerem so vgrajene LED luči, ki prikazujejo križišča. Prednosti sistema so popoln pregled nad sistemom in možnost priklopa dodatnih oddaljenih sinoptičnih prikazovalnikov.



Slika 40: Sinoptična tabla

¹⁰ AVP je kratica za avtomatsko vodenje sistema, ki predstavlja moderen, visoko zmogljiv sistem za nadzor in vodenje prometa v urbanih središčih.

LookIt SCADA sistem je program, ki služi prikazovanju posamezne luči izbranega križišča ali pa prikazovanju celotne cestne mreže. Z njim lahko ukaze izdajamo in opazujemo rezultate vse na enem mestu.



Slika 41: LookIt SCADA sistem

Semaforska krmilna naprava je jedro sodobnega AVP sistema. Krmilna naprava omogoča enostavno uporabo in nadgradnjo programske opreme, možnost daljinskega programiranja, ima enostavno in pregledno ožičenje, visoko povezovanje posameznih elektronskih komponent in zmogljive mikroprocesorje. Služi vodenju semaforiziranih križišč in zbiranju podatkov o gostoti prometa s pomočjo zračnih, mikrovalovnih in infrardečih detektorjev, ki so pomembni za delovanje križišč.

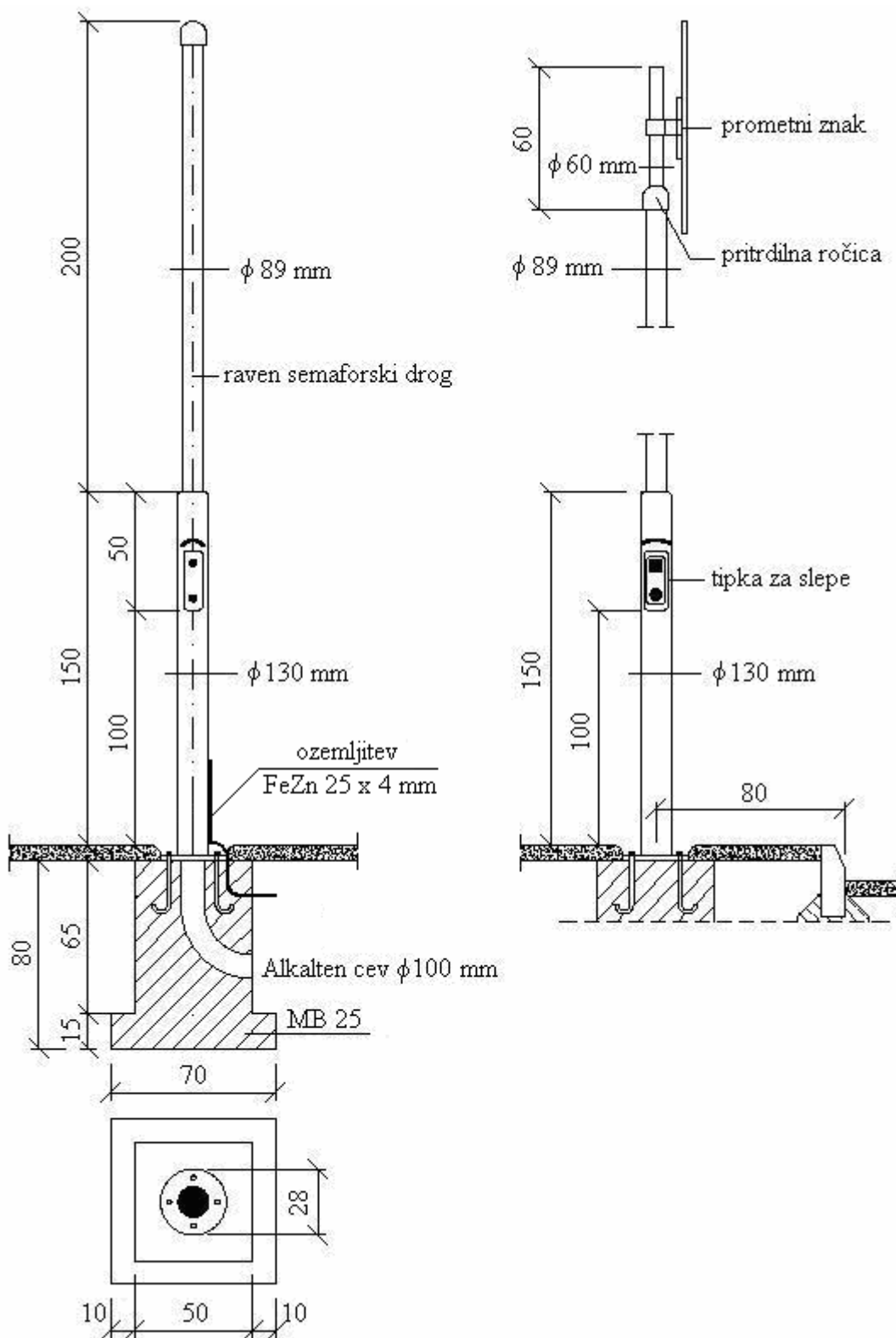
Sestavljena je iz omare iz poliestra, samostojnega napajalnega dela, s konzolo za uporabo ter elektriko in ožičenjem. Dimenzije krmilne naprave so 930/1340/470 mm. Postavimo jo neposredno v križišče.



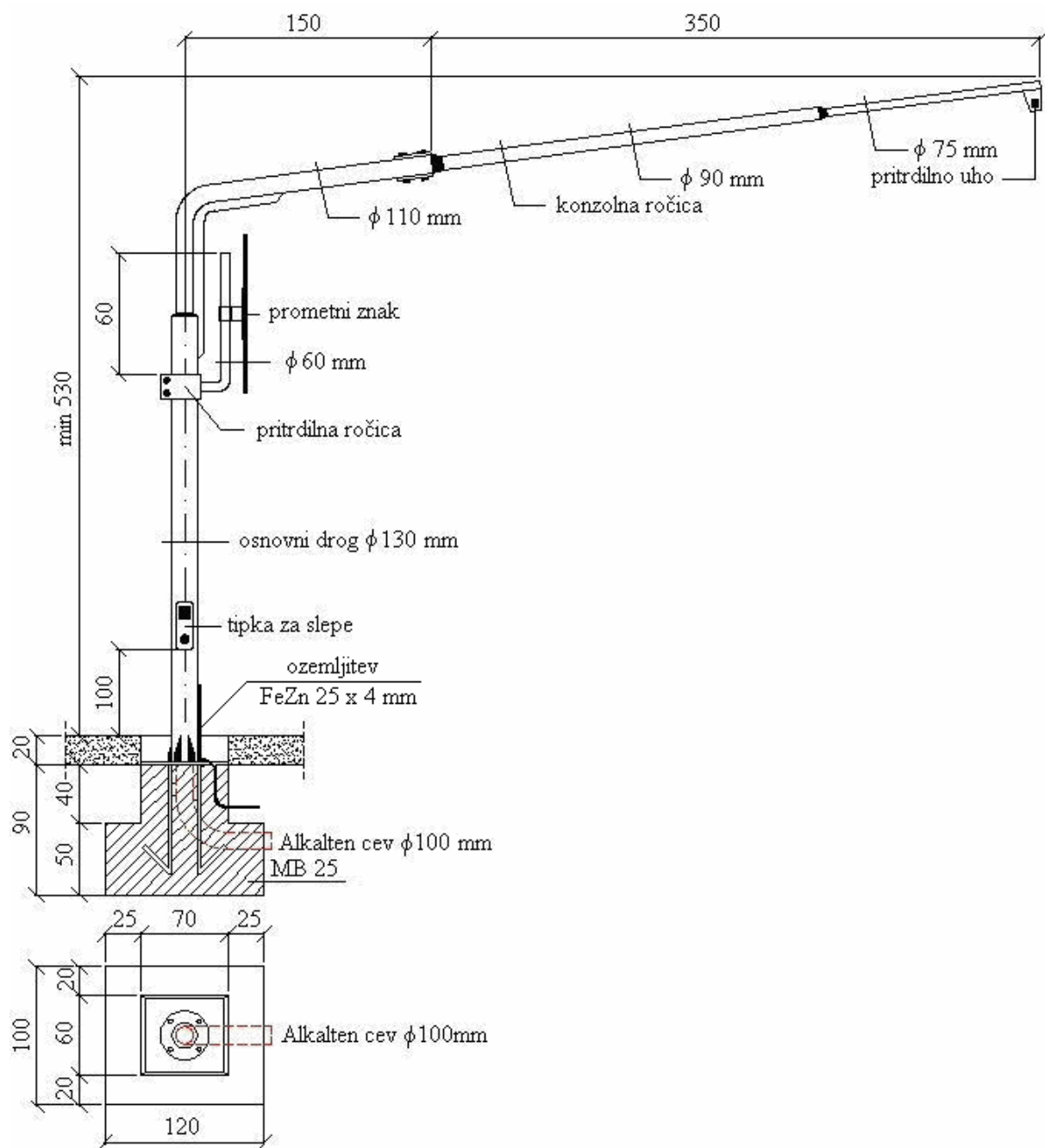
Slika 42: Semaforska krmilna naprava

5.1.2.4 Detajli semaforsega droga

a) Ravni semaforški drog



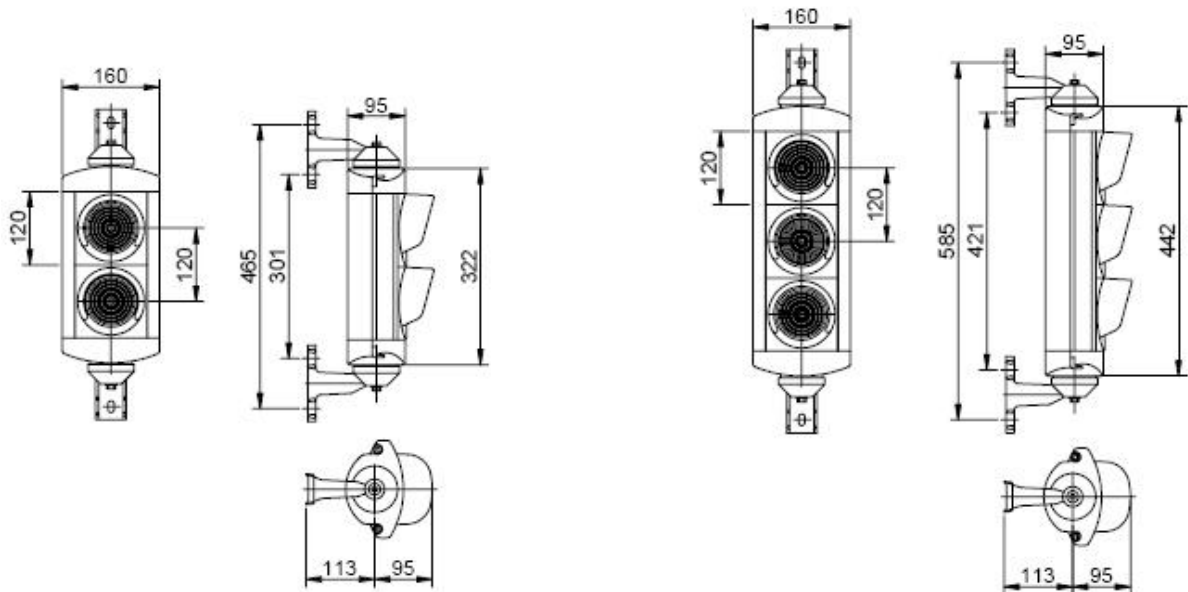
b) Usločeni semaforški drog



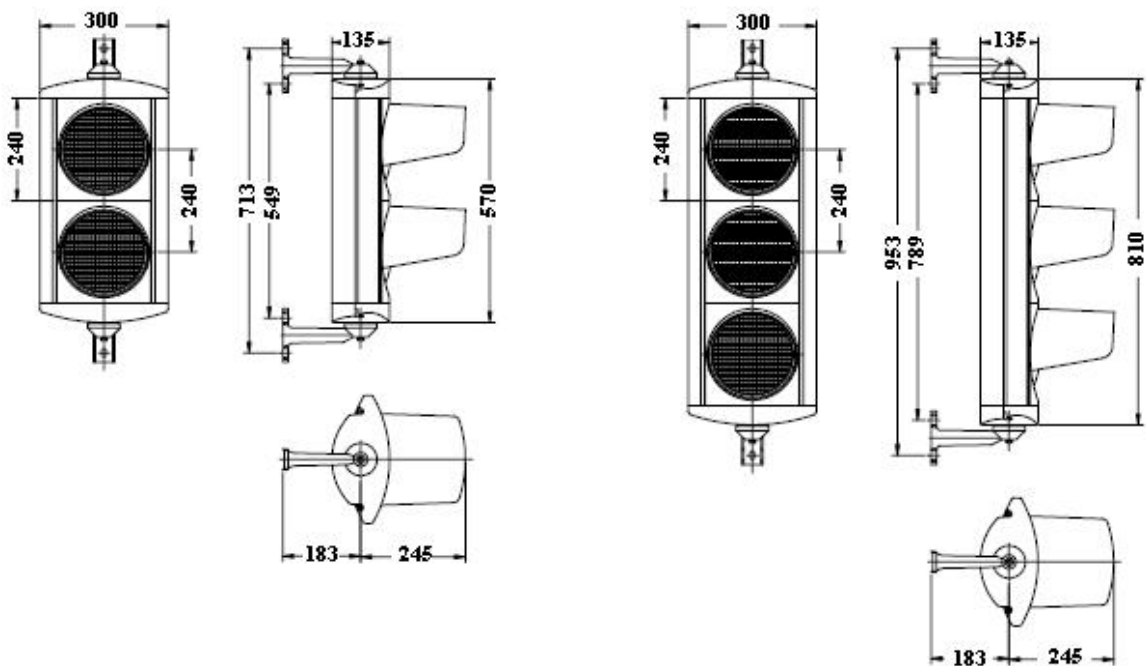
5.1.2.5 Detalji različnih tipov signalnih glav proizvajalca Swarco – Futurit iz Avstrije

TIP ALU STAR ima ohišje in pritrdilne elemente, narejene iz aluminija, leče in držala za leče pa iz poli-karbonata. Ti tipi signalnih glav so modernejši. Uporablja se lahko žarnice E27, B 20, halogenske ali LED. Glede na premer kroga ločimo:

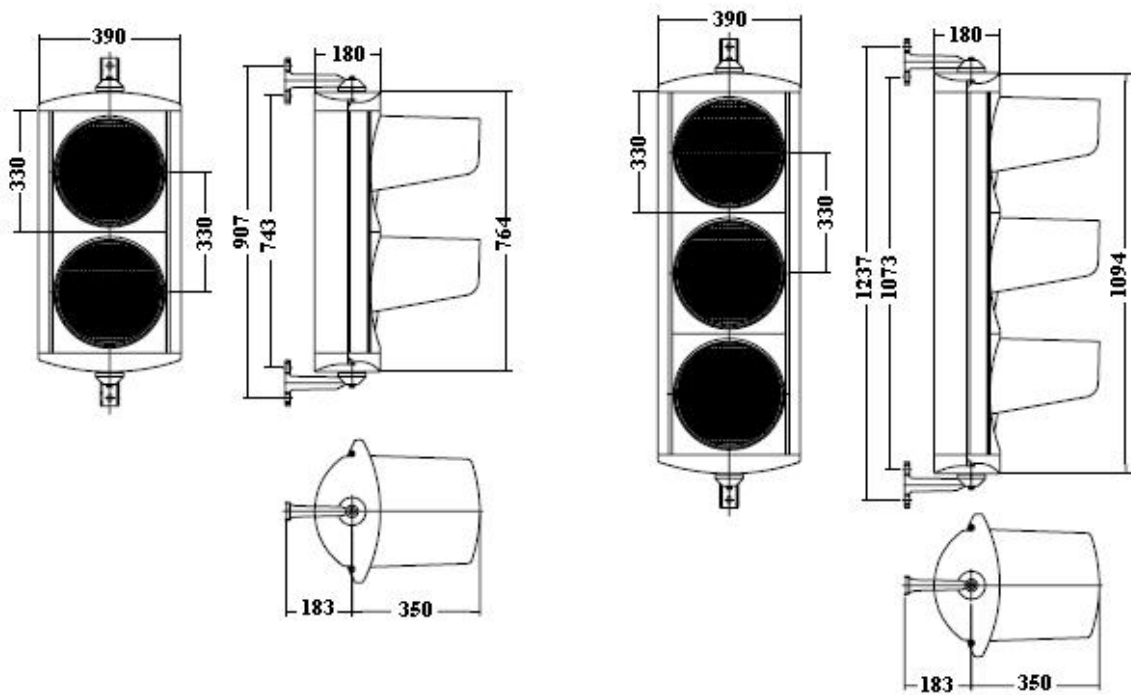
a) Premer kroga 100 mm



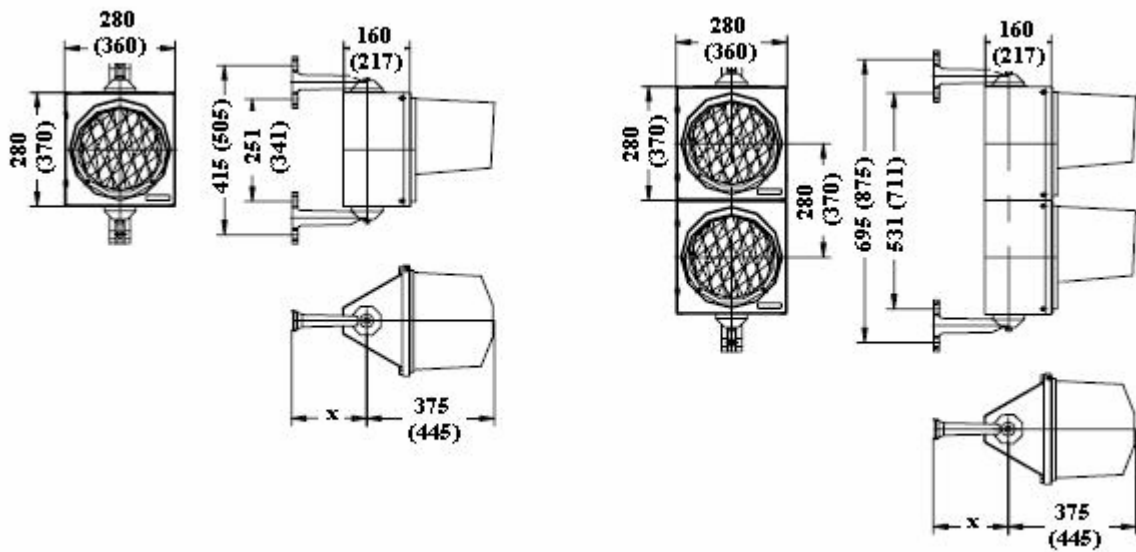
b) Premer kroga 210 mm

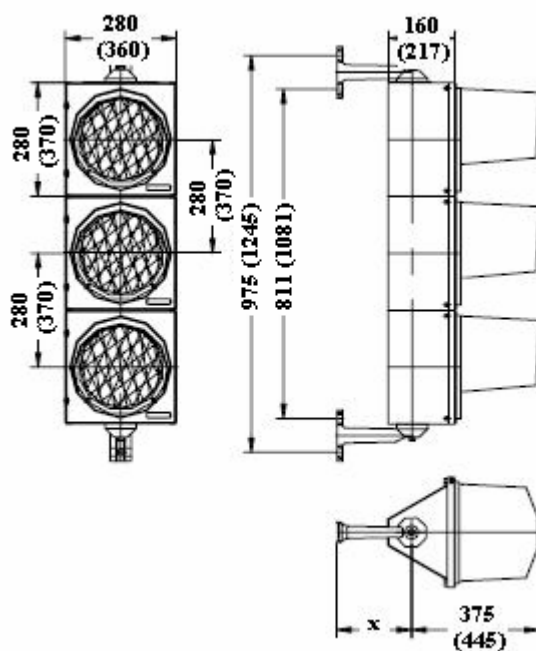


c) Premer kroga 300 mm



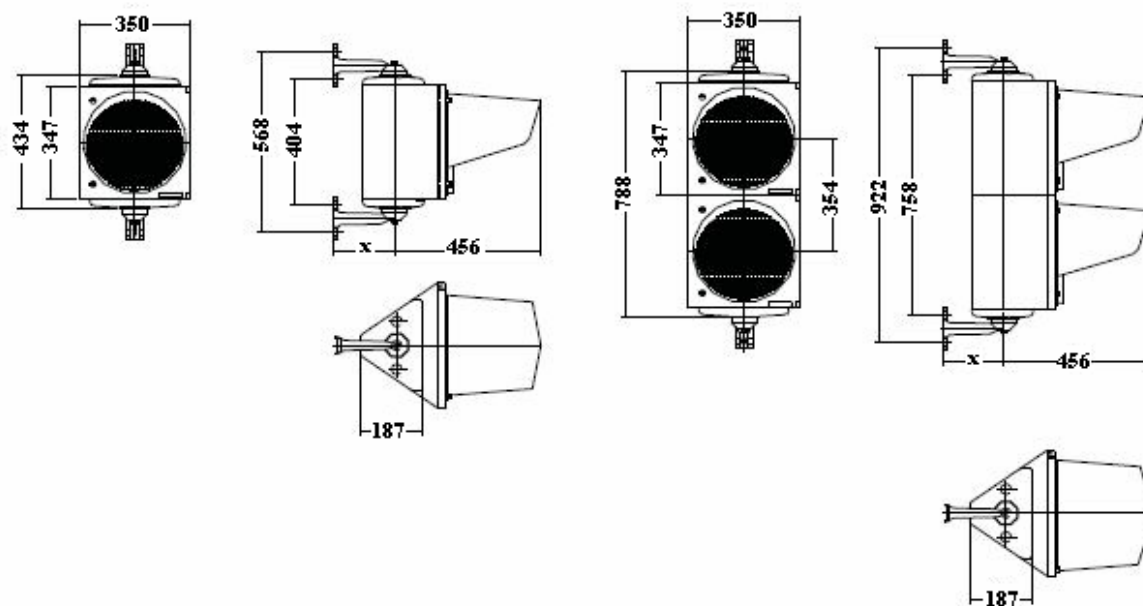
TIP MONDIAL s premerom kroga 210 mm (300 mm) ima signalne glave iz poli-karbonata. Vzdrževanje semaforjev tipa Mondial je enostavno. Uporabimo lahko žarnice E27, B 20, halogenske ali LED.

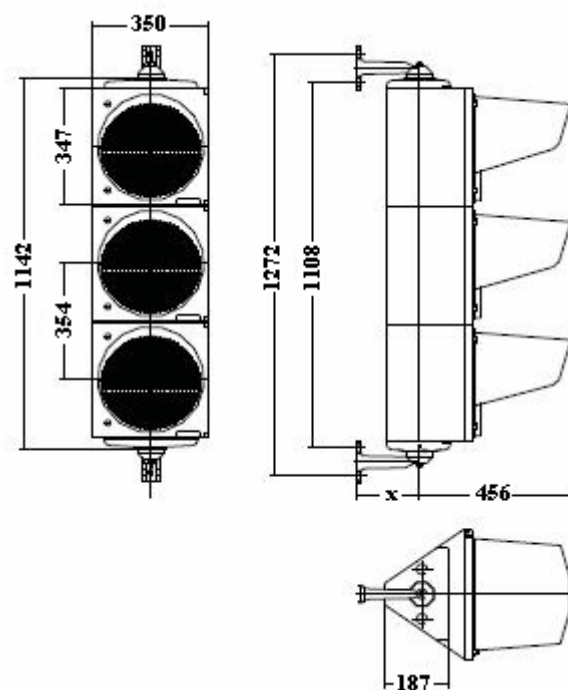




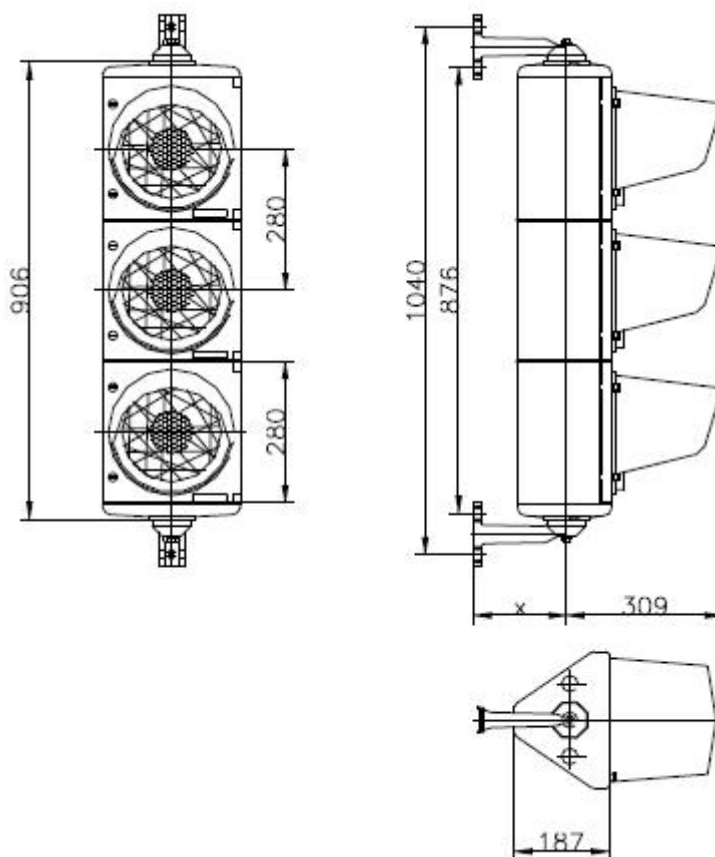
TIP STANDARD ima prav tako signalne glave iz poli-karbonata, enako kot pri prejšnjih dveh tipih, lahko uporabljamo žarnice E27, B 20, halogenske ali LED. Glede na premer ločimo:

a) Premer kroga 300 mm



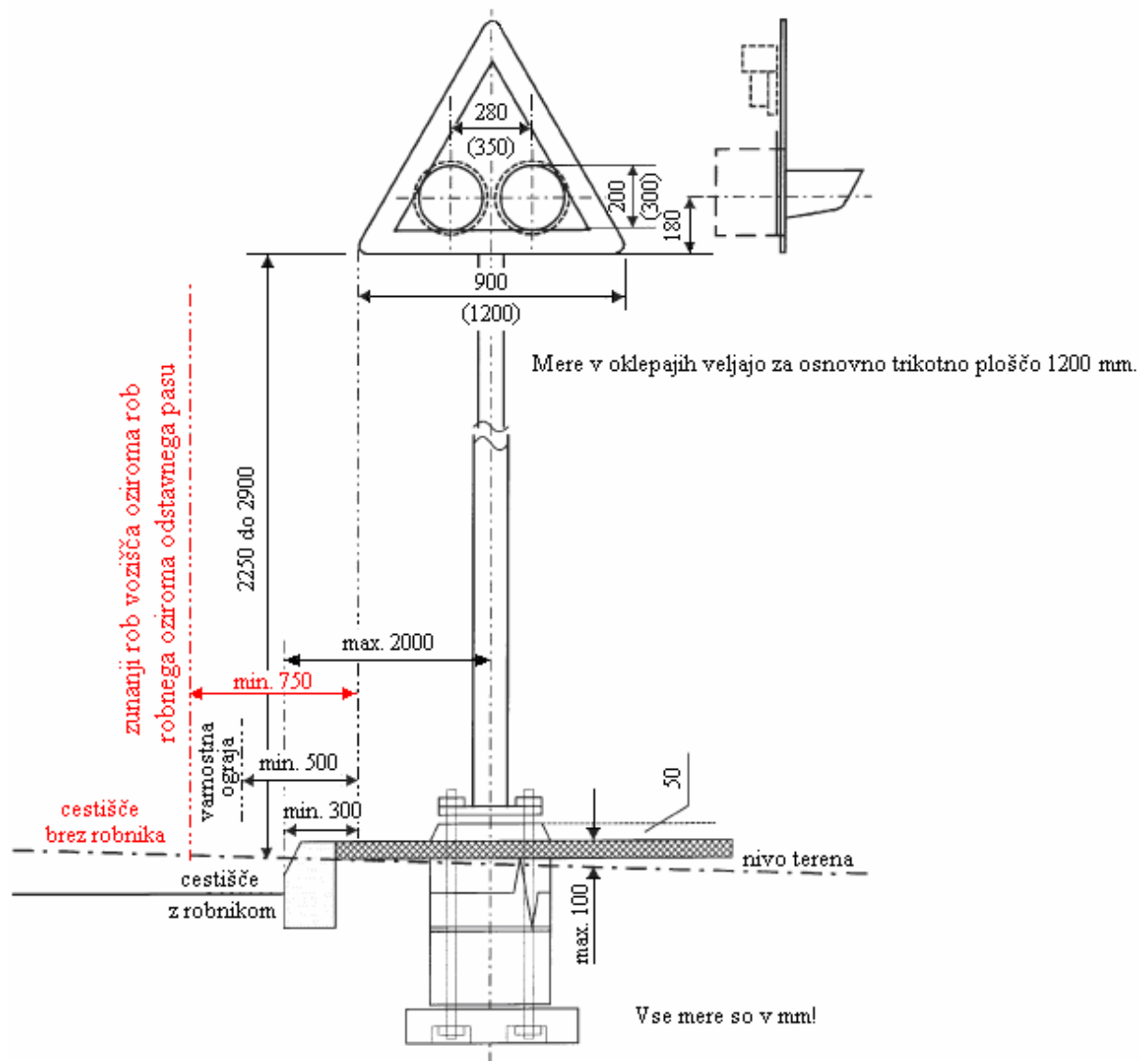


b) Premer kroga 210 mm



5.1.2.6 Semafor (cestni signal) na cestnih prehodih preko železniške proge

Njegova naloga je, da opozarja udeležence v cestnem prometu na približevanje železniškega vozila oziroma spuščanje zapornic ali polzapornic v vodoravno lego. Cestni signal ima obliko enakostraničnega trikotnika (spodnja stranica 900 mm ali 1200 mm), z vgrajenima lučema s ščitnikoma ob spodnji vodoravni stranici. Pritrdi se ga na steber, ki ima temelj v zemlji. Hrbtna stran enakostraničnega trikotnika semaforja in steber morata biti siva brez sijaja. Sama postavitvev (odmiki, višine in dimenzije posameznih elementov) je razvidna na spodnji sliki.



Cestni signal

/Vir: Pravilnik o nivojskih prehodih ceste preko železniške proge/

Cestni signal se praviloma postavlja pred nivojskimi prehodi¹¹ na obeh straneh v smeri vožnje cestnih vozil ob desni strani cestišča in mora biti dobro viden. V različnih situacijah se ga postavi na naslednje načine:

- v primerih, ko je nivojski prehod zavarovan še z zapornicami ali polzapornicami, se ga postavi na razdalji 1,0 m do 1,5 m pred zapornico ali polzapornico,
- v primerih, če stoji na pločniku ali ob kolesarski poti, se ga postavi v skladu določb, ki so podane v Pravilniku o nivojskih prehodih ceste preko železniške proge tako, da ne ovira prometnega profila pešcev in kolesarjev,
- na levi strani ceste v smeri vožnje cestnih vozil:
 - v primerih slabe vidnosti cestnega signala na desni strani,
 - če je prehod zavarovan z deljenimi zapornicami,
 - ko je na levi strani ceste v smeri vožnje cestnih vozil postavljena signalizacija, ki opozarja na približevanje prehodu ceste preko železniške proge,
 - če je pri polzapornicah na levi strani cestišča pločnik in/ali kolesarska pot,
 - ko to zahtevajo druge krajevne okoliščine.

Kadar imamo cestni signal na desni in na levi strani ceste, mora biti vsaj eden opremljen z napravami za dajanje zvočnih znakov z zvonci. Zvonci se vključijo v trenutku vklopa zavarovanja in izključijo pri prehodih ceste preko železniške proge:

- ki so zavarovani samo s cestnim svetlobno-zvočnim signalom v trenutku, ko se zavarovanje izklopi in ugasnejo signali,
- ki so zavarovani poleg cestnega svetlobno-zvočnega signala še z zapornicami ali polzapornicami v trenutku, ko drogovi zapornic ali polzapornic dosežejo pokončno lego.

¹¹ *Nivojski prehod* je križanje železniške proge in javne ali nekategorizirane ceste v istem nivoju.

5.2 Prometna oprema

5.2.1 Varnostne ograje

Varnostne ograje sodijo med najpomembnejše elemente cestne opreme, saj preprečujejo zlete oziroma zdrse vozil s ceste in možnost, da bi vozila zapeljala na nasprotno smerno vozišče. Se pravi, da z varnostnimi ograjami zmanjšujemo poškodbe oseb v vozilu in na objektih ob vozišču. Med seboj se varnostne ograje ločijo glede na način pritrditve, material, iz katerega so narejene in način postavitve v prečnem prerezu. Glede na material ločimo:

- kovinske (jeklene, aluminijaste),
- betonske,
- lesene,
- kamnite,
- kombinirane.

Z varnostno ograjo moramo zagotoviti potreben nivo zadrževanja vozil, kot je zapisano v evropskem standardu EN 1317¹² – Road restrain system. V Sloveniji trenutno predpisi na področju varnostnih ograj niso v skladu s prevzetima standardoma SIST EN 1317-1 in SIST EN 1317-2, zato je v izdelavi predlog Tehnične specifikacije TSC 02.210: 2003, ki še ni potrjen. Tehnična specifikacija naj bi opredelila tudi potreben nivo zadrževanja z varnostno ograjo in zahtevala kot pogoj za njeno uporabo v Republiki Sloveniji atest v skladu z standardoma SIST EN 1317-1 in SIST EN 1317-2.

Varnostne ograje se največkrat uporabljajo za ločevanje pasov na hitrih cestah in avtocestah, na ostalih cestah pa na nevarnih mestih, kot so ostri ovinki in kjer je nujna popolna zaščita rabe prostora ob cesti (vodozbirna območja, otroška in športna igrišča in podobno). Minimalna dolžina varnostne ograje pred in za nevarnim mestom, ki ga želimo zavarovati, je odvisna od kategorije ceste in PLDP-ja¹³.

¹² EN 1317 je izdala Evropska organizacija za standardizacijo v okviru tehničnega odbora TC 226 "Oprema cest" in obravnava problematiko razvrščanja lastnosti obnašanja, testiranja in ugotavljanja sprejemljivosti cestnih varnostnih ograj.

¹³ PLDP - povprečni letni dnevni promet je vrednost, s katero je praviloma prikazana prometna obremenitev na posameznem odseku ceste, izražena s številom vozil.

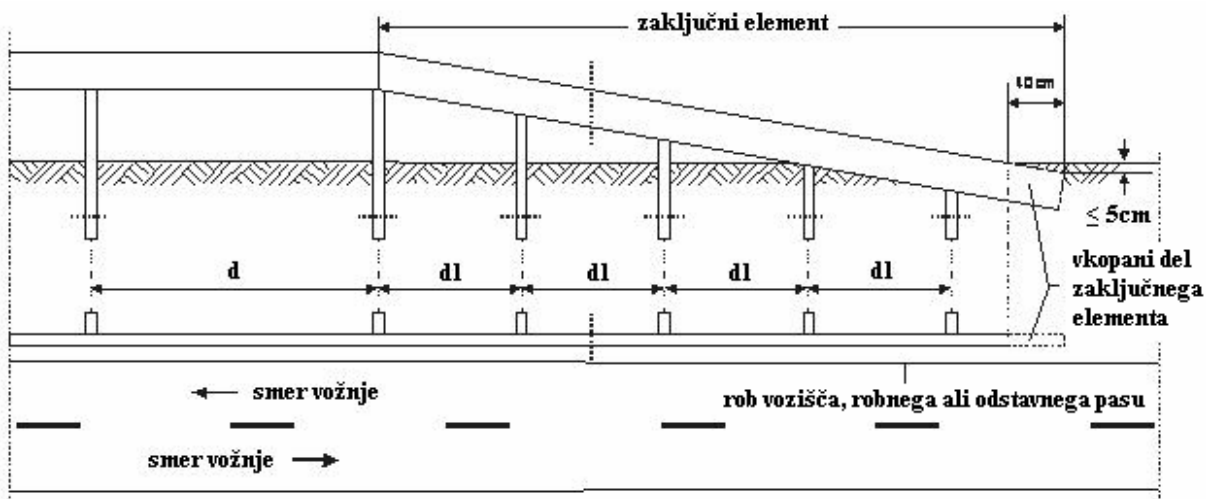
Preglednica 6: Dolžina varnostne ograje na polni višini pred in za nevarnim mestom

		Pred nevarnim mestom	Za nevarnim mestom
Kategorija ceste:	avtocesta	60 m	20 m
	hitra cesta	48 m	16 m
Ostale javne ceste s PLDP:	nad 7000	48 m	24 m
	3000 do 7000	32 m	16 m
	manj kot 3000	16 m	12 m

Za zaključevanje varnostne ograje na naletni in zaključni strani se uporabljajo zaključni elementi, katerih dolžina je odvisna od kategorije ceste in PLDP-ja. Ločimo naslednje dolžine zaključnih elementov na naletni in zaključni strani:

- 12 m (avtoceste, hitre ceste in javne ceste s PLDP \geq 3000 vozil),
- 4 m (javne ceste s PLDP $<$ 3000 vozil).

