

Oborinska odvodnja s željezničke pruge (ŽP) u urbanom području

Kurelac, Hrvoje

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:978301>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Hrvoje Kurelac

Oborinska odvodnja s željezničke pruge (ŽP) u urbanom području

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Specijalistički stručni studij
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi
Hidrotehničke građevine urbanih područja

HRVOJE KURELAC

0114003188

OBORINSKA ODVODNJA S ŽELJEZNIČKE PRUGE
(ŽP) U URBANOM PODRUČJU

Diplomski rad

Rijeka, studeni 2022.

IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa te znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva.

Građevinski fakultet u Rijeci nositelj je prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Hrvoje Kurelac

U Rijeci, 07.11.2022.

Sažetak:

Autor: Hrvoje Kurelac

Mentor: Igor Ružić, izv.prof.dr.sc.

Naslov: Oborinska odvodnja s željezničke pruge (ŽP) u urbanom području

U ovom radu obrađena je oborinska odvodnja s željezničkih pruga. Opisani su osnovni teoretski parametri željeznice, specifičnosti izgradnje željezničkih pruga, osnove dimenzioniranja, proračun propusta ispod trupa željezničke pruge i što se može očekivati u budućnosti s željezničkom prugom.

U prvom djelu djelu je opisano općenito o željeznici, gornji i donji ustroj pruge, slobodni profil, željeznička vozila, kategorizacija pruge, pragovi, tehnički uvjeti za nagibne vlakove, pravilnik kod ekološkog zagađenja i zaštita okoliša.

U drugom djelu je objašnjena specifičnost izgradnje željezničke pruge i odvodnja s željezničke pruge.

U trećem djelu je prikazan dinamički proračun gornjeg ustroja i vozno dinamički proračun pruge.

Četvrti dio je primjer proračuna sandučastog propusta, u općini Kraš u Istri, u blizini mjesta Vozila. Dobivena je površina sliva, maksimalni protok, dimenzije propusta.

Peti dio je budućnost željeznice u Hrvatskoj.

Ključne riječi: odvodnja, mali mostovi, propusti, kanalice, klizišta, bujice, odroni.

Sadržaj

POPIS SLIKA.....	
POPIS TABELA.....	
1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O ŽELJEZNICAMA – GORNJI I DONJI USTROJ	2
2.1. PODJELA ŽELJEZNICA	2
2.1.1. <i>Prema svrsi.....</i>	2
2.1.2. <i>Prema tehničkim uređajima</i>	2
2.1.3. <i>Prema širini kolosijeka</i>	3
2.2. SLOBODNI PROFIL	3
2.3. ŽELJEZNIČKA VOZILA	4
2.3.1. <i>Električne lokomotive</i>	4
2.3.2. <i>Dizel lokomotiva</i>	5
2.4. KATEGORIZACIJA PRUGE	6
2.5. PRAGOVI OPĆENITO	7
2.5.1. <i>Drveni pragovi – prednosti i nedostaci.....</i>	8
2.5.2. <i>Čelični pragovi – prednosti i nedostaci</i>	8
2.5.3. <i>Armirano betonski pragovi – prednosti i nedostaci</i>	9
2.6. NAJVEĆE VISINE I NAJMANJE UDALJENOSTI OBJEKATA OD PRUGE.....	10
2.7. TEHNIČKI UVJETI ZA NAGIBNE VLAKOVE	12
2.7.1. <i>Kolosiječna konstrukcija za vlakove s nagibnom tehnikom</i>	13
2.8. PROJEKTIRANJE REKONSTRUKCIJE ŽELJEZNIČKE PRUGE	14
2.8.1. <i>Projektiranje presjeka trupa pruge</i>	14
2.8.2. <i>PROJEKTIRANJE KOSINA USJEKA I NASIPA.....</i>	17
2.9. ODVODNJA TRUPA PRUGE	18
2.10. PRAVILNIK KOD EKOLOŠKOG ONEČIŠĆENJA	35
2.11. ZAŠTITA OKOLIŠA	35
3. SPECIFIČNOSTI IZGRADNJE ŽELJEZNIČKIH PRUGA U REPUBLICI HRVATSKOJ	37
3.1. GRAĐENJE ZEMLJANOG TRUPA PRUGE	37
3.2. USJECI	37
3.2.1. <i>Zaštita usjeka mlaznim betonom</i>	39
3.3. ODRONI.....	40
3.4. KLIZIŠTA	42
3.5. MALI MOSTOVI I PROPUSTI.....	44
3.5.1. <i>Definicija i najvažniji mostovni pojmovi.....</i>	44
3.5.2. <i>Dijelovi i podjela mostova.....</i>	45
3.5.3. <i>Izgradnja malog mosta Staro Petrovo Selo.....</i>	46
3.5.3. <i>Propusti</i>	52
3.2. UPORNI ZIDOVI.....	56
3.4. ZAŠTITA OD BUJICA	59
3.4.1. <i>Izjednačavajući pad</i>	61
4. DIMENZIONIRANJE GORNJEG USTROJA.....	63
4.1. DINAMIČKI PRORAČUN GORNJEG USTROJA	63
4.2. VOZNO DINAMIČKI PRORAČUN PRUGE	63
4.2.1. <i>Otpori od uspona</i>	63
4.2.2. <i>Otpori od krivina.....</i>	64
5. DIMENZIONIRANJE PROPUSTA.....	65
5.1. ODREĐIVANJE SLIVA	65
5.2. OBLIK SLIVA.....	66

5.3. SREDNJA NADMORSKA VISINA SLIVA	66
5.4. PRORAČUN MAKSIMALNIH PROTOKA RACIONALNOM METODOM.....	67
5.5. DIMENZIONIRANJE PROPUSTA	72
H – VISINA UNUTARNJEG RUBA PROPUSTA	72
6. ŽELJEZNICA U BUDUĆNOSTI.....	73
6. ZAKLJUČAK.....	75
7. LITERATURA	76

POPIS SLIKA

Slika 1. Slobodni profil [5].....	4
Slika 2. Električna lokomotiva serija 1141 [12].....	5
Slika 3. Dizel lokomotiva serija 2063 [10].....	6
Slika 4. Željeznički drveni pragovi [13].....	8
Slika 5. Čelični željeznički pragovi [15].....	9
Slika 6. Armirano betonski željeznički pragovi [14].....	10
Slika 7. Nagibni vlak [16]	13
Slika 8. Manje izdizanje zastora [6]	15
Slika 9. Veće izdizanje zastora [6]	15
Slika 10. Veće izdizanje GRT-a [6]	16
Slika 11. Manje pomjerenje kolosijeka [6].....	16
Slika 12. Veće pomjerenje kolosijeka [6].....	17
Slika 13. Usjek [1].....	17
Slika 14. Nasip [1].....	17
Slika 15. Zemljani zaštitni jarak [2]	19
Slika 16. Betonirani zaštitni jarak [2].....	19
Slika 17. Zemljani zaštitni jarak, dionica pruge Sisak-Sunja, Pružne građevine	20
Slika 18. Pružni AB jarak od gotovih dijelova (HŽ tip 1) [8]	20
Slika 19. Priprema kanala za podložni beton, dionica pruge Sisak-Sunja, Pružne građevine	21
Slika 20. Ugradnja gotovih betonskih odvodnih kanalicica tipa 1, Pružne građevine	21
Slika 21. Ugradnja gotovih betonskih odvodnih kanalicica tipa 1, Pružne građevine	22
Slika 22. Ugradnja gotovih betonskih odvodnih kanalicica tipa 1 i tipa 2, Pružne građevine	22
Slika 23. Ugradnja gotovih betonskih kanalicica tipa 1, Pružne građevine	23
Slika 24. Ugradnja gotovih betonskih kanalicica tipa 2, Pružne građevine	23
Slika 25. Odvodnja sa spojem na betonski propust, Pružne građevine	24
Slika 26. Strojno pikamiranje i ugradnja kanalicica, Gomirje, Pružne građevine.....	24
Slika 27. Odvodni i zaštitni jarak [2].....	25
Slika 28. Kružni rigol [8]	25
Slika 29. Zaštitni jarak na padini iznad usjeka [8]	25
Slika 30. Usporedba klasične i geosintetičke drenaže iz zidova [8].....	26
Slika 31. Usporedba klasične i geosintetičke drenaže [8]	27
Slika 32. Vrste kopanih drenova [8].....	28
Slika 33. Duboka drenaža ispod odvodnog jarka[2].....	28
Slika 34. Duboka drenaža u slobodnoj površini [2]	29
Slika 35. Načini izvedbe dubokih drenaža[2].....	29
Slika 36. Duboka drenaža u usjeku [2].....	30
Slika 37. Okno za čišćenje [8].....	31
Slika 38. Procjedno okno (upojni zdenac) [8]	32
Slika 39. Drenažne galerije [8].....	33
Slika 40. Drenažni potkop [8]	33
Slika 41. Mreža bušenih drenova [8].....	34
Slika 42. Zaštita mlaznim betonom i čišćenje usjeka, Ogulinski Hreljin, Pružne građevine	40
Slika 43. Odron, Zlobin, Pružne građevine	41
Slika 44. Saniranje klizišta, Đulovac, Pružne građevine	43
Slika 45. Godinu dana nakon sanacije pruge kod Đulovca, Pružne građevine	44
Slika 46. Iskop temelja, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine	47

Slika 47. Cijev za odvodnju, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine	47
Slika 48. Armiranje donje ploče, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine	48
Slika 49. Zidovi i krila	49
Slika 50. Gornja ploča, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine	50
Slika 51. Izolacija mosta, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine.....	51
Slika 52. Uklanjanje provizorija	52
Slika 53. Završni radovi	52
Slika 54. Propust, dionica pruge Vinkovci-Županja, Pružne građevine.....	55
Slika 55. Čeona glava propusta, dionica pruge Vinkovci-Županja, Pružne građevine	56
Slika 56. Jarak u visini posteljice[2].....	57
Slika 57. Jarak u visini gornjeg ruba kolosijeka[2]	57
Slika 58. Jarak u visini posteljice, Pružne građevine	58
Slika 59. Ojačani jarci za odvodnju[2]	59
Slika 60. Bujična obilježja.....	60
Slika 61. Područje sliva	65
Slika 62. Sliv sa pripadajućim površinama	67
Slika 63. Površine sliva A1 i A2	69

POPIS TABELA

Tabela 1. Kategorizacija pruga (prema dopuštenom opterećenju) [7]	7
Tabela 2. Kategorije pruge ovisne o godišnjem bruto opsegu prometa [7]	7
Tabela 3. Vrijednosti kod ocrtavanja pruge u pravcu, visina objekta od GRT-a i udaljenost objekta od osi kolosijeka [5]	11
Tabela 4. Udaljenost utovarne rampe, visokog i niskog perona od osi kolosijeka u luku [5]..	12
Tabela 5: Prosječne vrijednosti racionalnog koeficijenta C (prema V.T.Chow i dr.,1964.,S.Gavrilović, 1976.;K.N.Mutreja, 1986.)	68
Tabela 6. Intenzitet oborina za povratni period od 50 godina.....	70
Tabela 7. ITP krivulja za povratni period od 50 godina.....	71
Tabela 8. ITP krivulja.....	71
Tabela 9. Dimenzioniranje propusta	72

1. UVOD

U današnje vrijeme jako je bitan razvoj tehnologije odvodnje. Važno je smanjiti što je više moguće odvodnju zagađenih voda u pitke izvore vode. To se može smatrati nebitnom činjenicom, ali kad se izvori onečiste, teško ih je vratiti u početno stanje prije zagađenja. Zato je vrlo važno kako se projektiraju i grade odvodni sustavi.

U suvremenom, tehnološki naprednom dobu nema isprike za ispuštanje zagađenih otpadnih voda u naš okoliš.

U današnje vrijeme zbog dostupnosti suvremene tehnologije, znanja i materijala možemo izgraditi znatno naprednije sustave odvodnje. Ako ekološki uspoređujemo željeznice i autoceste, željeznica je daleko prihvatljivija. Dvokolosiječne pruge zauzimaju manje prostora, mogu prevesti veće količine tereta. Ako računamo proizvodnju ugljičnog dioksida po jednom prijeđenom kilometru, vlak proizvede tek 2,2 g, zrakoplov 153 g, automobil 115 g, a autobus 30 g. Sa sigurnošću možemo reći da je željeznica jedna od najsigurnijih oblika prometa.

U ovom radu obrađena je tema odvodnja iz željezničke pruge, izgradnja i saniranje objekata odvodnje željezničke pruge u Hrvatskoj. Zbog nailaska površinske ili podzemnih voda stvaraju se štete na raznim objektima željezničke pruge. Dolazi do raznih klizišta materijala, odrona stijenske mase.

U radu su navedeni svi sustavi odvodnje iz željezničke pruge koje imamo u Hrvatskoj. Također, zaštita od mogućeg prodiranja vode bilo kao klizišta ili odroni na usjecima.

2. OPĆENITO O ŽELJEZNICAMA – GORNJI I DONJI USTROJ

2.1. Podjela željeznica

Kod željeznica kotači vozila su prisilno vođeni po metalnom putu. To znači da su prisilno vođeni po kolosiječnom putu koji sprečava skretanje vozila i kreće se po točno određenom putu. Kad se vozilo kreće po kolosijeku, dolazi do vrlo malog otpora kotrljanja, čak do nekih 10 puta manjih od otpora pneumatika na kolniku.

2.1.1. Prema svrsi

„Dijelimo ih na:

Željeznice javnog prometa dijelimo na:

- željeznice dalekog prometa, koje dijelimo na:

- normalne željeznice (gdje je širina kolosijeka 1435 mm) - ovdje ubrajamo glavne pruge I. i II. reda i sporedne pruge III. reda
- uskotračne željeznice - ubrajamo glavne i sporedne pruge

- željeznice bliskog promet dijelimo na:

- brze gradske željeznice (podzemne i nadzemne)
- cestovne željeznice (tramvaji) i
- male željeznice.

Željeznice koje ne služe javnom prometu dijelimo na normalne i uskotračne, a to su: industrijski priključci, industrijske željeznice (šumske, poljoprivredne i rudarske) i željeznice najnižeg ranga (provizorni i radni kolosijeci).“[7]

2.1.2. Prema tehničkim uređajima

„Dijelimo ih na:

- adhezijske željeznice – prisilno vođenje kotača po čeličnim tračnicama gdje pogonski kotači ostvaruju potrebnu silu. Dijele se na:

- klasične na dvije tračnice
- jednotračničke željeznice – prometovanje se odvija jednim trakom gdje je težište vozila ispod ili iznad tračnica.

- specijalne željeznice

- spuštalice – prometuje se niz padine pomoću tračnica ili pomoću užeta
- zupčaste željeznice (uspinjače) – prometuje se predjelima s većim usponom (do 30%)
- žičana željeznica – žičare“ [1]

2.1.3. Prema širini kolosijeka

„Širina kolosijeka – je udaljenost između unutrašnjih rubova tračnica. Mjeri se 14 mm ispod vozne površine (odnosno GRT-a) za pruge normalne širine kolosijeka, a za uskotračne pruge mjeri se 12 (10) mm ispod vozne površine.