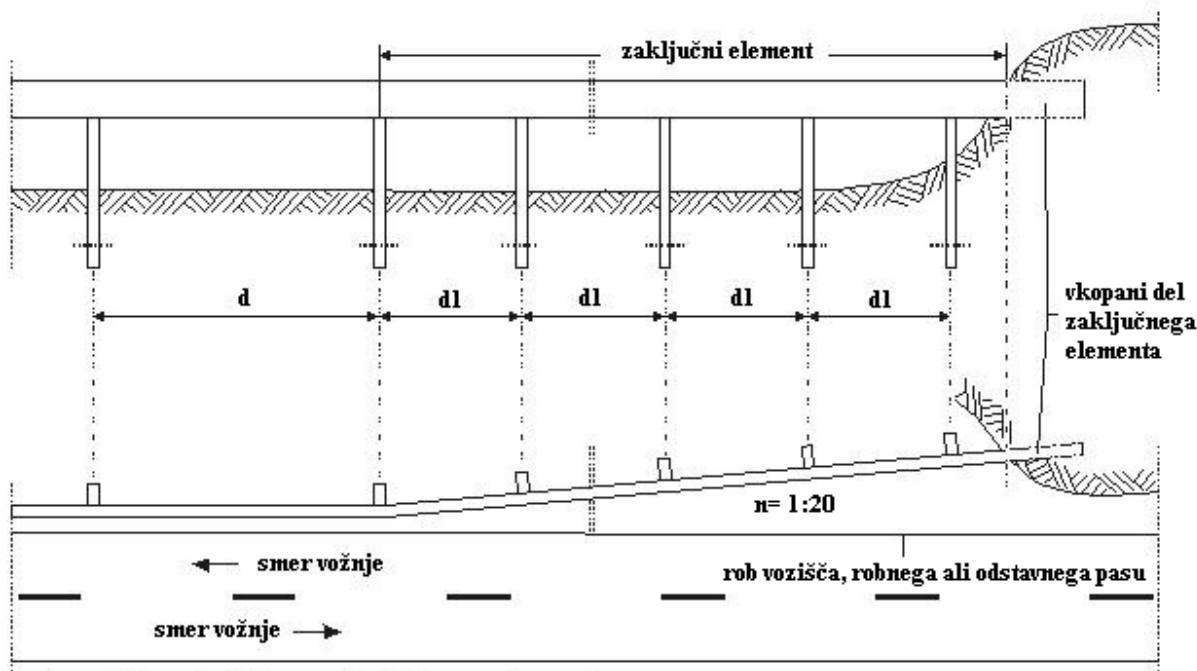
Zaključni element lahko vkopljemo v teren, v primeru prehoda iz vkopa na nasip pa se ga lahko vkoplje v nasip in smerno zasuka z nagibom 1: 20.



d – razdalja med stebri na polni višini varnostne ograje

dl – razdalja med stebri zaključnega elementa varnostne ograje

Vkopani zaključni element JVO na naletni in zaključni strani /Vir: predlog TSC 02.210, 2003/



d – razdalja med stebri na polni višini varnostne ograje

dl – razdalja med stebri zaključnega elementa varnostne ograje

Zaključek JVO in LVO v območju prehoda iz vkopa na nasip ali premostitven objekt

/Vir: predlog TSC 02.210, 2003/

Stebri zaključnega elementa morajo biti postavljeni na takšni medsebojni oddaljenosti, da zagotavljajo enak nivo zadrževanja vozil, kot ga ima varnostna ograja na polni višini.

5.2.1.1 Vrste varnostnih ograj

Jeklene varnostne ograje (JVO)

Na cestah se jih najpogosteje uporablja. Jekleno varnostno ograjo sestavljajo:

- *steber*, na katerega sta pritrjena odbojnik in distančnik (po potrebi) in služi za pravilno namestitev odbojnika (pomembna višina in odmaknjenost od vozišča);
- *distančnik*, ki služi za povezavo med stebrom in odbojnikom ter zmanjša učinek trka vozila ob varnostno ograjo. Distančnik ne sme biti preveč tog, absorbirati mora čim več deformacijske energije in ne sme delovati kot vzmet (ne sme odbiti vozila nazaj na vozišče);

- *odbojnik*, ki s svojo konstrukcijo zmanjšuje posledice udarca vozila in se v nobenem primeru ne sme pretrgati;
- *oporna pločevina*, daje dodatno oporo odbojniku in ga povezuje z distančnikom.

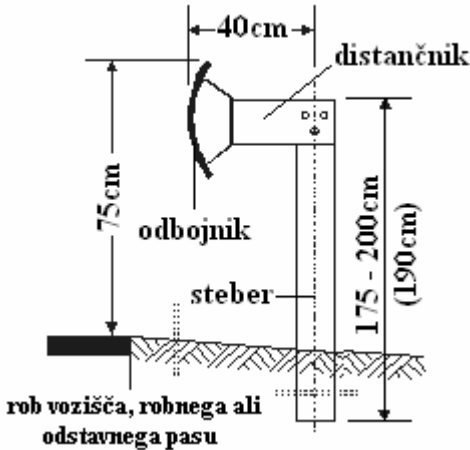
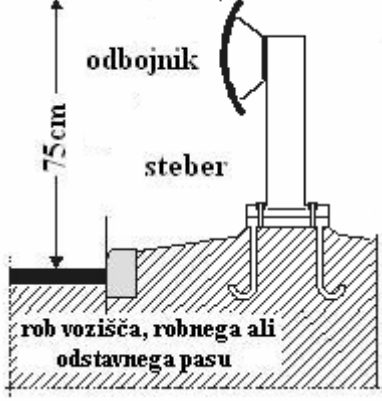
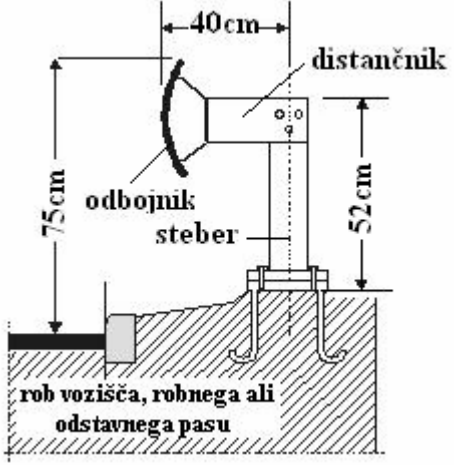


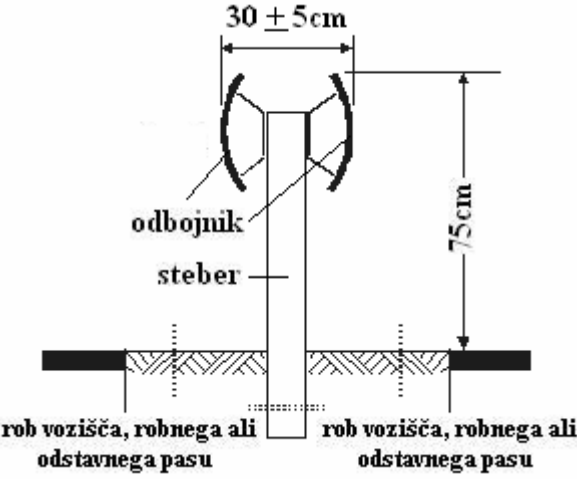
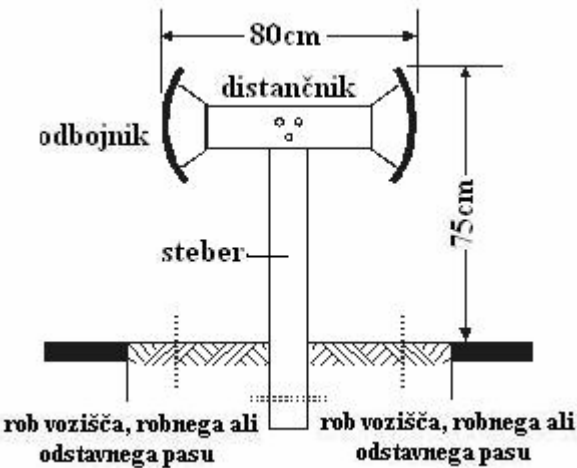
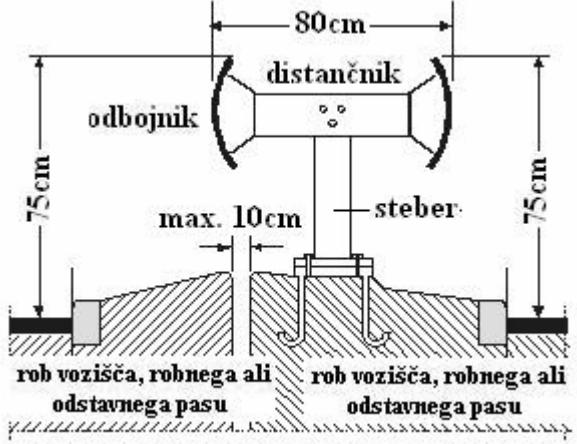
Slika 43: Jeklena varnostna ograja

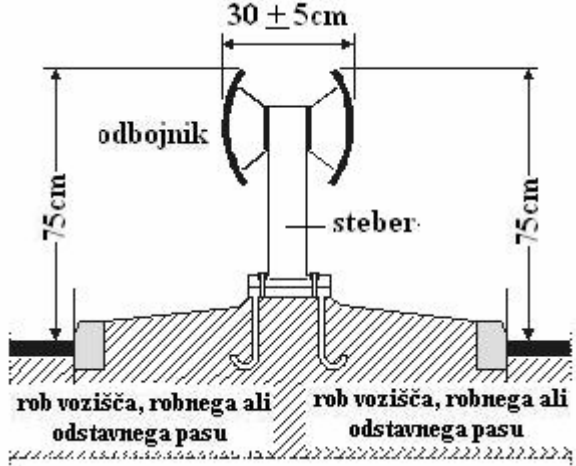
Jeklene varnostne ograje, kot je prikazano v tabeli 7, se med seboj razlikujejo po načinu pritrditve (lahko se jih zabije v teren ali pa pritrji na objekt), glede na položaj na vozišču (enostranske ali dvostranske) in glede na elemente, ki jo sestavljajo (distančnik da ali ne).

Preglednica 7: Različne vrste jeklenih varnostnih ograj (JVO)

VRSTA OGRAJE	SLIKA	LASTNOSTI
<p>Enostranska JVO</p>		<ul style="list-style-type: none"> • za zadrževanje vozil z ene smeri • za ceste nižje kategorije • stebri se zabijejo v teren in so na razmakih 4 m • dolžina stebra je praviloma 190 cm

<p>Enostranska JVO z distančnikom</p>		<ul style="list-style-type: none"> • za zadrževanje vozil z ene smeri • za avtoceste in hitre ceste • stebri se zabijejo v teren in so na razmakih 4 m • dolžina stebra je praviloma 190 cm
<p>Enostranska JVO na objektu</p>		<ul style="list-style-type: none"> • za zadrževanje vozil z ene smeri • za ceste nižjega reda • stebri se pritrdijo na objekt in so na razmaku 1,33 m
<p>Enostranska JVO z distančnikom na objektu</p>		<ul style="list-style-type: none"> • za zadrževanje vozil z ene smeri • za avtoceste in hitre ceste • stebri se pritrdijo na objekt in so na razmaku 1,33 m

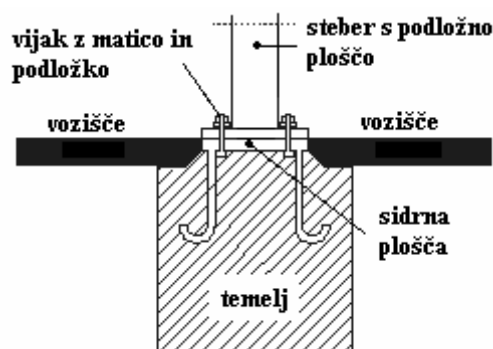
<p>Dvostranska JVO</p>		<ul style="list-style-type: none"> • zadržuje vozila v obeh smereh • za ceste nižje kategorije • stebri se zabijejo v teren in so na razmakih 2 m • dolžina stebra je praviloma 190 cm • po JUS standardu se postavlja v srednjem ločilnem pasu, manjšem od 1,8 m
<p>Dvostranska JVO z distančnikom</p>		<ul style="list-style-type: none"> • zadržuje vozila v obeh smereh • za avtoceste in hitre ceste • stebri se zabijejo v teren in so na razmakih 2 m • dolžina stebra je praviloma 190 cm • po JUS standardu se postavlja v srednjem ločilnem pasu širine 1,8 m do 2,8 m
<p>Dvostranska JVO z distančnikom na objektu</p>		<ul style="list-style-type: none"> • zadržuje vozila v obeh smereh • za avtoceste in hitre ceste • stebri se pritrdijo na objekt in so na razmaku 2 m • po JUS standardu se postavlja v srednjem ločilnem pasu širine 1,8 m do 2,8 m

<p>Dvostranska JVO na objektu</p>		<ul style="list-style-type: none">• zadržuje vozila v obeh smereh• za ceste nižje kategorije• stebri se pritrdijo na objekt in so na razmaku 2 m• po JUS standardu se postavlja v srednjem ločilnem pasu, manjšem od 1,8 m
--	--	---

Pri jeklenih varnostnih ograjah je pomembno, da ograja zadrži trke različnih tipov vozil (osebna vozila, tovorna vozila, avtobusi ...) v odvisnosti od potrebnega nivoja zadrževanja. Pri naletu manjših vozil mora biti dovolj deformabilna (mehka), da pri trku pojemki niso preveliki. V primeru večjih vozil pa mora imeti dovolj veliko nosilnost, da vozilo zadrži na cestišču. Večjo togost oziroma zmanjšanje deformabilnosti jeklene varnostne ograje dosežemo na naslednje načine /Vir: Božić, M. 2003. Varnostne ograje ob cestah. Diplomaska naloga/:

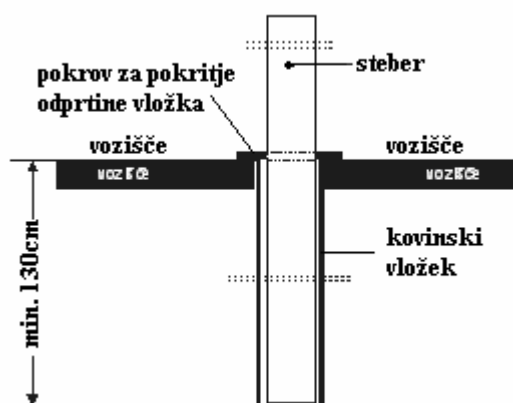
- stebričke postavimo na manjši raster:
 - na mestih, kjer ni potrebe po večji varnosti, so stebričke montirani na razdalji 4 m,
 - s povečanjem varnosti se razdalja zmanjša na 2 m,
 - če so stebrički montirani s podložno ploščo, je razdalja med njimi 1,33 m oziroma 1,34 m (mostovi, viadukti),
- zadnjo stran ojačamo z dodatno letvijo ali kar z odbojnikom,
- namestitimo dodatni odbojnik.

Kot je razvidno iz slik v tabeli 7, se jeklena varnostna ograja zabije v teren ali pa pritrdi na objekt. Praviloma je dolžina stebra, ki se ga zabija, 1,9 m. V primerih, ko stebra ne moremo zabiti v teren ali če se jekleno varnostno ograjo postavlja na prehodu preko ločilnega pasu, steber s podložno ploščo pritrdimo na sidrno ploščo, vgrajeno v betonski temelj.



Steber JVO s podložno ploščo, pritrjen na sidrno ploščo /Vir: predlog TSC 02.210, 2003/

Če se zgodi, da temelja ni mogoče izvesti, se v cestno telo vstavi kovinske vložke, v katere se nato postavi steber jeklene varnostne ograje. Pri tem moramo zagotoviti še ustrezno zaprtje odprtine v času obratovanja, kot tudi v času, ko je varnostna ograja demontirana.



Steber JVO vstavljen v kovinski vložek /Vir: predlog TSC 02.210, 2003/

Varnostne ograje pa morajo biti opremljene tudi z odsevnimi telesi, pritrjenimi na odbojniku. Ta telesa, ki odsevajo svetlobo, so dveh različnih barv, in sicer:

- rdeče barve se nahajajo na desni, gledano v smeri vožnje,
- bele barve pa na levi strani, gledano v smeri vožnje.

Betonske varnostne ograje (BVO)

Za to vrsto varnostne ograje se odločimo, kadar želimo zagotoviti največji nivo zadrževanja vozil. Zaradi njihove oblike preprečujejo vozilom, da bi zapeljala na nasprotno vozišče ali zapeljala z objekta (most, viadukt). Najbolj razširjena v Sloveniji je betonska varnostna ograja tipa » New Jersey «.



Slika 44: » New Jersey « betonska varnostna ograja

Betonske varnostne ograje imajo naslednje dobre lastnosti:

- ne potrebujejo temelja, saj je že sama teža ograje dovolj velika, da v primeru trka vozila ne pride do premika ograje,
- vzdrževanje je cenejše,
- na njih lahko montiramo protihrupne ograje, drogove javne razsvetljave, razne jeklene ročaje za povečanje višine ograje (zaščita višjih vozil).

Izdelamo jih lahko z na mestu vgrajenim betonom, s fiksnim opažem ali drsnim opažem, najpogosteje se uporabljajo kar betonski montažni elementi. Pri pritrjevanju betonske varnostne ograje so možne naslednje izvedbe: mokro sidranje ograje, ograja, položena v malto in prosto položene ograje (montažni elementi).

Postavljamo jo v primerih /Vir: predlog TSC 02.210, 2003/:

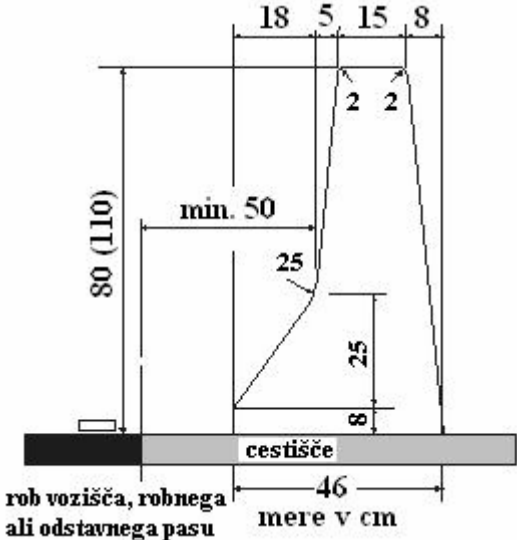
- ko z jekleno varnostno ograjo ne moremo zagotoviti zadostnega nivoja zadrževanja:
 - na cesti s po enim prometnim pasom za vožnjo v vsako smer (PLDP do 7000 vozil),
 - na cesti s po dvema prometnima pasovoma za vožnjo v vsako smer (PLDP do 39000 vozil),
- za preprečevanje razlitja nevarnih snovi v podtalnico v območju vodovarstvenega območja.