1887. god. na internacionalnoj konferenciji u Bernu, širina kolosijeka od 1435 mm proglašena je normalnom širinom kolosijeka. Prema tome sve željeznice s većim širinama su širokotračnim željeznicama, a s užim širinama su uskotračne željeznice.

U svijetu 70 % željeznica je normalne širine kolosijeka ($\check{s} = 1435$ mm), 15 % su širokotračne željeznice ($\check{s} > 1435$ mm) i 15 % uskotračne željeznice ($\check{s} < 1435$ mm).“[7]

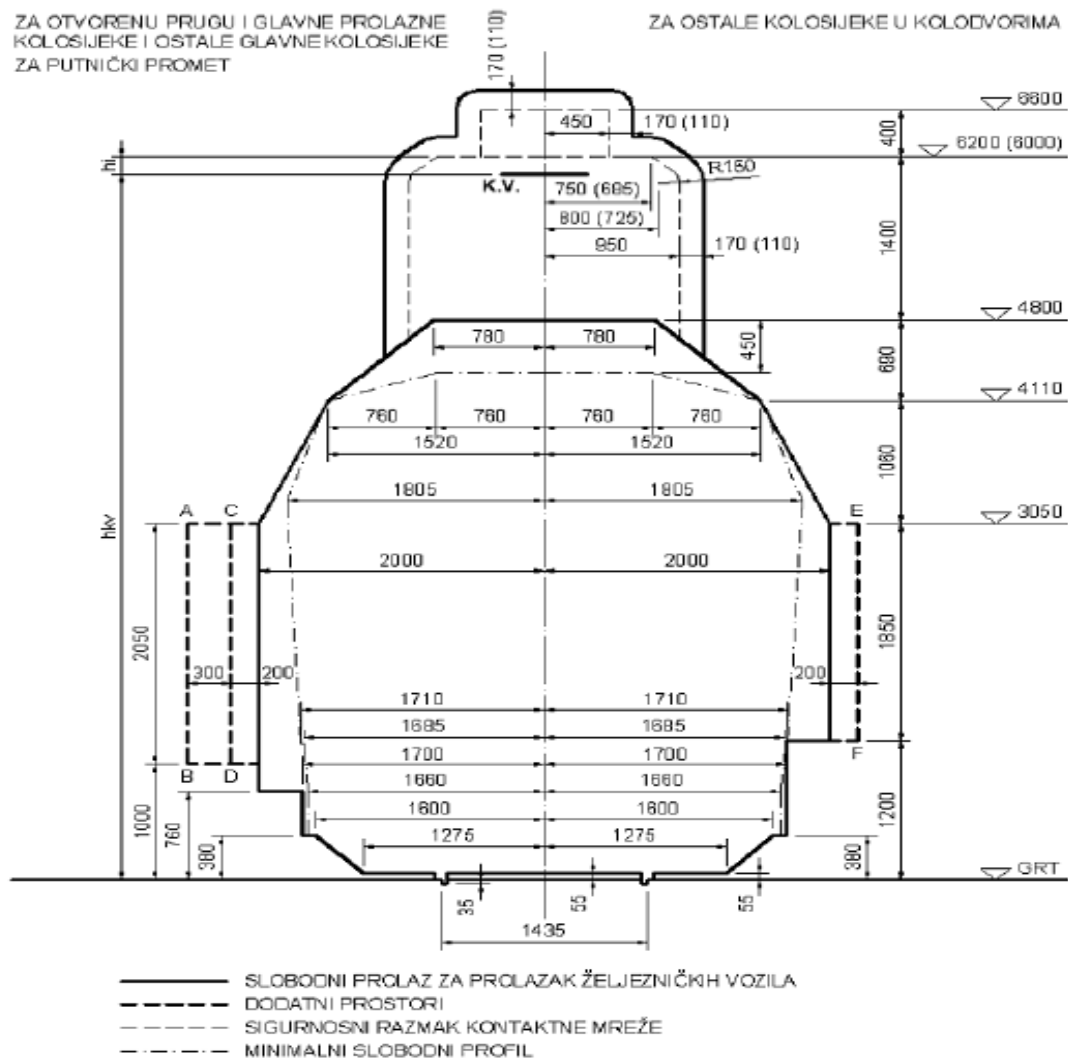
2.2.Slobodni profil

„Širina kolosijeka je nužan uvjet, ali nije i dovoljan uvjet za osiguravanje prometovanje vozila po kolosijeku. Da bi se vozilima omogućio nesmetan prolaz na prugama, dimenzije vozila moraju biti unutar profila koji je propisala međunarodna željeznička unija (UIC).

Slobodni profil prikazan na slici 1. je ograničen prostor u poprečnom presjeku okomitom na uzdužnu os kolosijeka i ravninu kolosijeka položenu na gornje rubove voznih tračnica čija os prolazi sredinom kolosijeka. U njega ne smije ništa zadirati izvana (dijelovi uređaja i pružnih građevina, signali, naslage gradiva itd.).“[7]

Pomoću slobodnog profila se određuje nesmetano i sigurno prometovanje željezničkih vozila. U slobodni profil se ne smiju ugrađivati, zadirati ili postavljati signalne oznake, građevine, razna postrojenja i razna predmeti koji mogu metati sigurno prometovanje vozila na željezničkoj prugi.

„Korištenjem slobodnog profila određuje se osni razmak između usporednih kolosijeka, koji ne smije biti manji od 4 m.“[21]



Slika 1. Slobodni profil [5]

2.3. Željeznička vozila

2.3.1. Električne lokomotive

Razvoj električnih lokomotiva u Europi počeo je s trofaznom izmjeničnom strujom višeg napona od 3700 V, ali veliki nedostatak im je bio postojanje dva voda iznad kolosijeka i trećeg povratnog voda. Daljnjim istraživanjima monofazne izmjenične struje i uvođenjem samo jednog voznog voda napon je bio znatno viši, iznosio je do 15kV, ali glavni nedostatak im je bio smanjenje frekvencije s 50 Hz na 50/3 Hz u Europi. Istosmjerna struja se počinje primjenjivati povezivanjem većeg broja manjih motora u seriju. Kod istosmjerne struje primjenom živinog ispravljača trofazne industrijske struje od 50 Hz dovodi se do napojnih

stanica dalekovodima visokog napona gdje se transformira na napon voznog voda i onda ispravi u istosmjernu.

U Hrvatskoj električne lokomotive se pojavljuju 1947. godine. U Hrvatskim željeznicama se raspolagalo s dvjema vrstama električnih lokomotiva, to su bile lokomotive izmjeničnoga sustava od 25 kV, 50 Hz i lokomotive istosmjernoga sustava od 3 kV koje su bile predviđene za riječko područje. Nakon što se cjelokupni sustav reelektrificirao na izmjenični sustav, povučene su lokomotive istosmjernoga sustava od 3 kV iz prometa. Na slici 2 prikazana je električna lokomotiva serije 1141 od 25 kV, 50 Hz.



Slika 2. Električna lokomotiva serija 1141 [12]

2.3.2. Dizel lokomotiva

U Hrvatskoj se prve dizel lokomotive pojavljuju tek 1960. godine. Dizel lokomotiva je vrsta vučnog vozila koje dijelimo na:

- dizelsko – mehaničke lokomotive – pomoću mehaničkih prijenosnika (glavna spojka, mijenjač, osovinski i kardanski prijenos), prijenos snaga motora na kotače lokomotive
- dizelsko – električne lokomotive – pomoću generatora električne struje, snaga se prenosi na kotače
- dizelsko – hidraulične lokomotive – snaga se prenosi hidraulički.

Na slici 3 prikazana je dizel lokomotiva s električnim prijenosom snage i snage 2461 kW.



Slika 3. Dizel lokomotiva serija 2063 [10]

2.4. Kategorizacija pruge

„Pruge kategoriziramo (vrednujemo) prema prometnom opterećenju i prema značenju pruge u unutrašnjem i međunarodnom prometu. Kategorizacija je propisana od željezničke uprave i usklađena s međunarodnim dogovorima i HŽ-ovim pravilnikom o vrednovanju.

U sastavu HŽ-a pruge dijelimo na magistralne i ostale. Magistralne pruge dijelimo na glavne i pomoćne, a značajnije su zbog većeg opsega prijevoza, zbog povezivanja bitnijih gospodarskih centara i služe za međunarodni tranzitni promet. Postoje magistralne pruge normalnih kolosijeka – I. reda kojima se preveze tereta više od 25000 t/dan i II. reda kojima se preveze između 6000 i 25000 t/dan. Pod ostale pruge normalnih kolosijeka smatraju se pruge III. reda kod kojih je prijevoz tereta manji od 6000 t/dan.“ [7]

U tablici 1 prikazana je kategorizacija pruga (prema dopuštenom opterećenju).

Tabela 1. Kategorizacija pruga (prema dopuštenom opterećenju) [7]

KATEGORIJA PRUGE	Najveće dopušteno opterećenje	
	P [kN]	p [kN/m]
A'	120	35
A''	140	40
A	160	48
B1	180	50
B2	180	64
C2	200	64
C3	220	72
C4	225	80

P [kN] – dopušteno opterećenje po osovini

p [kN/m] – dopušteno opterećenje po dužnom metru teretnih vagona

„Prugu kategoriziramo i prema topografskim uvjetima. Važno je zbog uvjeta izgradnje i raznih metoda iskorištavanja ravničarskih pruga, brdsko - planinskih pruga i pruga na različitim brežuljkastim terenima.“ [7]

U tablici 2 prikazane su kategorije pruge ovisne o godišnjem bruto opsegu prometa

Tabela 2. Kategorije pruge ovisne o godišnjem bruto opsegu prometa [7]

ŠIRINA KOLOSIJEKA	KATEGORIJA PRUGE	Godišnji obim prometa u oba smjera
1435 mm Normalna širina kolosijeka	glavna pruga I reda	> 6 mil. br.t/god.
	glavna pruga II reda	3 - 6 mil. br.t/god.
	sporedna pruga	1 - 3 mil. br.t/god.
< 1435 mm Uskotračne pruge	glavna pruga	> 1 mil. br.t/god.
	sporedna pruga	< 1 mil. br.t/god.

„Prema godišnjem opsegu prometa vidljivo je da i uskotračne pruge često mogu biti sposobne za veći opseg prometa od 1 mil. br.t/god.. Kod malog prometnog opterećenja treba odlučiti hoće li se pruga trasirati kao normalna ili kao uskotračna.“[7]

2.5. Pragovi općenito

„Željeznički pragovi preuzimaju opterećenje od tračnica i prenose ga na podlogu pomoću kojih se osigurava stalna širina kolosijeka i podloga su za tračnice.

Pragove možemo oslanjati na podlogu pomoću pojedinačnih oslonaca, uzdužnih pragova, specijalnih AB ploča i poprečnih pragova.“[1]

2.5.1. Drveni pragovi – prednosti i nedostaci

Prednosti drvenih pragova na slici 4 su jednostavna i laka obrada, pragovi se lako pričvršćuju na pragove, elastičnim prenošenjem opterećenja na podlogu i prigušivanje vibracija, lako se izvodi podbijanje pragova i drvo je slab vodič elektriciteta što pogoduje prugama opremljenim SS uređajima.

Nedostaci drvenih pragova su mogućnost truljenja, nedostatak kvalitetne drvene građe za izradu i kod kolosijeka s malim polumjerima slabi veza između tračnica i pragova.



Slika 4. Željeznički drveni pragovi [13]

2.5.2. Čelični pragovi – prednosti i nedostaci

Prednosti čeličnih pragova prikazanih na slici 5 jesu: lakši od drvenih i AB pragova, transportiranje je lakše (pragove uklapamo jedne u druge) i regeneracija pragova je jednostavna (varenjem se zamjenjuju oštećeni dijelovi koji se odstranjuju rezanjem za ispravne dijelove).

Nedostaci čeličnih pragova: kod električnih vuča otežana je izolacija pragova, zahtijevaju kvalitetan zastorni materijal, vožnja je bučna preko kolosijeka s čeličnim

pragovima, kruti, nisu elastični kao drveni, imaju malen otpor na sile u ravnini kolosijeka okomitih na os kolosijeka i kod ovih pragova otežano je održavanje geometrije kolosijeka.



Slika 5. Čelični željeznički pragovi [15]

2.5.3. Armirano betonski pragovi – prednosti i nedostaci

Prednosti armirano betonski pragova: otporni su na atmosferilije, velike su čvrstoće (proizvode se od marke betona C60/75), mogu se oblikovati po želji, otporni su na požare i kolosiječna rešetka je stabilnija zbog njihove težine.

Nedostaci armirano betonskih pragova: osjetljivi su na udarce i agresivne vode, zbog težine zahtijevaju strojno polaganje, održavanje im je otežano i zastorni materijal bi morao biti od eruptivne stijene.

Na slici 6. je prikazan kolosijek na armirano betonskim pragovima



Slika 6. Armirano betonski željeznički pragovi [14]

2.6. Najveće visine i najmanje udaljenosti objekata od pruge

Vrijednosti koje se moraju zadati kod ocrtavanja pruga u pravcu, za visinu objekta mjerenu od GRT-a i za udaljenost objekta od osi kolosijeka, prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3. Vrijednosti kod ocrtavanja pruge u pravcu, visina objekta od GRT-a i udaljenost objekta od osi kolosijeka [5]

Vrsta objekta	Postojeće stanje (mm)		Novogradnja i rekonstrukcija na postojećim prugama (mm)	
	visina	udaljenost	visina	udaljenost
Utovarna rampa i pod skladišta	1100	1650	1100	1670
Vojna rampa	1000	1750	1280	1775
Rampa za utovar sitne stoke	2000	1650	2200	1670
Visoki peron	550	1650	760 i 790	1670
Niski peron	350	1600	350	1600
Stabilni predmeti na putničkim peronima	3000	3000	3500	3000
Stupovi kontaktne mreže:				
na otvorenoj pruzi i glavnim prolaznim kolodvorskim kolosijecima	–	2200	–	2500
u kolodvorima i drugim službenim mjestima, između kolosijeka za prihvat putnika	–	2200	–	2400
u kolodvorima i drugim službenim mjestima, između kolosijeka samo za teretni promet	–	2200	–	2200
na putničkim peronima	–	–	–	3000

Udaljenost utovarne rampe, visokoga i niskoga perona od osi kolosijeka u luku prikazane su u tabeli 4.