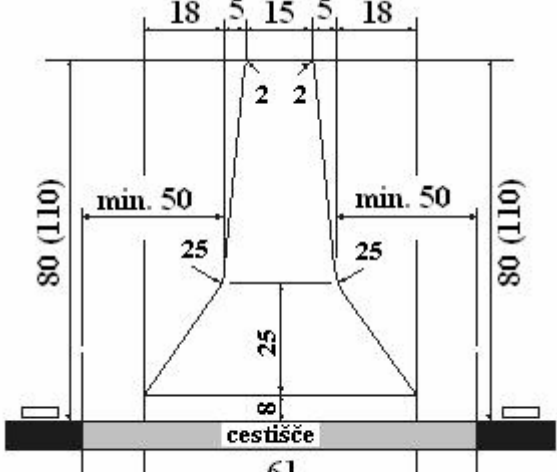
Višina ograje je odvisna od strukture prometa v PLDP-ju in znaša:

- 80 cm – do 15 % tovornih vozil in avtobusov v strukturi prometa,
- 110 cm – 15 % ali več tovornih vozil in avtobusov v strukturi prometa.

Betonska varnostna ograja je lahko *enostranska* ali *dvostranska*, kot je prikazano v tabeli 8.

Preglednica 8: Različne vrste betonskih varnostnih ograj (BVO)

VRSTA OGRAJE	SLIKA	LASTNOSTI
<p style="text-align: center;">Enostranska BVO</p>	 <p style="text-align: center;">merek v cm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • za zadrževanje vozil z ene smeri

<p>Dvostranska BVO</p>	 <p>rob vozišča, robnega ali odstavnega pasu mere v cm rob vozišča, robnega ali odstavnega pasu</p>	<ul style="list-style-type: none">• za zadrževanje vozil z obeh smeri
-----------------------------------	---	---

Za betonsko varnostno ograjo » New Jersey « so se kasneje razvile še naslednje betonske ograje:

- ograj F oblike, ki je podobna » New Jersey « ograji, samo da ima drugačne kote profila ograje in je tudi veliko višja,



Slika 45: Betonska varnostna ograja F oblike

- ograja s konstantnim naklonom, ki ima enak naklon stranice od dna do vrha ograje,



Slika 46: Betonska varnostna ograja s konstantnim naklonom

- GM ograja, razvili so jo General Motors in Texas Transportation Institute of Texas A&M University.



Slika 47: GM varnostna ograja

Glavna razlika med zgoraj naštetimi ograjami in ograjo » New Jersey « je predvsem v višini in širini ograje ter višini preloma med spodnjim in zgornjim nagibom ograje.

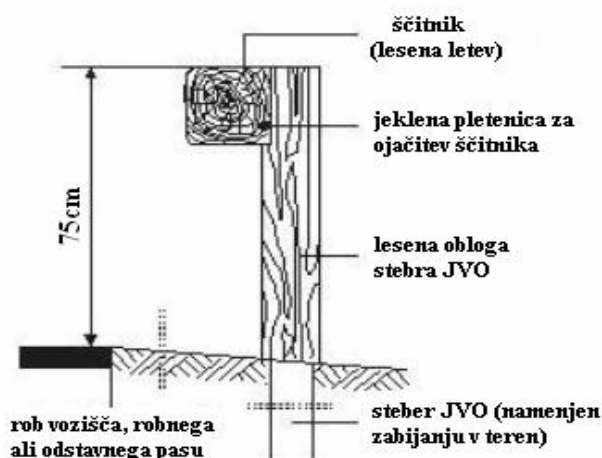
Lesene varnostne ograje (LVO)

Od vseh varnostnih ograj se lesene uporabljajo še najmanj. Uporabimo jih predvsem na nizko prometnih cestah, kjer zaradi različnih razlogov (estetski, naravovarstveni) ne smemo postaviti jeklenih ali betonskih varnostnih ograj. Namenjene so zadrževanju vozil in preprečevanju zletov oziroma zdrsu vozil s ceste z ene strani.

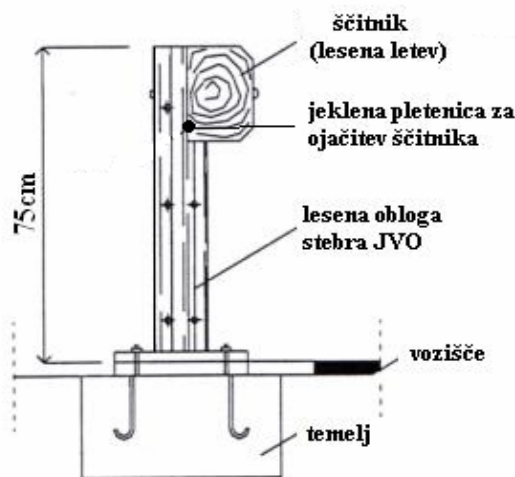


Slika 48: Lesena varnostna ograja (LVO)

Lesena ograja je sestavljena iz jeklenega stebra, ki je oblečen v les. Jeklen steber se lahko zabije v teren ali pa ga pritrdimo s podložno ploščo na sidrno ploščo, vgrajeno v betonski temelj. Stebri se postavljajo na razdalji 2 m in 4 m. Tako oblečeni stebri so med seboj povezani z eno ali dvema vodoravnima letvama, ojačenima z jekleno pletenico in s tem prenašajo obremenitev na celotno ograjo.



Lesena varnostna ograja, pritrjena na jeklen steber /Vir: predlog TSC 02.210, 2003/



Slika 49: Steber lesene varnostne ograje, pritrjen na sidrno ploščo

5.2.1.2 Pogoji postavitve varnostne ograje

Varnostno ograjo je obvezno treba postaviti v naslednjih primerih /Vir: predlog TSC 02.210, 2003/:

- cesta prečka vodovarstveno območje izven naselja,
- v bližini drugih prometnih površin (če vzporedno ali ob peti brežine z nagibom strmejšim od 1 : 3 poteka železniška proga ali druga prometna površina),
- na nasipu (pomembni parametri so višina nasipa, povprečni nagib brežine nasipa ali terena in oddaljenost začetka brežine od roba vozišča oziroma roba odstavnega pasu),
- na ločilnem pasu (postavitev je odvisna od širine ločilnega pasu in PLDP-ja, v primeru, da je širina ločilnega pasu < 8 m, je postavitve obvezna),
- v vkopu/useku (nevarnost zdrsa vozila zaradi gladkosti brežine ali površine med vkopom/ usekom in voziščem),
- v območju nevarne ovire, ki je oddaljena za ≤ 10 m od roba vozišča oziroma roba robnega ali odstavnega pasu (nevarno oviro predstavljajo: vodna ovira z globino vode s srednjim vodostajem ≥ 2 m, drevesa premera ≥ 15 cm, portalni in polportalni nosilci, stebri cestne razsvetljave in daljnovoda, objekt z vnetljivimi snovmi),

- v naselju:
 - cesta poteka po visokem nasipu, oddaljenem od roba vozišča ≤ 6 m,
 - cesta gre preko objekta, ki premošča vodotok, železniško progo ali drugo prometno površino,
 - cesta poteka vzporedno vodotoku z globino vode s srednjim vodostajem ≥ 2 m in je za ≤ 6 m oddaljen od roba vozišča,
 - cesta poteka ob opornem zidu, oddaljenem od roba vozišča ≤ 6 m.

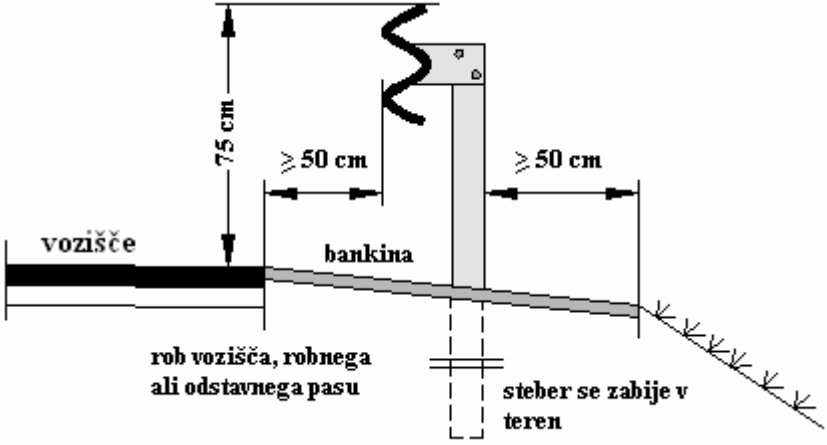
V naselju postavitve varnostne ograje, razen v zgoraj naštetih primerih, ni potrebna.

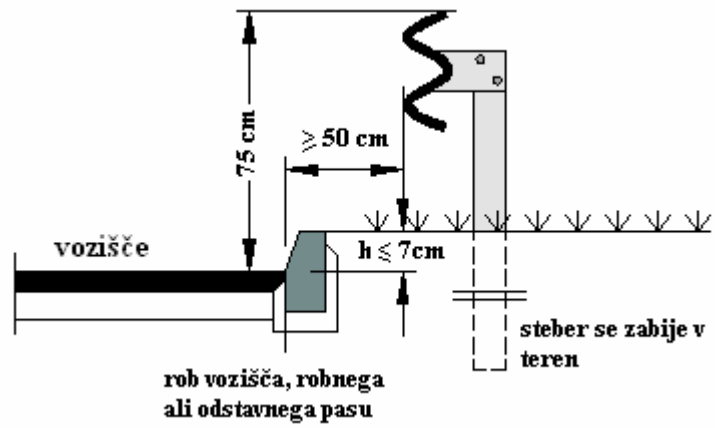
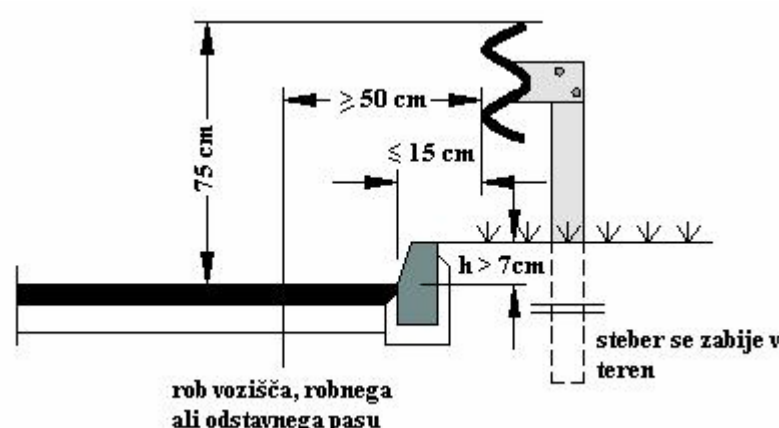
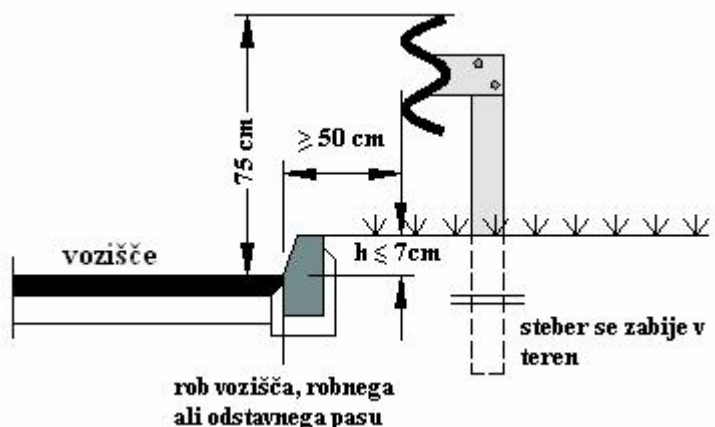
5.2.1.3 Načini postavitve varnostne ograje

V tem poglavju so v tabelah uporabljene naslednje kratice:

- JVO – jeklena varnostna ograja,
- BVO – betonska varnostna ograja,
- LVO – lesena varnostna ograja.

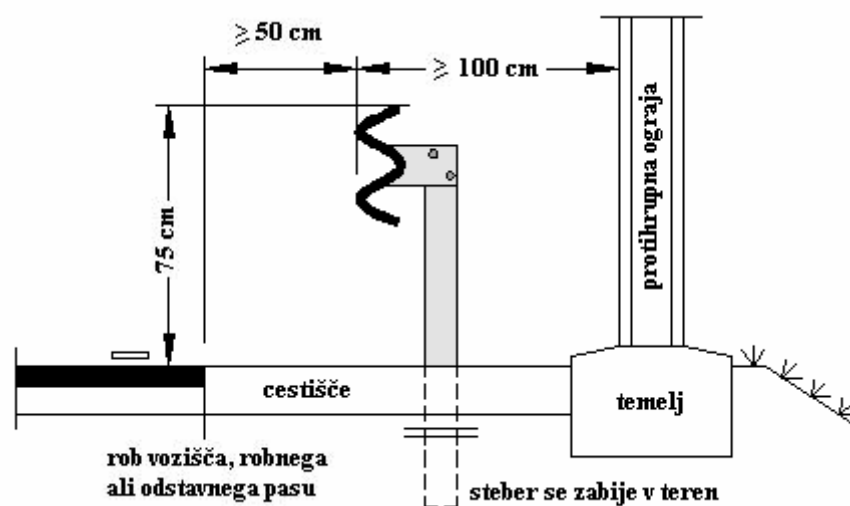
Preglednica 9: Različni načini postavitve varnostnih ograj

POSTAVITEV	SLIKA
<p>Na bankini</p>	<ul style="list-style-type: none"> • velja za JVO in LVO 

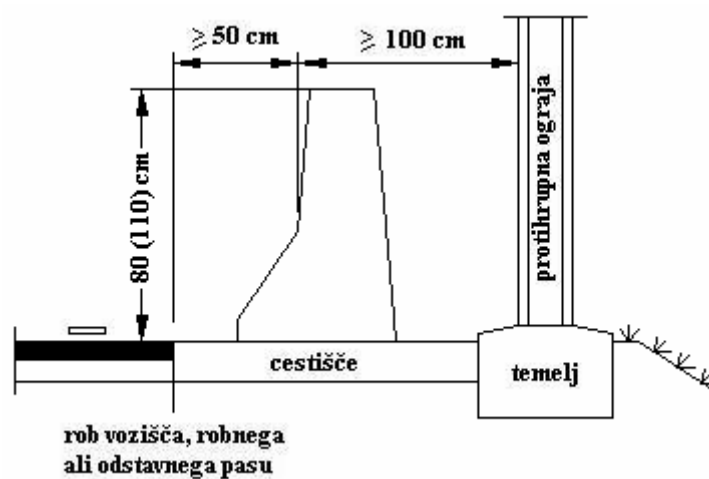
<p>Ob robniku - velja za JVO in LVO</p>	<ul style="list-style-type: none">visokem $h \leq 7$ cm  <p>vozišče</p> <p>rob vozišča, robnega ali odstavnega pasu</p> <p>75 cm</p> <p>≥ 50 cm</p> <p>$h \leq 7$ cm</p> <p>steber se zabije v teren</p> <ul style="list-style-type: none">prehod v območje »visokega« robnika ($h > 7$ cm)  <p>rob vozišča, robnega ali odstavnega pasu</p> <p>75 cm</p> <p>≥ 50 cm</p> <p>≤ 15 cm</p> <p>$h > 7$ cm</p> <p>steber se zabije v teren</p> <ul style="list-style-type: none">prehod v območje »nizkega« robnika ($h \leq 7$ cm)  <p>vozišče</p> <p>rob vozišča, robnega ali odstavnega pasu</p> <p>75 cm</p> <p>≥ 50 cm</p> <p>$h \leq 7$ cm</p> <p>steber se zabije v teren</p>
--	--

Za zaščito
pred oviro

- ne velja za LVO
- velja za JVO

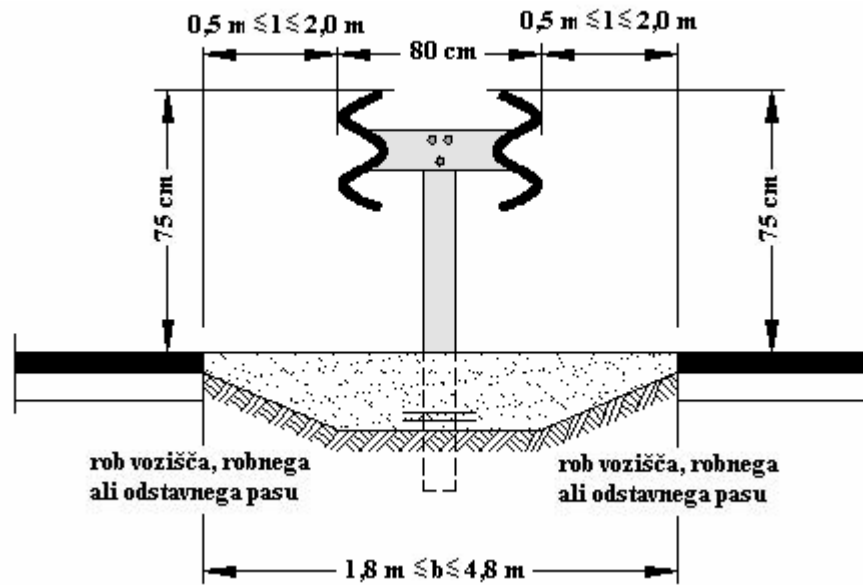


- velja za BVO

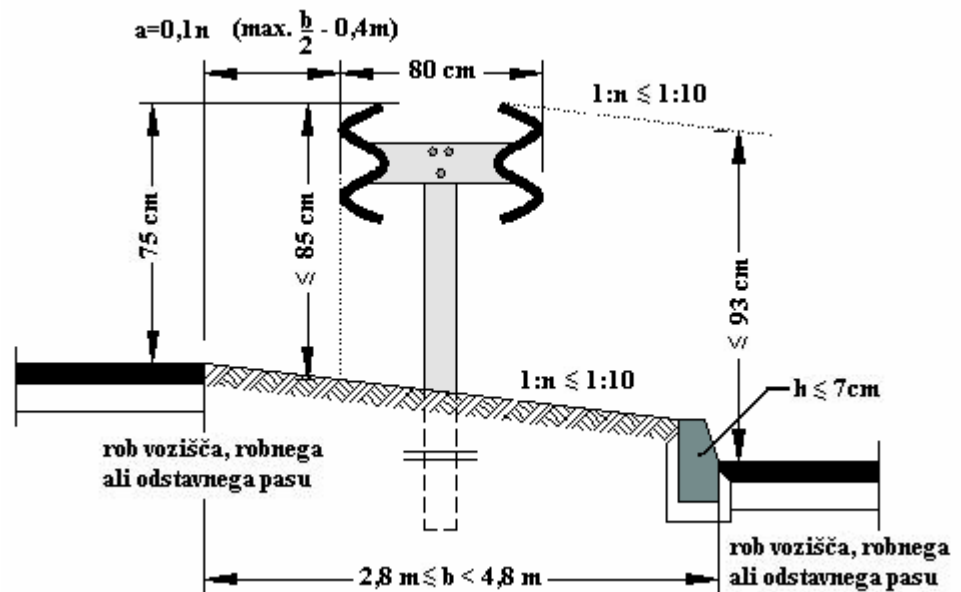


Na ločilnem pasu

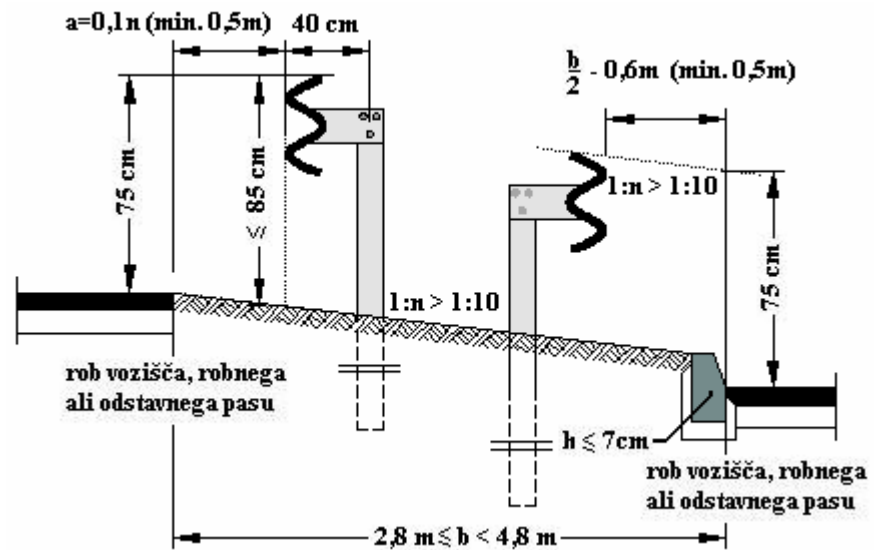
- na ločilnem pasu se LVO ne postavlja
- dvostranska JVO z distančnikom