Tabela 4. Udaljenost utovarne rampe, visokog i niskog perona od osi kolosijeka u luku [5]

Polumjer R (m)	Utovarna rampa i visoki peron				Niski peron	
	Postojeće stanje		Novogradnja i rekonstrukcija na postojećim prugama			
	unutarnja (mm)	vanjska (mm)	unutarnja (mm)	vanjska (mm)	unutarnja (mm)	vanjska (mm)
2000	1650		1670		1600	
1500	1655		1675		1605	
700	1660		1680		1610	
600	1665		1685		1615	
500	1670		1690		1620	
350	1675		1695		1625	
250	1680		1700		1630	
225	1700	1710	1720	1730	1650	1660
200	1730	1740	1750	1760	1680	1690
180	1760	1770	1780	1790	1710	1720
150	1810	1840	1830	1860	1760	1790
120	2010	2030	2030	2050	1960	1980
100	2210	2230	2230	2250	2160	2180

ZA MEĐUVRIJEDNOSTI POLUMJERA LUKA, INTERPOLIRATI PO PRAVCU.

2.7. Tehnički uvjeti za nagibne vlakove

„Vlakovi s nagibnom tehnikom mogu se voziti u jednakim uvjetima kao i svi drugi vlakovi onda ako sustav nagibne tehnike nije uključen. Kada ti vlakovi voze uz uporabu sustava nagibne tehnike, moraju se poštivati dopunski tehnički uvjeti.

Nagibna tehnika rabi se u brzinskom području od 70 do 160 km/h jer iz konstrukcijskih razloga sustav nagibne tehnike počinje djelovati pri brzini od 70 km/h. Pri brzinama manjim od 70 km/h sustav nagibne tehnike nije u funkciji.“[5]

2.7.1. Kolosiječna konstrukcija za vlakove s nagibnom tehnikom

„Na prugama gdje voze vlakovi s nagibnom tehnikom (slika 7) preporučuje se kolosiječna konstrukcija sastavljena od sljedećih konstrukcijskih elemenata:

- tračnice tipa UIC 60
- neprekinuto zavareni kolosijek
- nagib tračnice prema osi kolosijeka 40:1
- prednapeti armiranobetonski pragovi mase veće od 260 kg i najmanje duljine 2400 mm ili drveni pragovi duljine 2600 mm
- posredno ili neposredno elastično pričvršćenje tračnica za pragove
- zastorna prizma od tučenca krupnoće i propisanog granulometrijskog sastava i kvalitete, debljine od najmanje 300 mm ispod donjega ruba praga i širine od najmanje 400 mm ispred čela praga
- u lukovima se primjenjuju propisane mjere za povećanje poprečnog otpora kolosijeka.“[5]



Slika 7. Nagibni vlak [16]

2.8. Projektiranje rekonstrukcije željezničke pruge

Cilj je rekonstrukcije željezničke pruge da se poboljšanjem postojećih uvjeta na prugama postigne bolje odvijanje prometa i povećaju kapaciteti pruge.

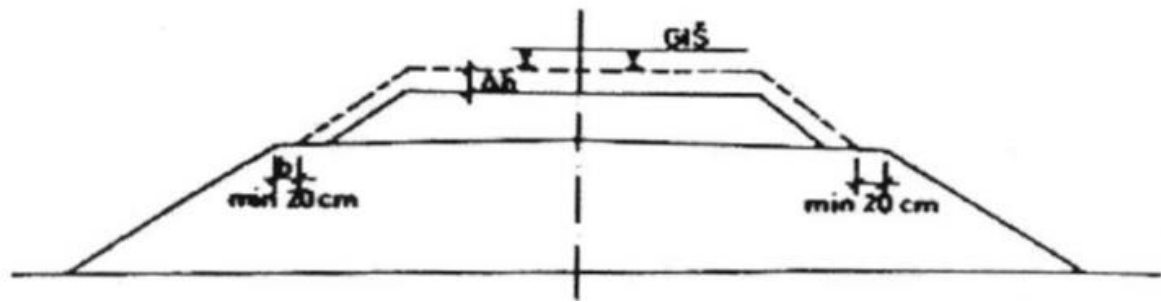
Mjere za povećanje kapaciteta dijele se u dvije grupe, a to su: organizacijsko tehničke i rekonstrukcijske mjere. Organizacijsko tehničke mjere sastoje se uglavnom od korištenja postojećih rezervi i poboljšanja tehnoloških procesa. U organizacijsko tehničke mjere ubraja se sljedeće: primjenom višestruke vuče povećava se dužina tereta vlakova, povećanje propisane moći pruge i povećanje tehničke brzine vlakova. Pod rekonstrukcijske mjere podrazumijeva se: ugradnja suvremenih signalno sigurnosnih uređaja, izgradnja automatskog kružnog bloka, elektrificiranje pruge, rekonstrukcija između stanica tako da se križanje vlakova odvija bez zaustavljanja, djelomična izgradnja dva kolosijeka na kritičnim međustanicama, povećanje osovine pritiska pruge, povećanje brzine - ubacivanjem krivina većeg radijusa, smanjenje uspona na kritičnim međustaničnim odstojanjima, promjena trase pruge i izrada drugog kolosijeka.

Projektiranje rekonstrukcija pruga često je vrlo složen zadatak koji mora ispuniti sljedeće uvjete: neprekidno odvijanje prometa na pruži tijekom izvođenja svih etapa na rekonstrukciji i održavanje vještačkih pruga i svim na određenoj mjeri.

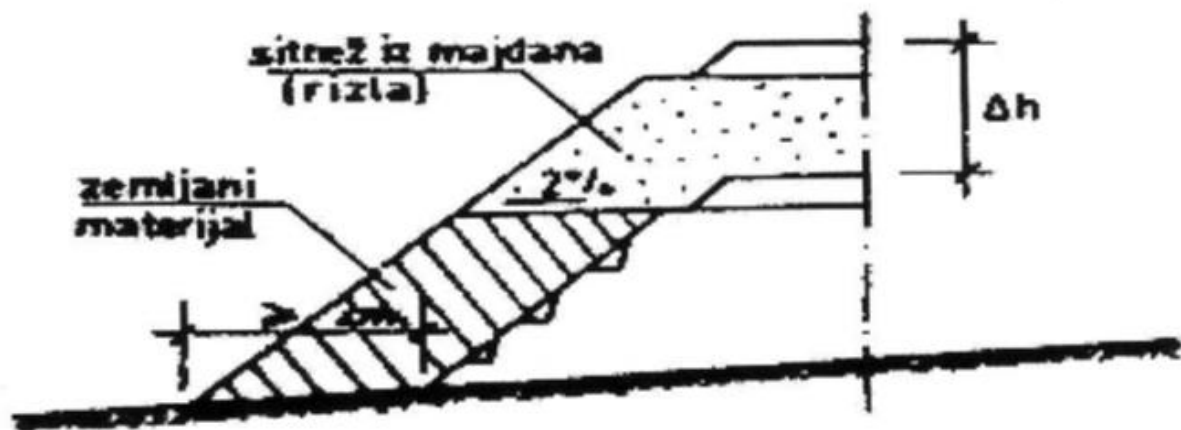
Projekt rekonstrukcije sastoji se od dvije faze i to: prethodna ekonomska studija i glavni projekt rekonstrukcije.

2.8.1. Projektiranje presjeka trupa pruge

„U većini slučajeva kod rekonstrukcije poprečnog presjeka trupa dolazi do povećanja dimenzija trupa pruge. Pri rekonstrukciji os postojeće pruge može ostati na starom mjestu, a može se promijeniti za izdizanje ili spuštanje nivelete u ovisnosti od projekta rekonstrukcije. Podizanje kote gornjeg ruba tračnice (GRT) izvodi se povećanjem zastora ili povećanjem zemljanog trupa zastora, a spuštanje skidanjem zastora.“[6] Manje izdizanje nivelete je prikazano na slici 8 i na slici 9.



Slika 8. Manje izdizanje zastora [6]

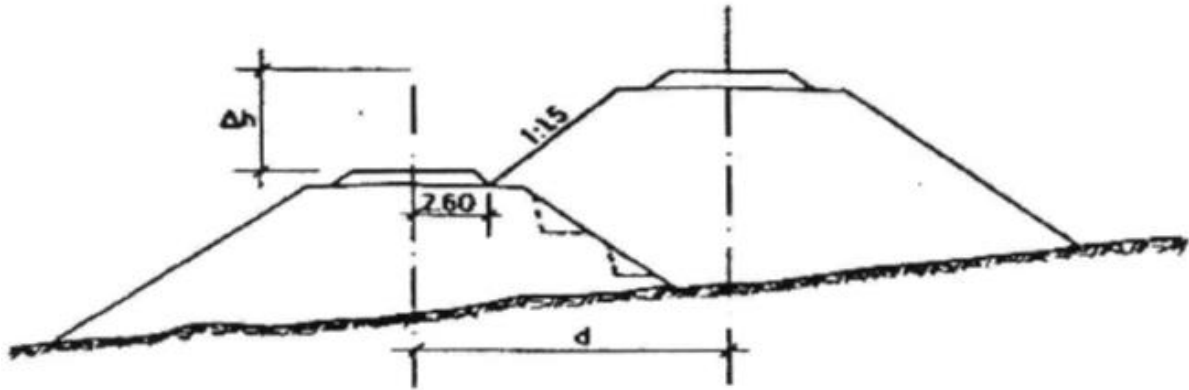


Slika 9. Veće izdizanje zastora [6]

Izgradnja proširenja trupa izvodi se istim materijalom od kojeg je izveden sam trup s obaveznom izradom stepenica na visini postojećeg nasipa i zbijanjem novog nasutog materijala.

„Gornji dio koji se nalazi iznad planuma nasipa izvodi se s kamenom sitneži u cilju odvodnje iz postojećeg planuma. Kod većeg izdizanja visine GRT-a prikazano na slici 10 i zadržavanja osi pruge na starom mjestu primjenjuje se sljedeći tip poprečnog profila trupa.“ [6]

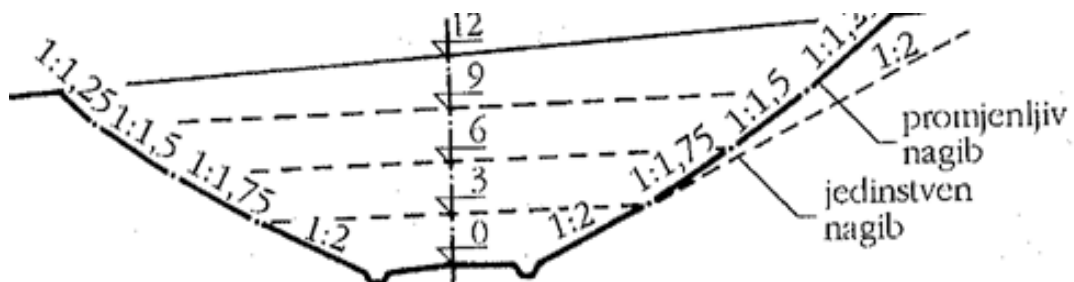
„Najprije na udaljenosti d izgradi se novi zemljani trup s minimalnim dozvoljenim dimenzijama do projektirane visine, na njega se privremeno postavlja zastor i prebacuje se kolosijek na prometovanje. Nakon prebacivanju prometa pristupa se demontaži kolosijeka i skidanju zastorne prizme s postojećeg trupa pruge i nasipava se trup do potrebne visine. Nakon izdizanju planuma do projektirane visine postavlja se zastor i prebacuje se kolosijek na staru os pruge.“ [6]



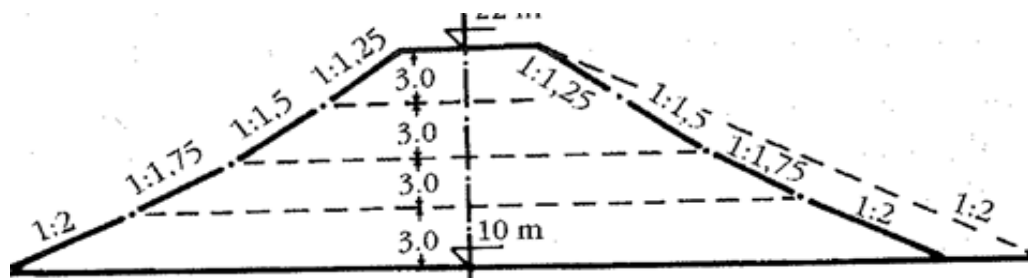
Slika 12. Veće pomjeranje kolosijeka [6]

2.8.2. Projektiranje kosina usjeka i nasipa

Pri projektiranju nagiba kosina usjeka (slika 13) i nasipa (slika 14) izbor optimalnog nagiba određuje se iza ravnoteže ukupnih troškova (povećanih troškova održavanja izazvanih izgradnjom strmijih kosina i povećanih troškova izgradnje kosina s blažim nagibom). S obzirom na nagibe, kosina nasipa i usjeka izgrađenih u homogenom koherentnom materijalu, ovisno o njihovoj visini, nužno je projektirati jedinstveni nagib prema ukupnoj visini nasipa ili usjeka, odnosno da se promjena nagiba predvidi svakih 3 do 4 m visine zbog uštede u iskopu i ugrađivanju materijala.



Slika 13. Usjek [1]



Slika 14. Nasip [1]

Ovisno o nagibu slojeva u dubini i površini terena, a pogotovo ako je nagib slojeva podložniji klizanju i usmjeren prema osi usjeka, projektiraju se kosine različitog nagiba s obzirom na razlike u stabilnosti kosina.

U usjecima kojima je dubina preko 5 m, naročito ako postoji opasnost od zatrpavanja i erozije kanala erodiranim materijalom, projektiraju se berme visine 1 m čime se ublažava i nagib kosine. U dubljim usjecima (preko 10 m) izgrađenim u tlu od materijala podložnom raspadanju ili eroziji, u predjelima s velikim padalinama u kosini se na svakih 10 m visine projektira berma s kanalom, širine 2,5 do 3,0 m (da bi se reguliralo otjecanje vode).

2.9. Odvodnja trupa pruge

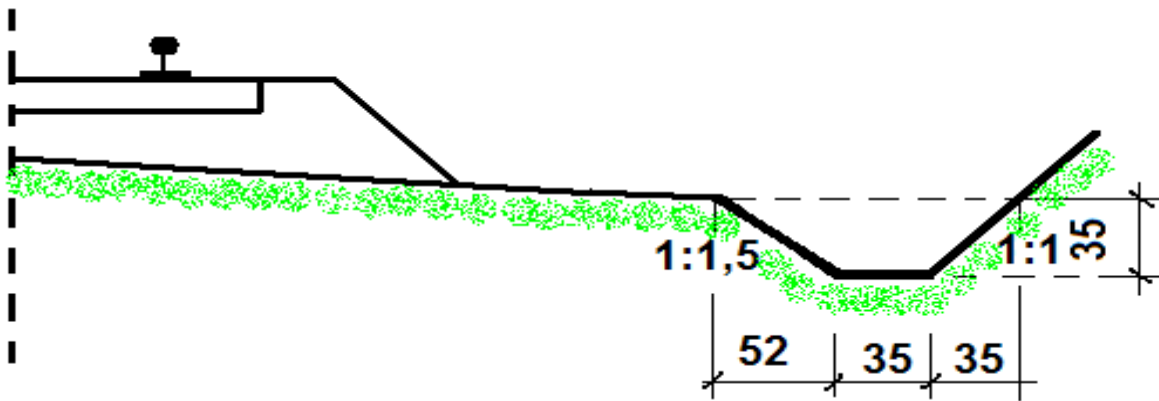
„Projektiranje sustava odvodnje i drenaže izvodi se tako da se površinske i podzemne vode najlakšim i najkraćim putem odvedu s bilo kojeg mjesta trupa pruge do mjesta na kojem više ne predstavljaju opasnost za objekt u razdoblju njegovog korištenja.