- dvostranska JVO z distančnikom, s prečnim nagibom $1 : n \leq 1 : 10$

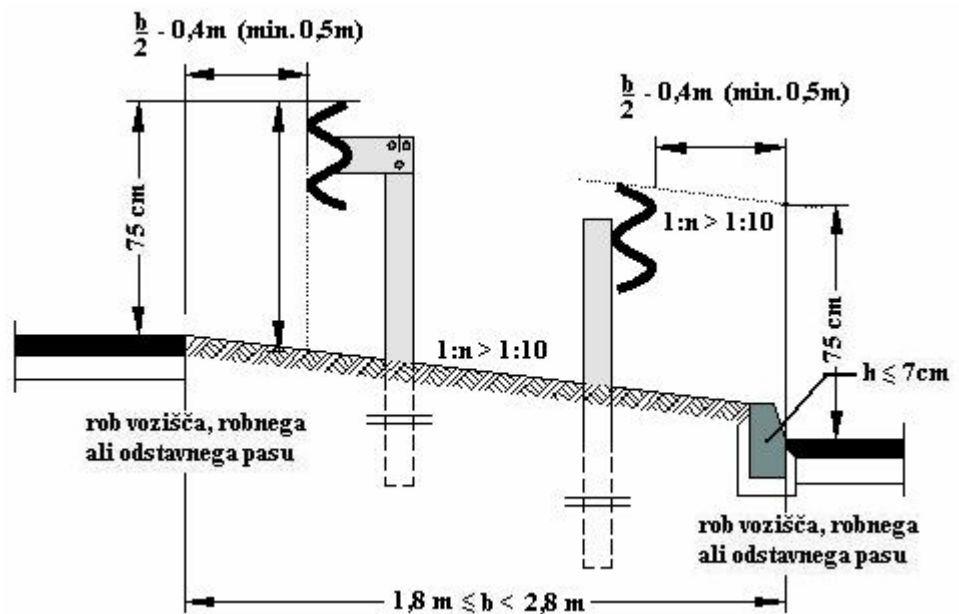


- kombinacija dveh enostranskih JVO z distančnikom, s prečnim nagibom $1 : n > 1 : 10$



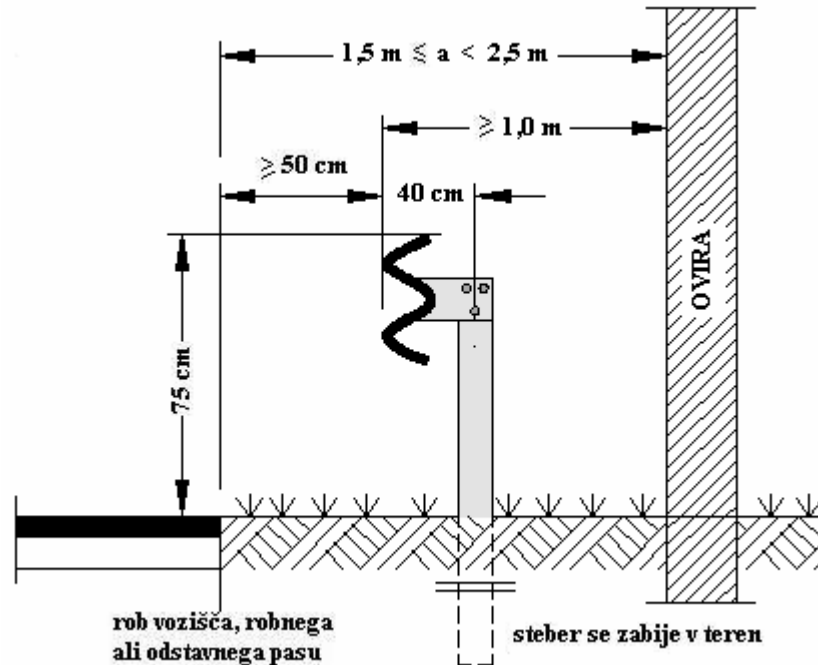
Na ločilnem pasu

- kombinacija enostranske JVO z distančnikom in enostranske JVO brez distančnika, s prečnim nagibom $1 : n > 1 : 10$

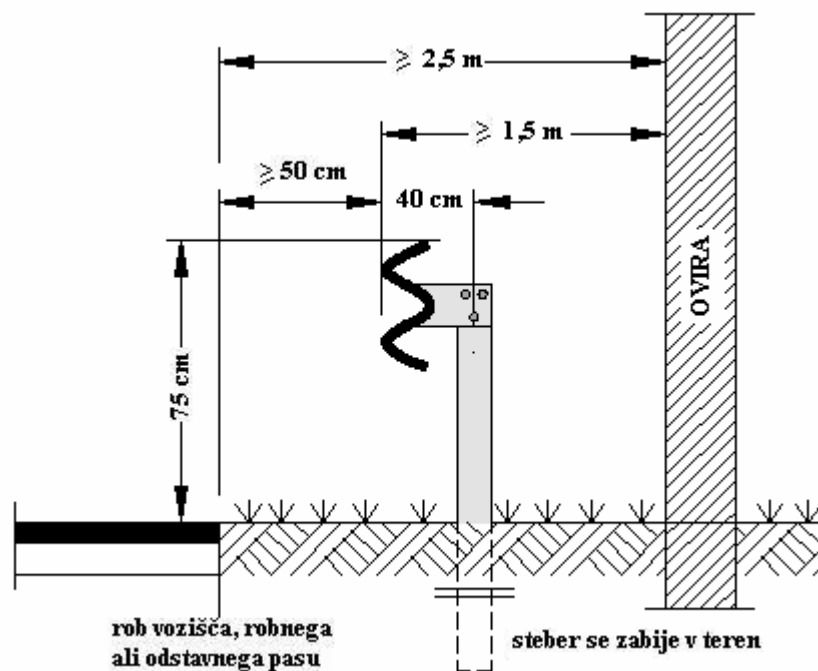


Na ločilnem pasu z oviro

- enostranska JVO z distančnikom, pri oddaljenosti ovire $1,5\text{ m} \leq a < 2,5\text{ m}$ od roba vozišča, roba robnega ali odstavnega pasu



- enostranska JVO z distančnikom, pri oddaljenosti ovire $a \geq 2,5\text{ m}$ od roba vozišča, roba robnega ali odstavnega pasu

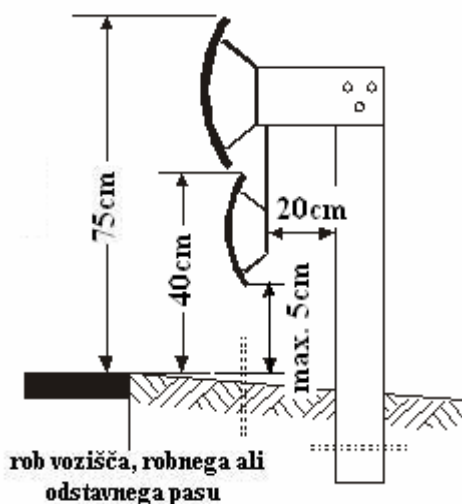


5.2.1.4 Varnostne ograje in motoristi

Za motoriste varnostne ograje predstavljajo veliko nevarnost, saj pri padcih lahko pride do hudih poškodb ali celo smrti. Pri jeklenih varnostnih ograjah nevarnost predstavljajo stebrički pod odbojnikom, v primeru betonskih varnostnih ograj pa je problem, ker motorist absorbira vso kinetično energijo, ki nastane ob trku. V Sloveniji se najpogosteje za zaščito motoristov montira dodatno letev pod odbojnikom, ki jih proizvaja podjetje Petrič d.o.o. .



Slika 50: Motoristična letev na JVO



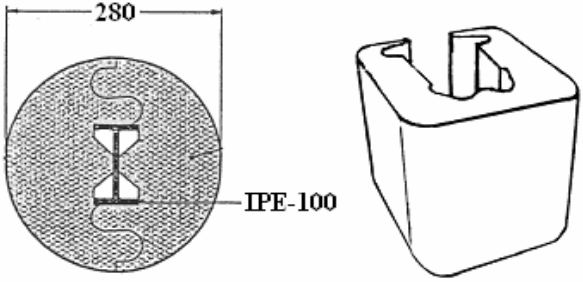

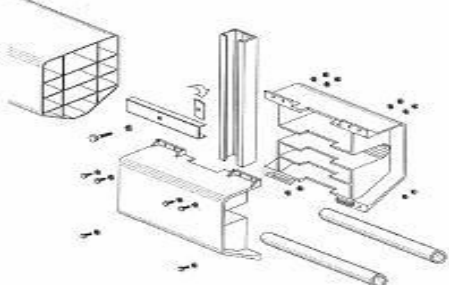

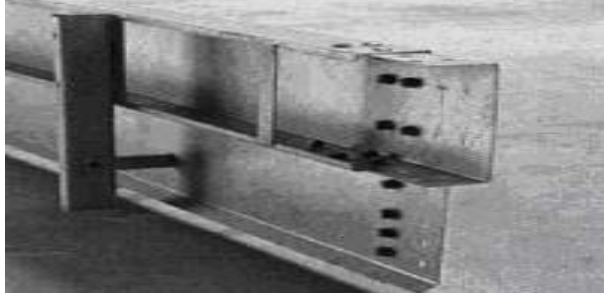
Letev je dolžine 4250 mm in se lahko montira na vsako že obstoječo jekleno varnostno ograjo. Maksimalna razdalja med letvijo in odbojnikom znaša 50 mm, na zaključkih pa se montira posebna zaključnica.

Ograja z dodatno zaščito za motoriste

/Vir: predlog TSC 02.210, 2003/

Poznamo tudi druge načine zaščite za motoriste, ki se uporabljajo drugod po Evropi, kot so prikazani v tabeli 10.

Preglednica 10: Zaščita za motoriste

<p><u>Gumijasta zaščita za stebriček (CBP)¹⁴</u></p> <ul style="list-style-type: none">• absorbira del energije ob trku• uporabljajo jo predvsem v Avstriji in Nemčiji	
<p><u>Kovinska zaščitna plošča (Shield)</u></p> <ul style="list-style-type: none">• namesti se jo pod odbojnikom, tudi na že obstoječe ograje• ta tip se uporablja predvsem v Franciji• v Sloveniji uporabljamo podoben način (proizvajalec Petrič d.o.o.)	
<p><u>Zaščita iz plastike (Plastrail)</u></p> <ul style="list-style-type: none">• razvili so jo Franciji• da se pritrditi na že obstoječe ograje	
<p><u>Zaščita s plastičnimi cevmi (Mototub)</u></p> <ul style="list-style-type: none">• razvili so jo Franciji• narejen iz 70 % recikliranega materiala• da se pritrditi na že obstoječe ograje	
<p><u>Motorail</u></p> <ul style="list-style-type: none">• razvili so jo Franciji• služi za zaščito tako vozil kot motoristov• ima minimalno agresivno obliko robov	

¹⁴ CBP – Crash Barrier Protector

5.2.2 Varovalne ograje in prehodi za divjad

Z gradnjo cest ljudje posegamo na teritorij različnih vrst tako majhnih kot večjih živali. Ker živali ne vedo, kako nevarno je prečkanje ceste, moramo pri samem načrtovanju ceste upoštevati mesta, kjer živali najpogosteje prečkajo cesto ali se v njeni bližini zadržujejo. Ob cestah z večjo dovoljeno hitrostjo (avtocesta, hitra cesta) v ta namen postavimo varovalno ograjo, ki varuje promet na cesti pred divjadjo in drugimi živalmi. Na nižje kategoriziranih cestah pa na nevarnost prehoda divjadi preko vozišča opozorimo voznike s prometnim znakom. Poleg varovalnih ograj se za prečkanje cest uporabljajo še razni drugi prehodi za živali, kot so nadvozi, tuneli, kanali pod cesto in cevi.

5.2.2.1 Varovalne ograje

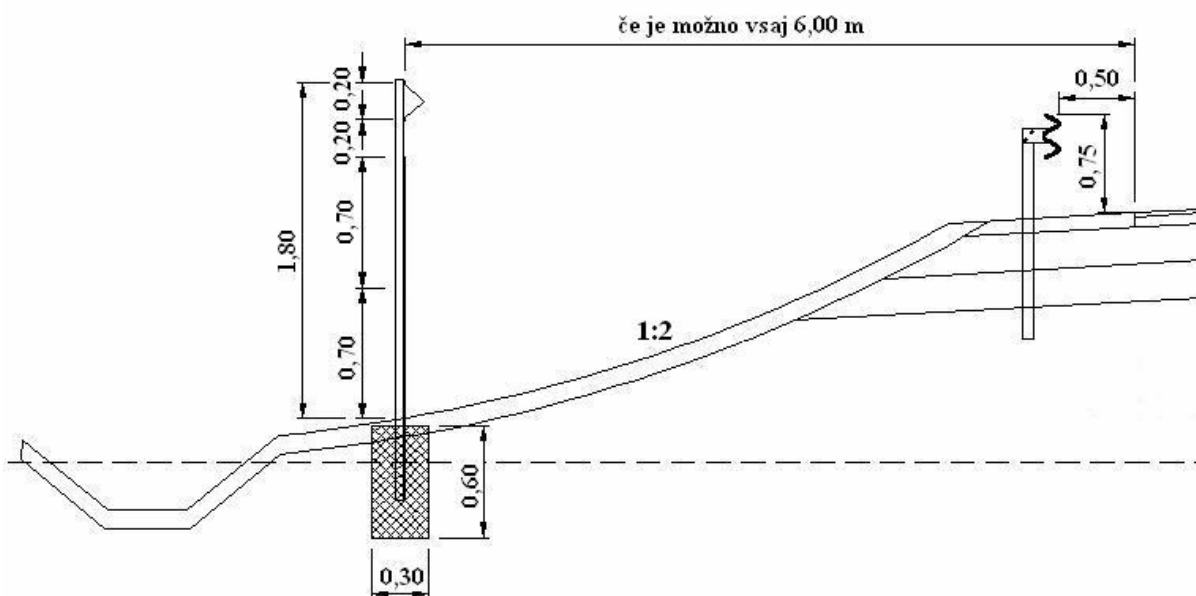
Izdelane morajo biti iz materialov, ki so obstojni proti koroziji in vplivom ultravijolične svetlobe. Varovalne ograje služijo za:

- varovanje prometa na cesti pred divjadjo in drugimi živalmi,
- vodenje in usmerjanje divjadi in manjših živali proti mestom, namenjenim za njihovo varno prečkanje ceste,
- uporabljamo pa jih tudi na nadvozih za zaščito prometa na cesti ali železniški progi, ki poteka pod nadvozom.

V Sloveniji se na avtocestah za zaščito pred divjadjo uporabljajo predvsem mrežne in električne ograje. Električne ograje divjad ob dotiku stresejo in jih na ta način odvrnejo od prečkanja ceste, hkrati pa za njih niso nevarne.

Mrežna ograja je sestavljena iz napenjalnih, vogalnih in zaključnih stebrov, na katere se pritrdi mreža s pritrdilnimi (veznimi) elementi. Stebri so postavljeni na razdalji približno 25 m in podprti z eno do dvema diagonalama. Med njih se postavi na razdaljah od 3,5 m do 4,5 m vmesne stebre. Vmesni stebri služijo kot vodilo napenjalne žice, na katero je pritrjena mreža. Po Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Uradni list RS, št. 46/31.5.2006) mora višina varovalne ograje znašati najmanj 1,8 m, od tega mora višina mreže ali pletiva znašati 1,4 m. Nad mrežo ali pletivom se napne najmanj dve žici na medsebojni

oddaljenosti 0,2 m. Mreža ali pletivo sme biti od terena dvignjena največ 0,05 m. Spodnji del mreže ali pletiva se lahko po potrebi na višini 0,5 m izvede z gostejšim vzorcem mreže ali pletiva in služi kot zaščita prehoda dvoživk. Pri postavitvi varovalne ograje, če to dopušča širina cestnega sveta, je zaželena oddaljenost od roba vozišča 6 m, s čimer se ognemo možnim mehanskim poškodbam, ki bi lahko nastale na primer v primeru pluženja snega.



Postavitev varovalne ograje na brežini

/Vir: Božić, M. 2003. Varnostne ograje ob cestah. Diplomaska naloga/

Kot je bilo omenjeno, varovalne ograje uporabljamo tudi na nadvozih za zaščito prometa na cesti ali železniški progi (zaščita vodov visoke napetosti), ki poteka pod nadvozom. S tem mislim predvsem na padce raznih predmetov ali spluženega snega z nadvoza na prometno površino pod njim. Mreže ograj na nadvozih so zaradi večje odpornosti na mehanske udarce varjene in jim je mogoče prilagajati višino in širino ograje.