Ovisno o vrsti vode koja se odvodi razlikujemo površinsku i podzemnu odvodnju.

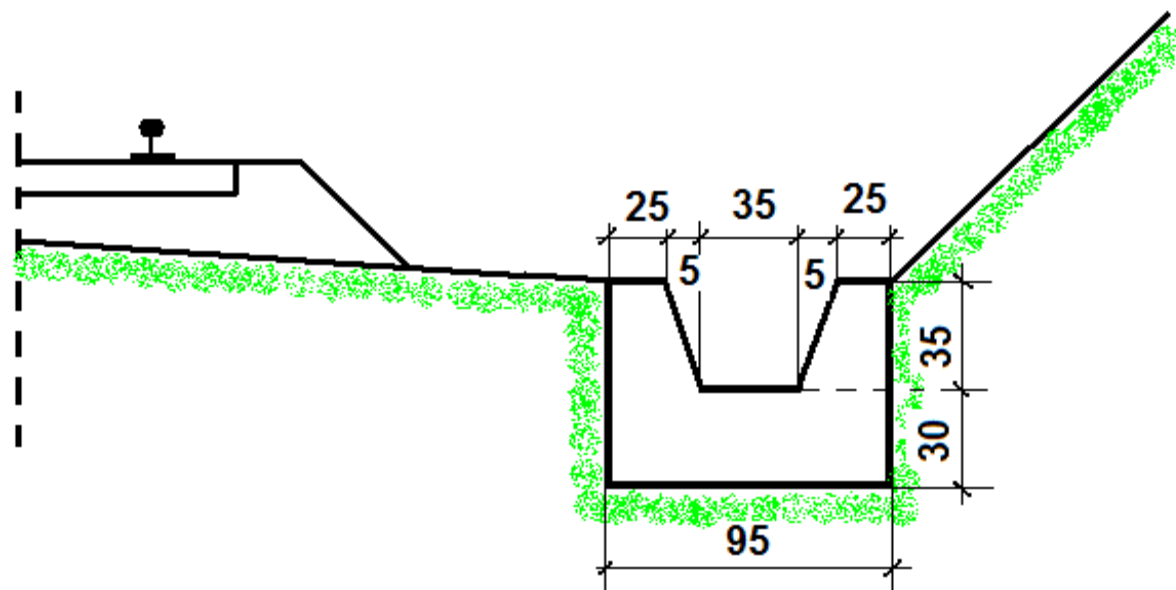
Površinsku odvodnju čine određeni sustavi koji izravno prihvaćaju i odvede oborinsku vodu u obliku kiše i otopljenog snijega i leda.

Površinska odvodnja izvodi se radi prihvata i odvodnje atmosferske vode s trupa željezničke pruge najčešće otvorenim kanalima trapeznog oblika čije dimenzije ovise o količini vode koju prihvaćaju, uzdužnom nagibu, vrsti materijala od kojeg su izgrađeni i namjeni (odvodni ili zaštitni kanali). To su: pružni jarci, zaštitni jarci i nagnute plohe.

Odvodni kanali ili jarci (slike 15, 16 i 18) izvode se uz posteljicu željezničke pruge u usjeku ili zasjeku te uz višu nožicu nasipa. U uzdužnom profilu prate niveletu pruge (GRP), a poželjno je da budu u pravcu ili krivini velikog radijusa. Uzdužni nagib im je 2 – 25 ‰, a kod manjih nagiba 2 - 10 ‰. Betoniranjem kanala sprečava se taloženje mulja.“[2]



Slika 15. Zemljani zaštitni jarak [2]



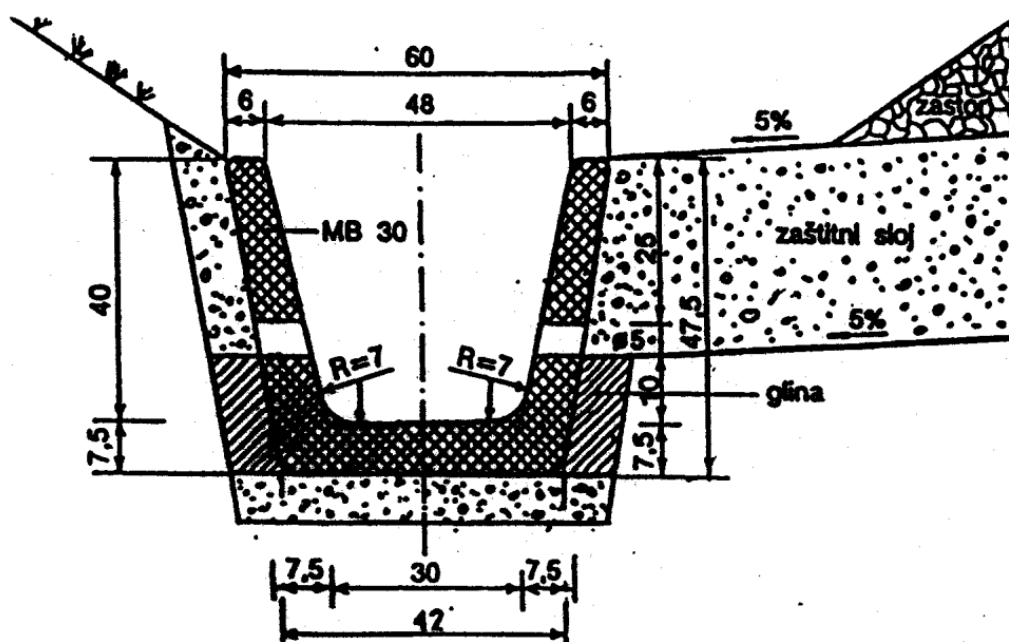
Slika 16. Betonirani zaštitni jarak [2]

„Zaštitni kanali ili jarci se projektiraju i izvode radi odvodnje terena uz trasu pruge, tj. zbog sprečavanja ispiranja pokosa usjeka. Najčešće su trapeznog oblika, minimalne širine dna od 0,3 m.“[2]

Iskop zemljanog zaštitnog jaraka je prikazan na slici 17. na dionici pruge Sisak - Sunja



Slika 17. Zemljani zaštitni jarak, dionica pruge Sisak-Sunja, Pružne građevine



Slika 18. Pružni AB jarak od gotovih dijelova (HŽ tip 1) [8]

Izgradnja odvodnje gotovim željezničkim betonskim kanalicama tip 1 i tip 2

Izvođenje radova:

Nakon što izmjerimo dubinu dna kanala od GRT-a tračnice, vrši se iskop materijala, zbjija vibro pločom i potom betoniramo podložni dio dna kanala (slika 19) visine 10 cm.

Kanalice (slike 20 i 21) postavljaju se na beton ili suhu cementnu smjesu visine 10 cm. Nakon što se kanalice tipa 1 i tipa 2 ugrade (slike 22, 23 i 24) fugiramo spojeve kanalicama.