Slika 51: Varovalna ograja na nadvozu preko AC

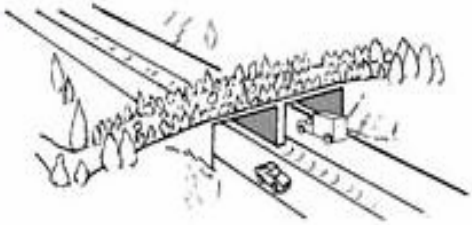





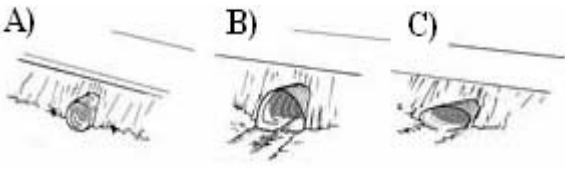
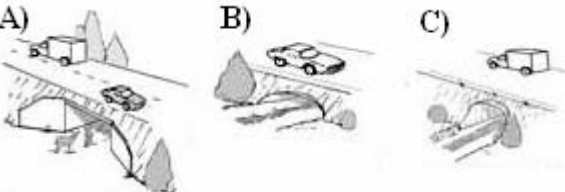
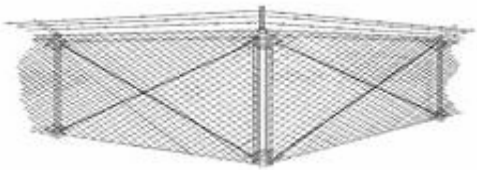
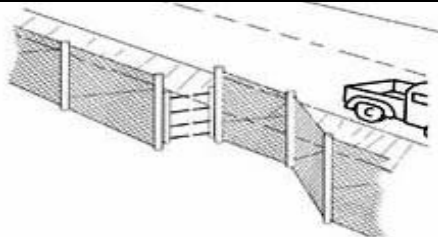
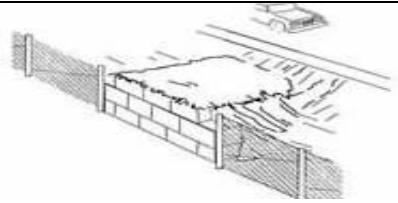
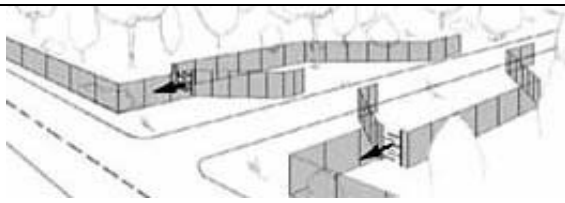
Slika 52: Varovalna ograja na nadvozu preko železniške proge

5.2.2.2 Prehodi za divjad

Ker so prečkanja divjadi preko ceste zelo nevarna tako za divjad kot za udeležence v cestnem prometu, je potrebno to preprečiti. Potrebno je analizirati mesta, kjer divjad najpogosteje prečka cestno površino, in ta mesta ustrezno zaščititi. Poznamo več različnih ukrepov, s katerimi preprečujemo prečkanje cest divjadi.

Preglednica 11: Različni objekti za prečkanje divjadi

<p>Nadvozi</p>		<p>Omogočajo prečkanje divjadi preko cestišča in so ponavadi prekriti z zemljo in vegetacijo.</p>
<p>Mostovi in viadukti</p>	<p>Omogočajo prečkanje pod mostom ali viaduktom.</p>	
		<p>most</p>
		<p>viadukt</p>
<p>Kanali pod cestiščem</p>	<p>Služijo prečkanju divjadi in drugih živali pod cestiščem. Biti morajo čim bolj ravni in kolikor se le da kratki, saj je pomembno, da živali vidijo svetlobo na drugi strani. Imeti morajo čim bolj naraven videz (po tleh zemlja, zasajena vegetacija), saj morajo nuditi tudi varno prečkanje manjših živali pred plenilci.</p>	
		<p>Škatlasti kanal: A) pravokoten, kvadraten B) večprekatni</p>

		<p>Cevasti kanali:</p> <p>A) okrogla cev</p> <p>B) cevni lok</p> <p>C) elipsasta cev</p>
		<p>Kanali z naravnim dnom:</p> <p>A) pravokoten, kvadraten</p> <p>B) nizek lok</p> <p>C) visoki lok</p>
Ograje		<p>Namenjene so ustavitvi gibanja divjadi v določeno smer.</p>
Naprave za izhod	<p>Živalim omogočajo enostaven izhod s cestne površine, obenem pa onemogočajo vrnitev nazaj nanjo.</p>	
		<p>zapornica, ki se odpira samo v eno smer</p>
		<p>izhodna klančina</p>
		<p>lijakast izhod</p>

V vseh zgoraj naštetih možnostih za varno prečkanje cestišča se divjad usmerja s pomočjo varovalnih ograj.

Še nekaj slik prehodov za divjad:



Slika 53: Cevasti kanali



Slika 54: Kanali z naravnim dnom



Slika 55: Varovalna ograja



Slika 56: Nadvozi za živali



Slika 57: Viadukt

6 JAVNA RAZSVETLJAVA

Razsvetljena pot je potreba ljudi že več stoletij. Ljudje se temačnih področij izogibamo, ker se tam počutimo slabo. Znano je, da se v nočnem času zgodi večje število kriminala, saj storilci lažje skrijejo svojo identiteto. Oblike kriminala, ki se pojavlja najpogosteje v temi, so: tatvine, vlomi v vozila in stanovanja, napadi na ljudi na ulicah ...

V cestnem prometu želimo zagotoviti tako kvalitetno razsvetlavo, da je odvijanje cestnega prometa varno in nemoteno. Predvsem kritične točke, kot so križišča, prehodi za pešce in kolesarje, ostrejša krivine, mostove, predore in cestno signalizacijo, je potrebno čim bolj osvetliti. V nočnem času se kljub manjšemu deležu prevoženih kilometrov (25 %) v primerjavi z dnevnim (75 %) pripeti večje število prometnih nesreč. Poleg teme je za nastanek prometnih nesreč »krivih« več dejavnikov, kot na primer: alkohol, utrujenost voznika, neizkušenost voznikov začetnikov, vremenski pogoji, starost voznikov (starejši slabše vidijo in slabše reagirajo) in podobno.

Zaradi zgoraj naštetih vzrokov je potrebno javno razsvetlavo izvesti tako, da z njo dvignemo nivo osvetljenosti okolja in vidne sposobnosti udeležencev v cestnem prometu (vozniki motornih vozil, kolesarji, pešci). Na ta način močno izboljšamo celotno stanje tako, da je nočna vožnja vsaj približno podobna dnevni. V naseljih pa z javno razsvetlavo dosežemo tudi neprometne učinke, eden izmed njih je zmanjšanje možnosti za kriminalna dejanja.

6.1 Kvalitetna javna razsvetljava

Pri določevanju kvalitetne javne razsvetljave je potrebno za obravnavano prometno površino določiti ustrezno svetlobnotehnično situacijo, ki je odvisna od hitrosti prometa in udeležencev v prometu.

Osnovna razvrstitev svetlobnotehničnih situacij /Vir: Priporočila SDR: Cestna razsvetljava PR 5/2, 2000/

Tipična hitrost glavnih udeležencev v prometu	Glavni udeleženci v prometu	Ostali udeleženci v prometu, ki jim je dovoljena uporaba prometne površine	Skupine udeležencev, ki jim uporaba prometne površine ni dovoljena	Skupina situacij
Visoka (> 60 km/h)	M	-	TKP	A1
		T	KP	A2
		TKP	-	A3
Zmerna (> 30 km/h in < 60 km/h)	MT	KP	-	B1
	MTK	P	-	B2
	K	P	MT	C1
Nizka (> 5 km/h in < 30 km/h)	MP	-	TK	D1
		TK	-	D2
	MK	TP	-	D3
	MTKP	-	-	D4
Zelo nizka (peš hoja)	P	-	MTK	E1
		MTK	-	E2

M – motorni promet, K – kolesarji, P – pešci, T – počasni promet (traktorji, vprežna vozila)

Pomen posameznih skupin:

- **skupina A** (A1, A2, A3) – so prometne situacije, kjer poteka promet od enega do drugega področja direktno (večja naselja),
- **skupini B** (B1, B2) **in C** (C1) - so prometne situacije znotraj večjega področja,
- **skupini D** (D1, D2, D3, D4) **in E** (E1, E2) – so prometne situacije v naseljenem področju s počasnim prometom.

Poleg svetlobnotehnične situacije je za kakovostno razsvetljavo pomemben tudi svetlobnotehnični razred, ki vsebuje zahteve, katere morajo biti na določeni lokaciji izpolnjene, da je zagotovljena kakovostna razsvetljava. Svetlobnotehnični razred delimo na naslednje skupine:

- **razredi skupine M** – uporabljajo se za razsvetljavo prometnic, kjer je vidna razdalja minimalno 60 m, da lahko uporabimo koncept svetlosti¹⁵ in deloma tudi za razsvetljavo stanovanjskih področij;
- **razredi skupine C** – uporabljajo se za razsvetljavo križišč, križišč s krožnim prometom, prehodov iz dveh pasov v enega, nakupovalne ceste in površine za pešce in kolesarje. Vidna razdalja je v tem primeru krajša od 60 m. Razredi skupine C so določeni na osnovi osvetljenosti¹⁶;
- **razredi skupine P in A** – uporabljajo se za razsvetljavo površin z majhno hitrostjo odvijanja prometa (površine za pešce in kolesarje, odstavniki, parkirišča). Za razred skupine P je osnovni kriterij vodoravna osvetljenost, za razred skupine A pa polkrogelna osvetljenost¹⁷ in se bolj uporablja v Skandinaviji, v Sloveniji le izjemoma;
- **razredi skupine PC** – so predvideni kot dodatna skupina razredov, tam kjer je večja zahteva po razpoznavanju oseb in predmetov ter na področjih, kjer je večja nevarnost kriminala. Kot merilo velja nivo polcilindrične osvetljenosti¹⁸;
- **razredi skupine EV** – so dodatna skupina razredov, ki se jih uporablja za večje zaznavanje navpičnih površin (cestninske postaje, zapornice ...), kot osnovni kriterij vrednotenja razsvetljave pa se uporablja nivo navpične osvetljenosti¹⁹.

¹⁵ *Svetlost* (enota: cd/m²) je količina svetlobe, ki se odbije v naše oko od opazovane površine. Uporablja se kot merilo pri površinah, namenjenih hitremu prometu (AC, HC, regionalne in lokalne ceste, večje prometnice v mestih). Položaj in smer voznika sta dokaj točno definirana.

¹⁶ *Osvetljenost* (enota: lx) je količina svetlobe, ki pade na neko površino. Uporablja se na površinah, kjer je smer in pogled opazovalca težko določiti (površine za pešce in kolesarje).

¹⁷ *Polkrogelna osvetljenost* je razmerje med svetlobnim tokom, ki pada na majhno polkroglo (osnova polkrogle je na vodoravni površini) in med površino polkrogle.

¹⁸ *Polcilindrična osvetljenost* (enota: lx) je razmerje med svetlobnim tokom, ki ukrivljeno pada na površino majhnega polvalja (polcilindra) in med površino polcilindra.

¹⁹ *Navpična osvetljenost* (enota: lx) je osvetljenost na navpični površini.

Za kvalitetno javno razsvetljavo je potrebno zagotoviti /Vir: Bizjak, G. 2006. Kakovostna cestna razsvetljava, str. 5,6. <http://www.adj.si/old/MesecniSestanki/> (17.11.2006)/:

1. Ustrezen nivo svetlosti oziroma osvetljenosti

Ta nivo se sčasoma zmanjšuje (svetilke se zaprašijo, svetlobni viri odpovedujejo), zaradi česar se pri planiranju svetlosti oziroma osvetljenosti upošteva rezerva (običajno 25 % višja vrednost), da s tem preprečimo prepogosta draga vzdrževalna dela. Razsvetljavo je potrebno obnoviti, ko pade svetlost oziroma osvetljenost na 70 %.

2. Ustrezna enakomernost svetlosti oziroma osvetljenosti prometne površine

V primeru neenakomernosti je v temnejših delih težje ali nemogoče opaziti možno oviro ali nevarnost na cesti. Do temnih con pride, če so svetilke med seboj na preveliki oddaljenosti v primerih, ko ne gorijo vse svetilke, bodisi zaradi varčevanja z energijo ali okvare svetilke.

3. Omejevanje bleščanja

Omejevanje bleščanja je pomembno pri načrtovanju javne razsvetljave. Namreč večja ko je svetlost motečega objekta oziroma bližje, ko je objekt smeri pogleda, tem večje bo bleščanje. Bleščanju se v celoti nikoli ne moremo povsem izogniti, lahko pa ga s primerno izbiro in namestitvijo zmanjšamo na sprejemljiv nivo.

4. Smer svetlobe in sence ter barva svetlobe

Smer svetlobe pogojuje obliko in velikost senc, ki lahko motijo ustrezno zaznavanje okolice. Barva svetlobe pa podaja sposobnost svetlobe ustrezno reproducirati barve (s tem dobimo več informacij o okolici).

5. Vertikalna osvetljenost

Pomembna je predvsem pri razsvetljavi površin, namenjenim pešcem, saj jim omogoča, da hitreje zaznajo osebe, ki se jim približujejo.

Javna razsvetljava mora biti izvedena tako, da omogoča udeležencem v prometu opaziti ali prepoznati meje in potek prometne površine, dovoze in križišča, ovire na prometni površini ter položaj in gibanje drugih udeležencev v prometu. Pomembno je tudi, da pri prehodu iz

osvetljenega v neosvetljeni del ceste svetlost postopno zmanjšujemo, da se oči udeleženca v prometu lahko privadijo na nove razmere. Pri javni razsvetljavi cest je potrebno poleg zagotavljanja primerne svetlosti omejiti bleščanje ter zagotoviti primerno vzdolžno enakomerno svetlost. Minimalna svetlost znaša od 0,3 do 2 cd/m² in je predvsem odvisna od gostote prometa.

Minimalna svetlost vozišča (enota: cd/m²) /Vir: Bizjak, G. 2006. Kakovostna cestna razsvetljava, str. 5,6. <http://www.adj.si/old/MesecniSestanki/> (17.11.2006)/

Ločitev smernih vozišč	Razdalje med priključki	Število križišč na km	PLDP		
			< 15.000	15.000 do 25.000	> 25.000
DA	> 3 km		0,75	1,00	1,00
	< 3 km		1,00	1,00	1,50
		< 3	0,75	0,75	1,00
		> 3	0,75	1,00	1,50
NE	> 3 km		1,00	1,50	1,50
	< 3 km		1,50	1,50	1,50
		< 3	0,75	1,00	1,50
		> 3	1,00	1,50	1,50

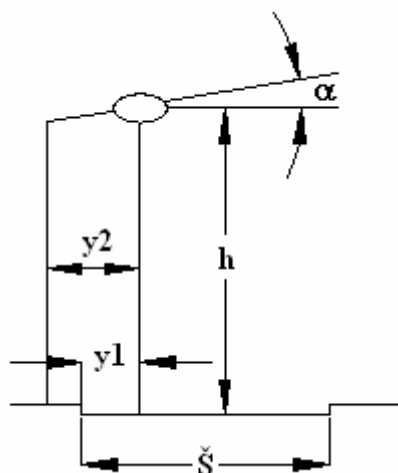
Za razliko od cest pa se pri javni razsvetljavi ulic namesto svetlosti kot kriterij za načrtovanje razsvetljave uporablja osvetljenost. Horizontalna osvetljenost tal se giblje med 2 in 15 lx in je prav tako odvisna od gostote prometa. Razsvetljava ulic mora poleg prometne površine zajeti še pločnike, kolesarske poti, dovoze na dvorišča in podobno. Pri tem pa ne sme osvetljevati fasad oziroma oken objektov. Tako kot pri razsvetljavi cest je tudi tu potrebno omejiti bleščanje, pomembna pa je tudi enakomerna osvetljenost in njena vertikalna komponenta v območjih pešcev.

Minimalna osvetljenost tal (enota: lx) /Vir: Bizjak, G. 2006. Kakovostna cestna razsvetljava, str. 5,6. <http://www.adj.si/old/MesecniSestanki/> (17.11.2006)/

Mirujoči promet	Zahtevnost orientacije	Pogostost pešcev in kolesarjev	
		običajna	večja
NE	običajna	3,0	5,0
	višja	5,0	7,5
DA	običajna	5,0	7,5
	višja	7,5	10,0

6.2 Postavitev svetilk (luči) javne razsvetljave

Postavitev svetilk je pomemben element javne razsvetljave in je odvisna od situacije ceste, svetlobnotehničnih zahtev, značilnosti odvijanja prometa in okolice (zgradbe, krajinska ureditev ...). Nikoli je ne smemo postavljati tako, da bi direktna svetloba voznika trenutno oslepila ali da je postavljena tako, da bo vzrok prometne nesreče (nalet vozila). Za geometrijo svetilke so pomembni naslednji podatki:



- h – višina montaže svetilke
- d – razdalja med svetilkami
- š – širina ceste
- α – nagib svetilke
- $y1$ – previs svetilke
- $y2$ – izteg svetilke

Prikaz geometrije naprav za razsvetljavo

/Vir: Priporočila SDR: Cestna razsvetljava PR 5/2, 2000/

Pri postavitvi svetilk moramo biti pozorni tudi na prehod z osvetljenega dela ceste na neosvetljeni. Prva možnost je, da prehod izvedemo s postopno uporabo sijalk z manjšim svetlobnim tokom. Druga možnost pa, da odseku ceste, kjer naj bi se razsvetljava že končala, izvedemo razsvetljavo s približno 1/3 svetlosti normalno osvetljenega dela ceste. Potrebna dolžina prehodnega območja je odvisna od dovoljene hitrosti vožnje.

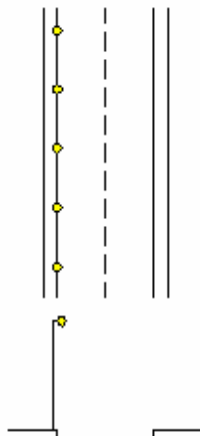
Potrebna dolžina prehodnega območja v odvisnosti od dovoljene hitrosti

/Vir: Priporočila SDR: Cestna razsvetljava PR 5/2, 2000/

Hitrost vožnje (km/h)	Potrebna dolžina prehodnega območja (m)
50	80
60	110
70	140
80	170
≥ 90	200

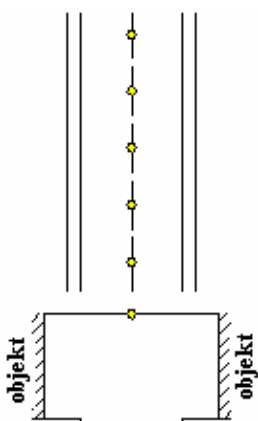
Ločimo naslednje postavitev svetilk /Vir: Priporočila SDR: Cestna razsvetljava PR 5/2, 2000/:

a) Enostranska postavitev svetilk



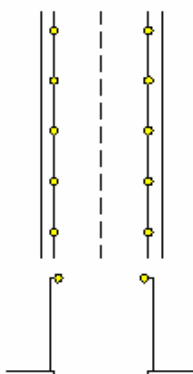
- se najpogosteje uporablja, saj zagotavlja dobro vidno vodenje²⁰,
- višina montaže svetilke (h) je najmanj enaka efektivni širini ceste (to je razdalja med svetilko in nasprotnim robom ceste).

b) Sredinska postavitev svetilk nad osjo ceste



- namenjena za mestna področja, kjer je možna pritrditev svetilk na jeklene vrvi med objekti,
- nudi dobro enakomernost svetlosti in dobro vidno vodenje,
- njena slabost je nihanje ob močnejšem vetru,
- višina montaže svetilke je približno enaka širini ceste.

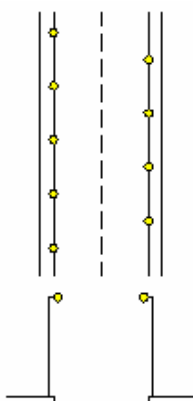
c) Dvostranska nasprotna postavitev svetilk



- uporablja se na cestah z večjo širino,
- razmerje med višino montaže svetilke in širino ceste je < 1 .

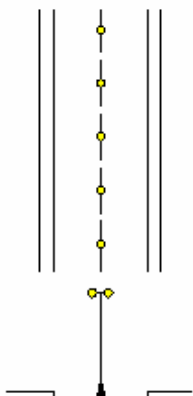
²⁰ Vidno vodenje je optično in geometrijsko sredstvo, s pomočjo katerega voznik dobi ustrezno informacijo o poteku vozišča in se nanaša na vidik zaznavanja.

d) Dvostranska zamaknjena postavitev svetilk



- uporabljamo v primerih, ko je razmerje med širino ceste in višino montaže svetilke ($\frac{\text{\textit{s}}}{\text{\textit{h}}}$) med 1 in 1,25,
- slaba stran te razporeditve je slaba vzdolžna enakomernost svetlosti zaradi zamika svetilk,
- boljša rešitev je dvostranska nasprotna razporeditev svetilk oziroma enostranska razporeditev z višjo višino drogov.

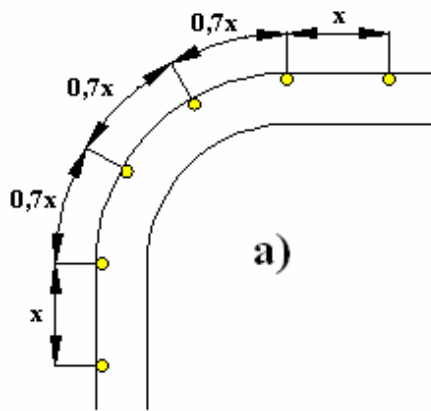
e) Dvostranska sredinska postavitev svetilk



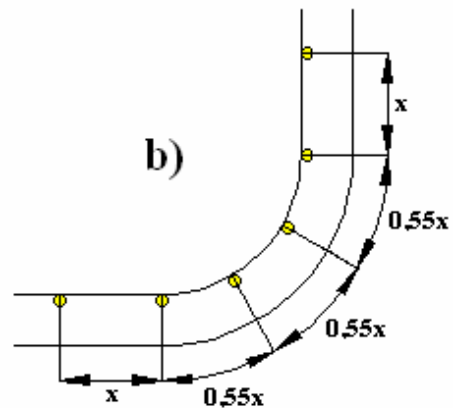
- uporablja se pri širokih cestah z ločilnim pasom,
- omogoča dobro vidno vodenje tako ponoči kot podnevi,
- dosežemo dobro enakomernost svetlosti (zato mora biti višina montaže svetilke večja od širine ceste).

f) Postavitev svetilk v zavojih

V primeru, ko je radij zavoja večji od 500 m, se svetilke postavljajo normalno, če pa je radij manjši, pa je potrebno razdalje med svetilkami v zavoju zmanjšati. Svetilke so lahko na zunanji ali notranji strani zavoja. S postavitvijo svetilk na zunanji strani dosežemo večjo enakomernost in višji nivo svetlosti, vendar pa je to bolj nevarno v primeru nesreč (hujše poškodbe). Zato je boljše postaviti svetilke na notranjo stran, pa čeprav s tem zmanjšamo vidno vodenje in svetlobnotehnične lastnosti.



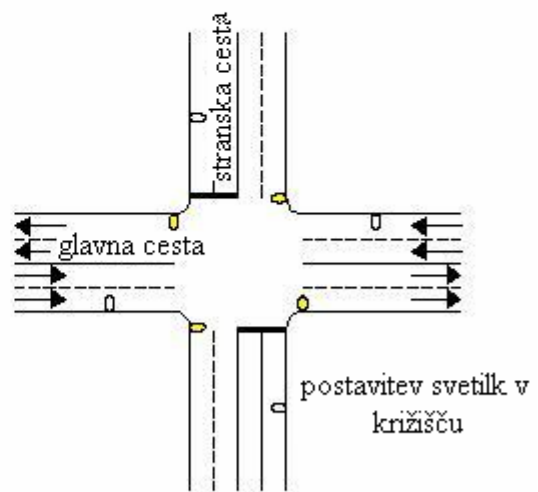
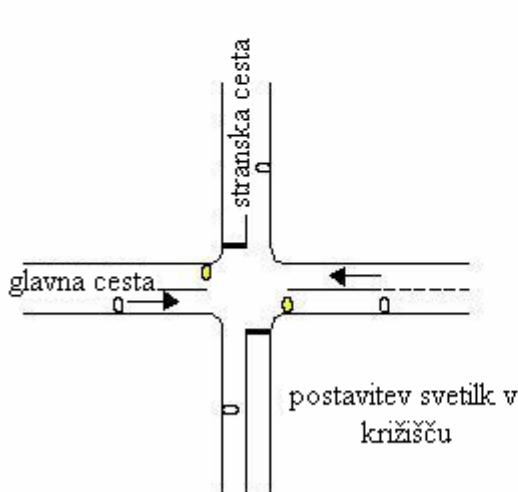
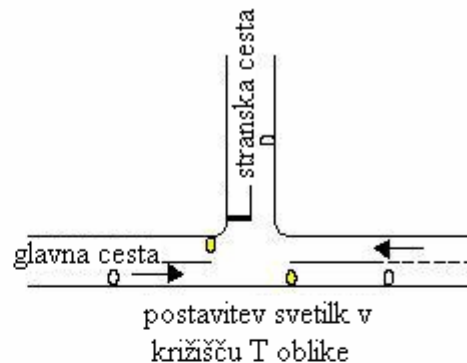
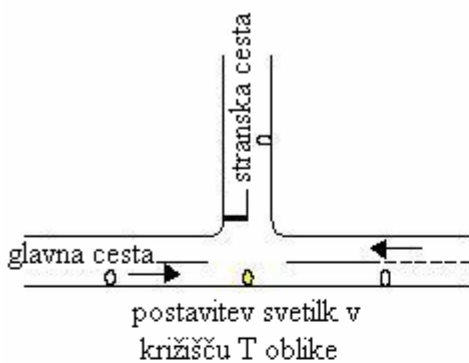
a) svetilke na zunanji strani ovinka



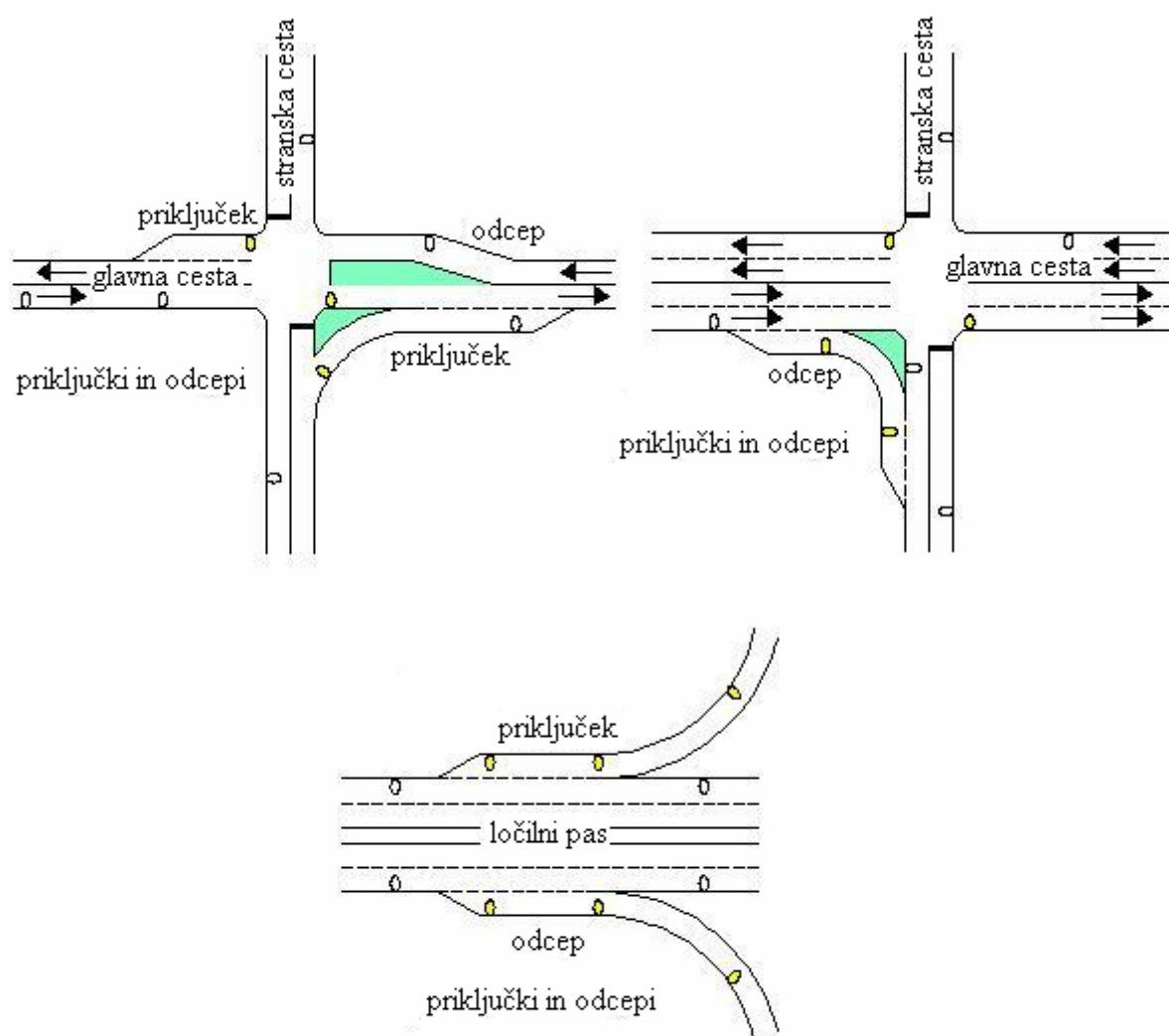
b) svetilke na notranji strani ovinka

g) Križišča in priključki

Na spodaj prikazanih slikah je postavitve svetilk in njihovo število zgolj shematična. V praksi jo je treba določiti za vsak primer posebej, ker je odvisna od vsakokratne konkretne situacije.



LEGENDA: 0 svetilke potrebne zaradi vidnega vodenja
 ● svetilke za razsvetljavo celotnih odsekov



LEGENDA: 0 svetilke potrebne zaradi vidnega vodenja
● svetilke za razsvetljavo celotnih odsekov

Shematična postavitev svetilk v križiščih in na mestih priključkov in odcepov

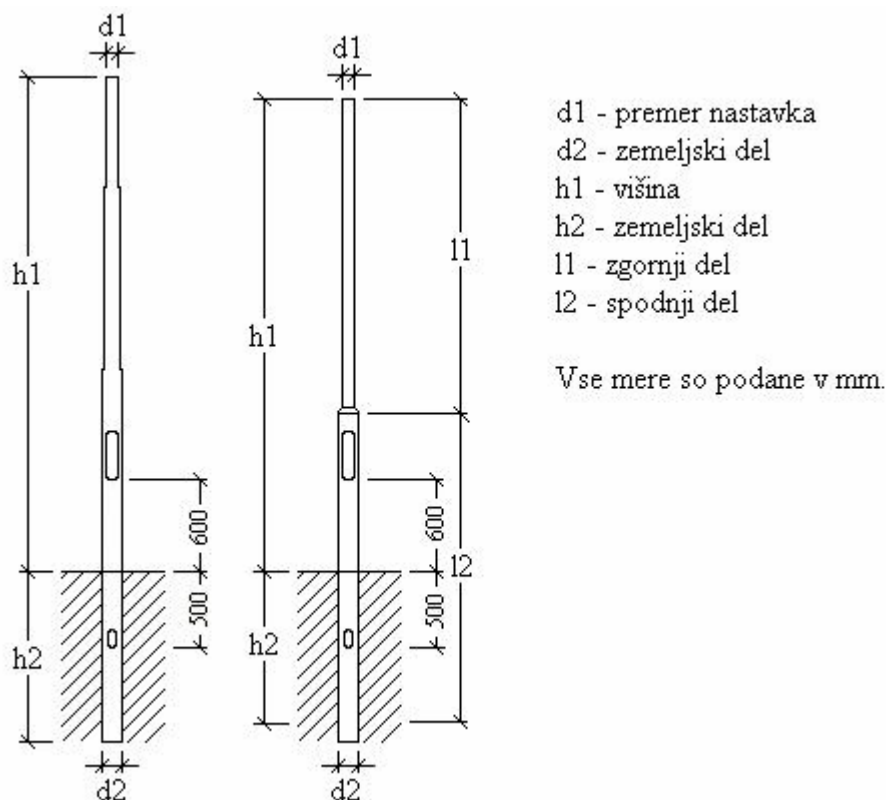
/Vir: Priporočila SDR: Cestna razsvetljava PR 5/2, 2000/

6.3 Oprema svetilk (luči)

Svetilke javne razsvetljave sestavljajo drogovi, konzole, svetilke in žarnice. Drogovi so jekleni, aluminijasti, plastični, leseni (včasih so jih uporabljali na cestah nižjega reda) in betonski. Najpogosteje se uporabljajo jekleni in aluminijasti. Vgrajuje se jih v zemljo in zalije z betonom, lahko pa se jih pritrdi na objekt (na varnostno ograjo »New Jersey«, ali na temelj) preko podložne ploščice, sidrane v objekt. Višina droga je odvisna od položaja svetilke, kjer se nahaja in znaša:

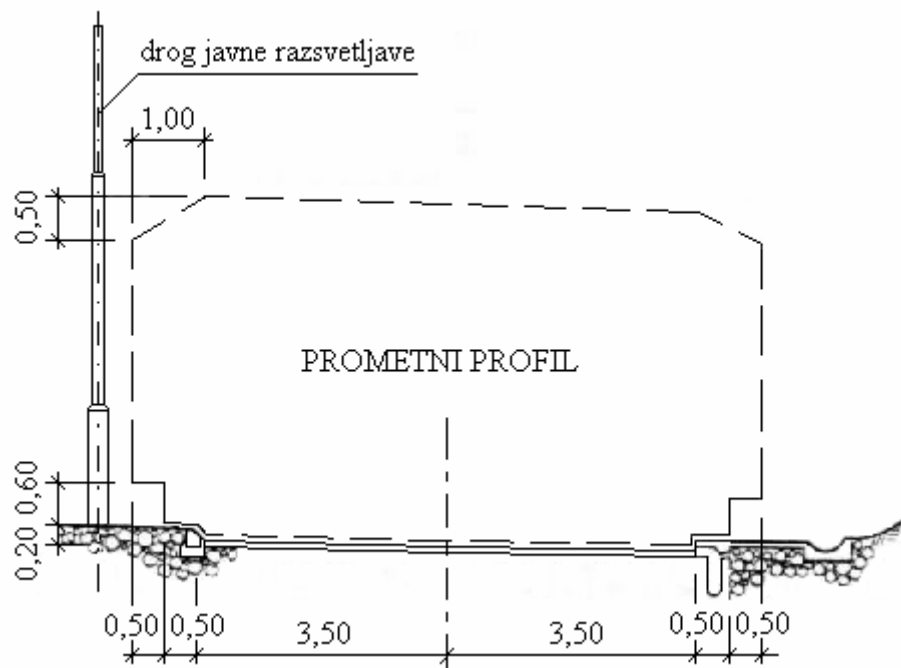
- od 3 m do 10 m – na parkiriščih, trgovskih ulicah, območjih, namenjenih kolesarjem in pešcem, ulicah v naseljih, dovozih, sejmiščih, zbirnih cestah;
- od 6 m do 20 m – na zbirnih in glavnih cestah, križiščih, avtocestah, hitrih cestah, velika parkirišča, industrijska zemljišča, mostovi, nadvozi.

Pomembne mere pri naročilu droga:



Slika 58: Primer jeklenega droga - levo konični okrogli in desno stopničasti cilindrični

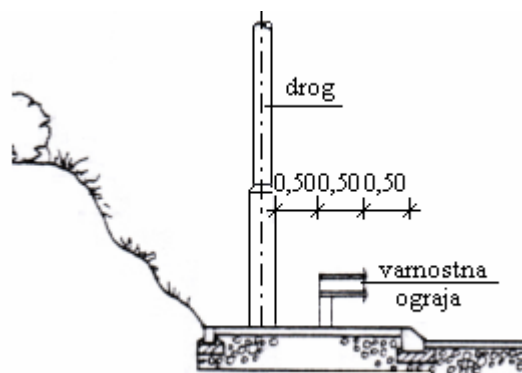
Drog javne razsvetljave mora biti postavljen zunaj prometnega profila in je od roba vozišča odmaknjen 1,5 m. Izjemoma se lahko v mestih drog postavi na manjši oddaljenosti od roba vozišča, vendar ne manjši od 0,7 m.

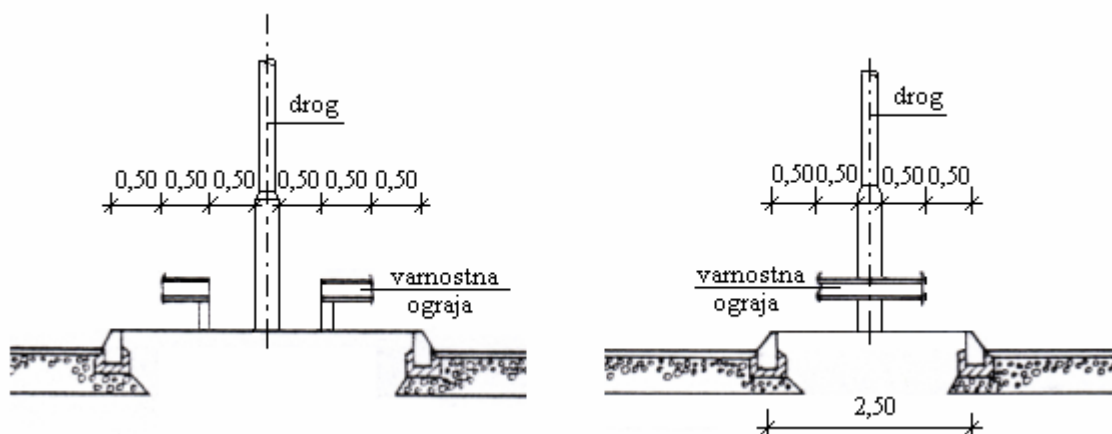


Položaj droga v prečnem profilu ceste izven naseljenih krajev

/Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 2. del/

V primerih, ko je pred drogom postavljena varnostna ograja, mora biti razdalja med njima minimalno 0,5 m, v nasprotnem primeru je lahko tudi manjša, ne sme pa segati v prometni profil. Na sredinskem pasu se drog lahko postavi samo, če je širina sredinskega pasu minimalno 2,5 m.





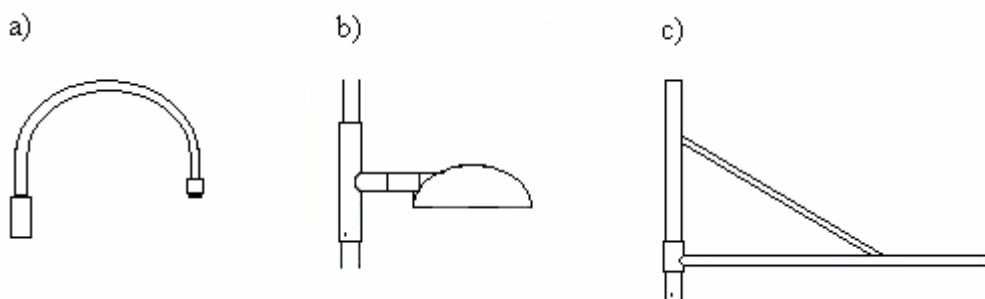
Detajl montaže stebra javne razsvetljave in zaščitne ograje

/Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 2. del/

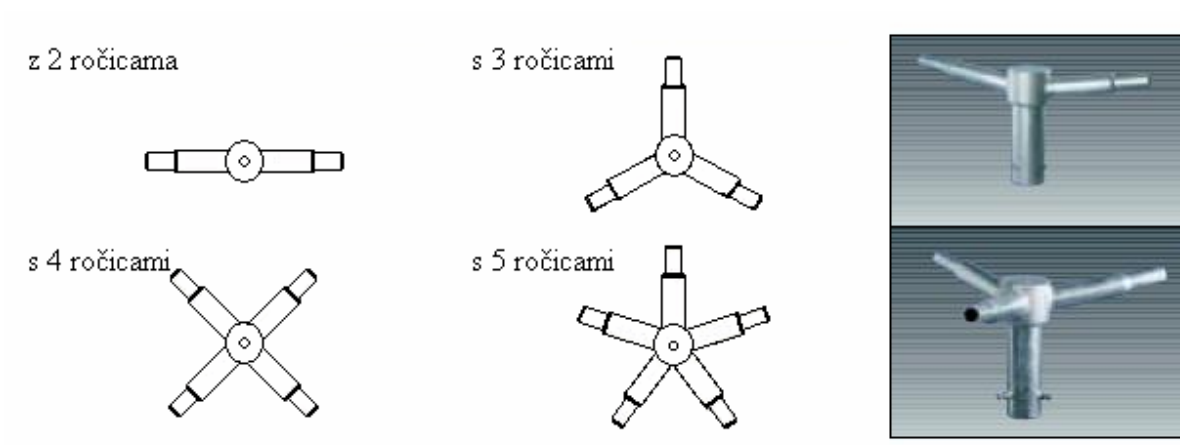
Vsak drog javne razsvetljave mora biti zaščiten pred udarom toka (ozemljitev). Do posameznega droga se elektriko »pripelje« preko NN dovodov iz omarice, ki je postavljena na dostopnem mestu (potrebe vzdrževanja) ob pločniku. Njeno priklopno mesto pa določi lokalni distributer z električno energijo. Omarico sestavljata:

- napajalni del – z njim upravlja lokalni distributer z električno energijo,
- krmilni del – upravljalec je država, ki nato za ceste izven naselja sklene enoletno pogodbo z vzdrževalcem, za ceste v naselju pa skrbi občina.

Na droge se pritrjuje konzole (kratke, dolge) in loki. Izbira konzole ali loka je odvisna tudi od premera droga na vrhu. Poznamo konzole za eno svetilko in konzole za več svetilk, kot prikazuje slika 60.

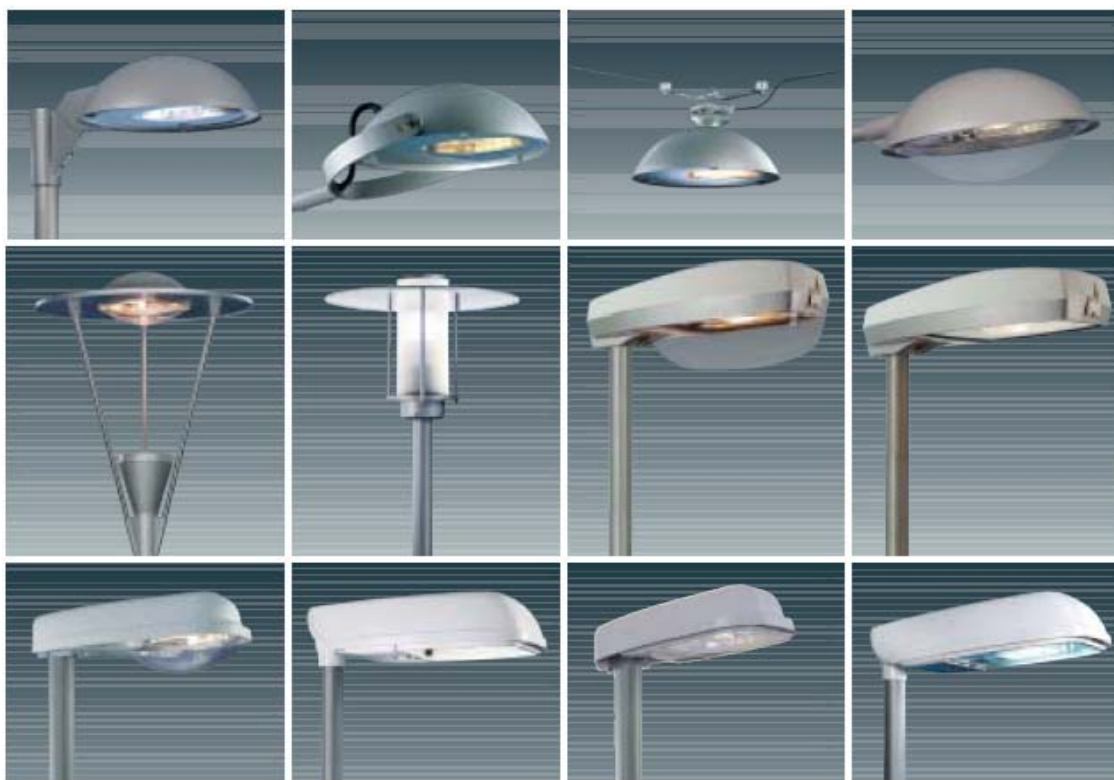


Slika 59: a) lok, b) kratka konzola, c) dolga konzola



Slika 60: Konzole za 2 ali več svetilk

Svetilke se pritrdijo na konzole, lahko pa se jih montira na jeklene vrvi med objekti. Nekaj slik svetilk podjetja Siteco d.o.o. je prikazanih na sliki 61.



Slika 61: Svetilke podjetja Siteco d.o.o.

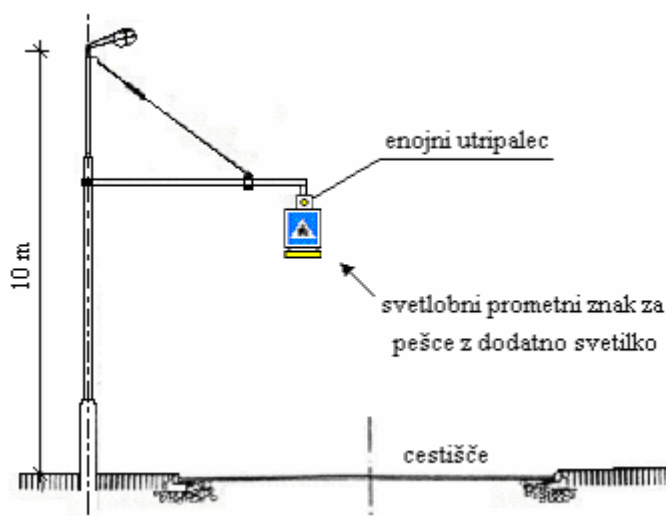
6.4 Prehodi za pešce

V cestnem prometu so prehodi za pešce, če gledamo s stališča prometne varnosti, še posebej ponoči najbolj nevarna mesta na prometni površini. Prav zato je potrebno zagotoviti na mestu prehoda za pešce zadostne pogoje vidnosti, po potrebi tudi z dodatno razsvetljavo. Z dodatno razsvetljavo opozorimo na mesto prehoda za pešce in hkrati izboljšamo zaznavanje, razpoznavanje in reakcijo voznika vozila. Vsak slabo osvetljen prehod za pešce je potrebno dodatno osvetliti v območju 50 m pred in za prehodom, na način, da se osvetljenost tega območja poveča v razmerju 1 : 3 (1 : 2 - če je prehod zadostno osvetljen) glede na prvotno osvetljenost. Na prehod za pešce opozarjamo:

- z drugačno barvo na mestu prehoda,
- z višjim nivojem svetlosti (osvetljenosti) na mestu prehoda in
- s svetlobnimi opozorilnimi napravami, ki so nameščene v kombinaciji z razsvetljavo.

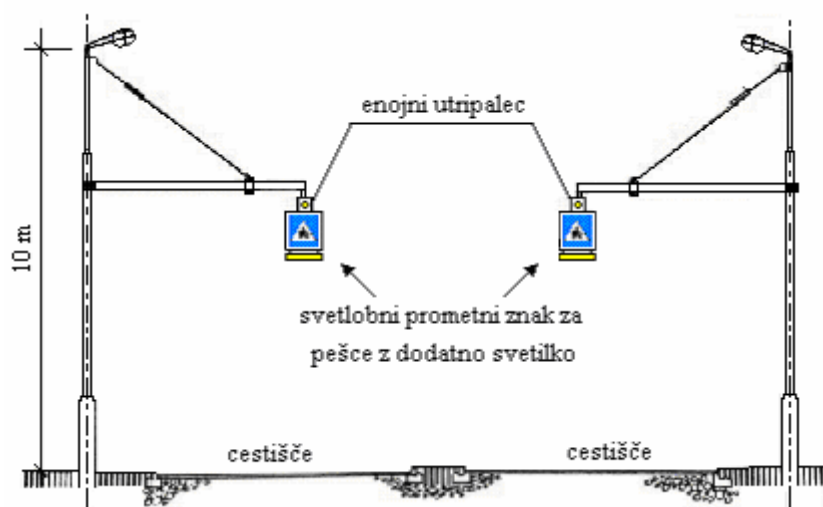
Pri zahtevah za razsvetljavo prehodov za pešce je potrebno biti pozoren tudi na lokacijo prehoda in hitrost prometa. Glede na ti dve lastnosti razlikujemo:

- prehode za pešce na manj nevarnih cestah v urbanih naseljih (trgovska in industrijska področja, stanovanjska področja),
- prehode za pešce na glavnih cestah in cestah z višjo gostoto prometa.



Svetlobni prometni znak za pešce z dodatno svetilko in enojnim utripalcem

/Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 2. del/



Svetlobni prometni znak za pešce z dodatno svetilko in enojnim utripalcem - obojstransko

/Vir: Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin – 2. del/

7 ZAKLJUČEK

Pravilen izbor posameznih elementov naprav za odvodnjavanje, prometne opreme in javne razsvetljave pomembno vpliva na tekoče odvijanje prometa, na prometno varnost in na stabilnost ter trajnost cestnega telesa. Za različne vrste cest je različen, vendar do danes še nikoli niso bili zapisani oziroma predpisani kriteriji, po katerih bi za različne kategorije cest pri načrtovanju uporabljali različen vendar enoten pristop. Pri tem gre predvsem za vprašanje skladnosti uporabe elementov različnih vrst ukrepov in ureditev, saj obstajajo medsebojne soodvisnosti, ki dopolnjujejo ali zmanjšujejo učinkovitost predvidenega ukrepa. Ugotavljanje te soodvisnosti sicer ni bila tema te naloge, se pa da na osnovi prikazane množice različnih izvedb posameznih ukrepov predvideti, da te različnosti niso zgolj same sebi namen.

Vsi možni elementi namreč niso uporabni za vse vrste cest, pri čemer sta najvplivnejša pogoja hitrost (odvisna od dimenzij načrtovane ceste) in človek-voznik (psihofizične lastnosti in stopnja poznavanja ceste). Tema dvema elementoma se pozornost sicer namenja, vendar ne v zadostni meri in na optimalen način; edina svetla izjema pri tem je prometna signalizacija.

Zato kljub izvedbi kvalitetnih in sorazmerno dragih naprav za posamezen namen na cestah vse nimajo optimalnega učinka:

- 1. primer: JVO je za vse hitrosti enaka (razlikuje se le v distančniku), čeprav se ve, da sta gibalna količina in pospešek vztrajnosti pri tem močno različna;
- 2. primer: koritnica je kot element za vzdolžno odvodnjavanje glede odtočnih karakteristik sicer ugodna, vendar je močno vprašljiva glede prometne varnosti – vozilu se spremeni prečni nagib in še udari v robnik;
- 3. primer: vzdolžni jarek je pri cestah za visoke hitrosti močno vprašljivo sprejemljiva rešitev, ki je sicer visoko odtočno sposobna, vendar je hkrati stalna grožnja prometni varnosti, vsled česar je treba pred jarkom postaviti varnostno ograjo (boljša možnost: travna mulda + meteorna kanalizacija).

Pri nekaterih vrstah naprav v cestnem telesu se pri načrtovanju cest pogosto pozablja na potrebo po vzdrževanju in obnavljanju teh naprav. Tu zlasti izstopajo razni vodi v cestnem

telesu. Če jih je treba zamenjati (odkopati), je pri neprimerni umestitvi vprašljivo tako odvijanje prometa kot tudi stabilnost in obratovanje ostalih vodov, vgrajenih v isto cesto.

8 ZAKLJUČNI SKLEP

Elementi naprav za odvodnjavanje, za vodenje in zagotavljanje varnosti prometa in javno razsvetljavo v cestnem telesu so zelo pomembni za normalno obratovanje ceste in prometne varnosti na njej. Ker obstajajo zelo različni detajli za te namene in med njimi obstaja določena povezanost (ta s tem, drugi z drugim in ne s tem), bi bilo smotno pripraviti kriterije in določiti pogoje za izbiro detajlov teh elementov za posamezno vrsto cest in njihovo »souplearnost«, če naj bi s cestami upravljali gospodarno in racionalno.

VIRI

- Berdajs, A., Galonja, S., Gruden, T., Murn, Z., Musi, A., Petek, I., Slokan, I., Smolej, B., Štembal – Capuder, M., Žitnik, D., Žitnik, J. 2004. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehnična založba Slovenije: str. 493.
- Bizjak, G. 2006. Kakovostna cestna razsvetljava, str. 5, 6.
<http://www.adj.si/old/MesecniSestanki/> (17.11.2006)
- Bizjak, M. 2000. PRIPOROČILA SDR – Cestna razsvetljava PR 5/2. Maribor, Slovensko društvo za razsvetljava / SDR: 54, 14 str.
- Božić, M. 2003. Varnostne ograje ob cestah – primerjava JUS in EN. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Prometnotehnična smer, Visoko strokovni študij gradbeništva: 51 f.
- ACO, gradbeni elementi, zastopanje d.o.o.
<http://www.aco.si> (11.3.2007)
- ASIST avtomatizacija sistemov d.o.o.
<http://www.asist.si/promet/promet.htm> (2.3.2007)
- European union road federation (IRF)
<http://www.erf.be> (14.1.2007)
- Fracasso S.p.A.
<http://www.fracasso.it> (15.1.2007)
- Swarco Futurit GmbH
<http://www.futurled.com/english/produkte.asp> (29.1.2007)

- LIKO d.d. Liboje
http://www.liko-liboje.si/Iogr_elt.html (14.1.2007)
- MEBLO a+a Nova Gorica d.o.o.
<http://www.meblo-aplusa.si> (6.2.2007)
- Petrič d.o.o.
http://www.petric.si/cestni_program.php (14.1.2007)
- SIGNACO d.o.o.
<http://www.signaco.si/index1.htm> (6.2.2007)
- Sipronika d.o.o.
<http://www.sipronika.si/SLO/Index.htm> (29.1.2007)
- Siteco Sistemi, d.o.o.
<http://www.siteco.com> (3.4.2007)
- Swarco Holding AG
http://www.swarco.com/english/produkte_allgemein.asp (29.1.2007)
- Društvo za izobraževanje, osveščanje in oblikovanje.
<http://www.tecajcpp.com/cpp/> (6.2.2007)
- <http://www.wildlifecrossing.org/> (24.1.2007)
- Jagodic, M. 2006. Odvodnjavanje mestnih cest na območju Mestne občine Ljubljana. Diplomaska naloga. Ljubljana, Zavod IRC, Višja strokovna šola, Komunalni inženir, Izredni študij: 58 str

- Juvanc, A. 1996. Projektiranje cest – Elementi cestne osi in prečnega profila. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 50 str.
- Kastelic, T., Breška, Z., Čertanc, N., Fajfar, D., Huč, T., Juvanc, A., Lipar, P., Logar, I., Maher, T., Mladenović, M., Pavčič, T., Peklaj, A., Sajovic, J., Žeželj, M., Žura, M. Nova izdaja 1991. Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin: 1. del. Ljubljana, FAGG, Prometnotehniški inštitut: loč. pag.
- Kastelic, T., Breška, Z., Čertanc, N., Fajfar, D., Huč, T., Juvanc, A., Lipar, P., Logar, I., Maher, T., Mladenović, M., Pavčič, T., Peklaj, A., Sajovic, J., Žeželj, M., Žura, M. Nova izdaja 1991. Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin: 2. del. Ljubljana, FAGG, Prometnotehniški inštitut: loč. pag.
- Panjan, J. 1998. Odvodnjavanje cest – detajli. Ljubljana, DDC – Družba za državne ceste: 165 str
- Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Uradni list RS št. 46/2000): 2131
- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Uradni list RS št. 110/2006): 4674
- Pregelj, J. 2004. Načrtovanje sistemov odvodnjavanja površinskih voda s cest. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Prometnotehnična smer, Univerzitetni študij: 83, 5 f.
- Rus, B. 2002. Minimalne zahteve in pogoji za izdelavo projekta za izvedbo za lokalne ceste. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Prometnotehnična smer, Izredni študij: 27, 46, 3 f.
- Sherwood, B., Cutler, D., Burton, J. 2002. Wildlife and Roads: The ecological impact. 2003. London, Imperial College Press: 299 str.

- Slokan, I. 2003. Nizke zgradbe : temeljenje, vodovod, kanalizacija. Ljubljana, Tehnična založba Slovenije: 175 str
- TSC 02.210: 2003 Varnostne ograje pogoji in način postavitve: predlog, oktober 2003
- TSC 03.200: 2003 Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov: predlog, junij 2003
- TSC 03.380: 2004 Odvodnjavanje cest: osnutek, april 2004
- TSC 07.115: 1998 Projektiranje prepustov (1998)
- Zakon o javnih cestah (uradno prečiščeno besedilo) (ZJC-UPB1) (Uradni list RS št. 33/2006): 1349