Slika 19. Priprema kanala za podložni beton, dionica pruge Sisak-Sunja, Pružne građevine



Slika 20. Ugradnja gotovih betonskih odvodnih kanalicama tipa 1, Pružne građevine



Slika 21. Ugradnja gotovih betonskih odvodnih kanalicica tipa 1, Pružne građevine



Slika 22. Ugradnja gotovih betonskih odvodnih kanalicica tipa 1 i tipa 2, Pružne građevine



Slika 23. Ugradnja gotovih betonskih kanalice tipa 1, Pružne građevine



Slika 24. Ugradnja gotovih betonskih kanalice tipa 2, Pružne građevine

Na slici 25 vidi se iskop i ugradnja kanalica sa spojem na betonski propust



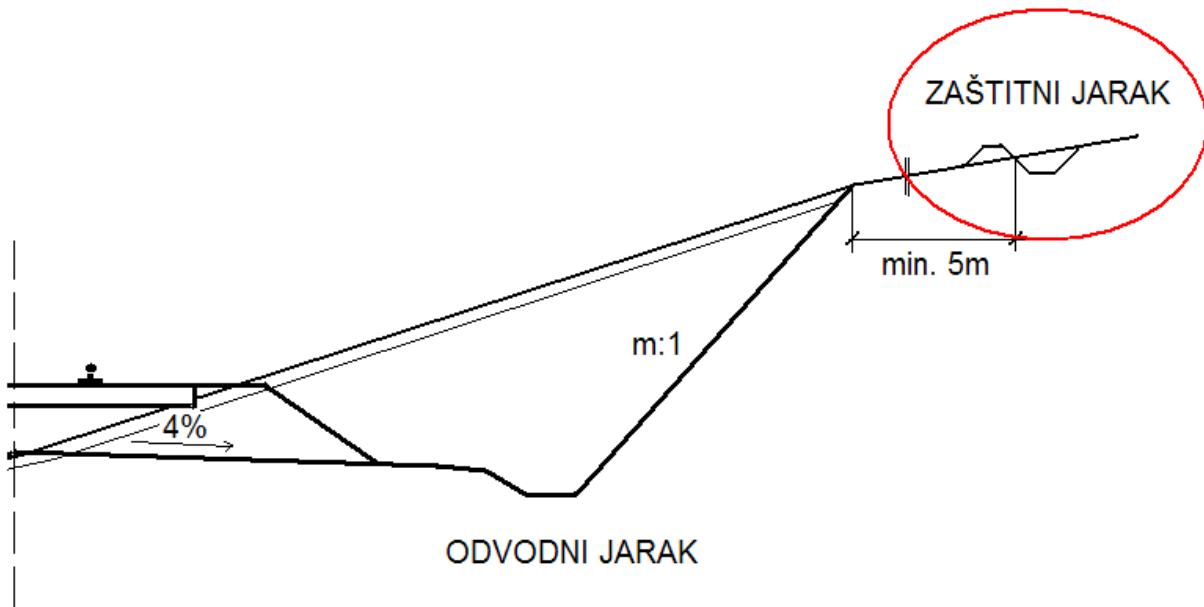
Slika 25. Odvodnja sa spojem na betonski propust, Pružne građevine

Na slici 26 vidi se strojno pikamiranje, čišćenje materijala i ugradnja kanalica tip 2



Slika 26. Strojno pikamiranje i ugradnja kanalica, Gomirje, Pružne građevine

Zaštitni jarci i odvodni jarci (slike 27, 28 i 29) van su područja usjeka i nasipa kojima se prihvaća površinsku vodu sa šireg slivnog područja i željezničku prugu se štiti od razornog djelovanja površinskog slijeganja.

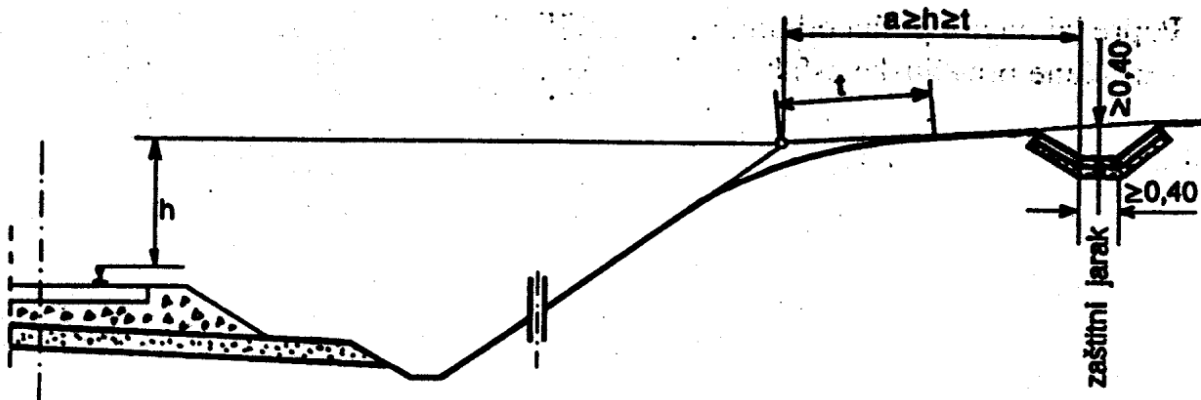


Slika 27. Odvodni i zaštitni jarak [2]

Rigoli su odvodni jarci na uređenim ploham (asfalt, beton).



Slika 28. Kružni rigol [8]



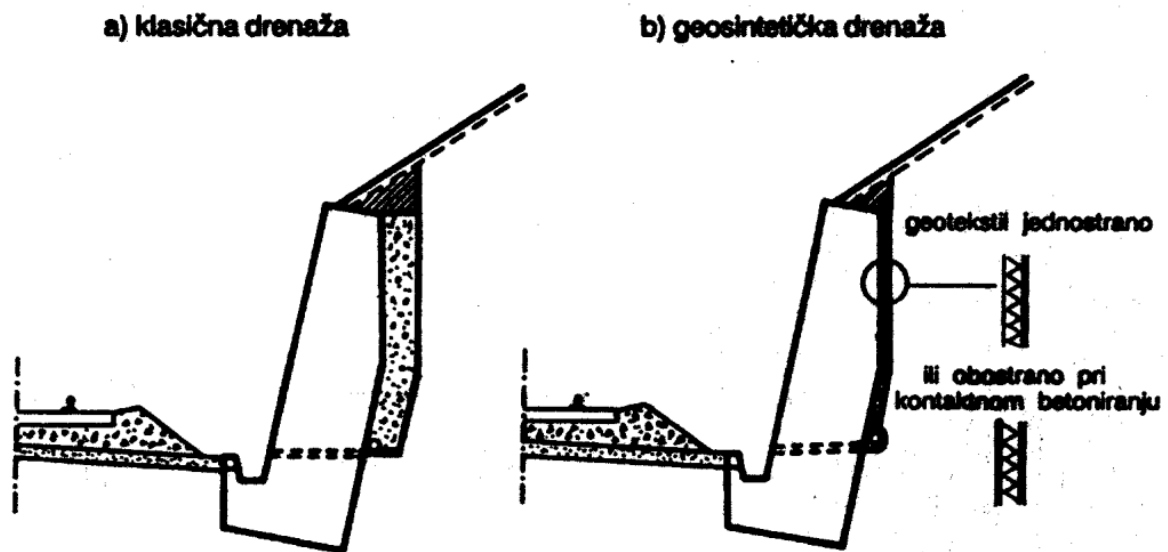
Slika 29. Zaštitni jarak na padini iznad usjeka [8]

„Nagnute plohe su sve uređene plohe s nagibom prema vodoprijamniku (kanalu, jarku, vodotoku ili u samu prirodu). Neke mogu biti i vodoravne (manevarske staze) ako je površinski sloj od propisnog gradiva (šljunak, tucanik), a donji sloj dreniran ili propustan. Oborinska voda odvodi se najkraćim putem što se postiže poprečnim nagibom.

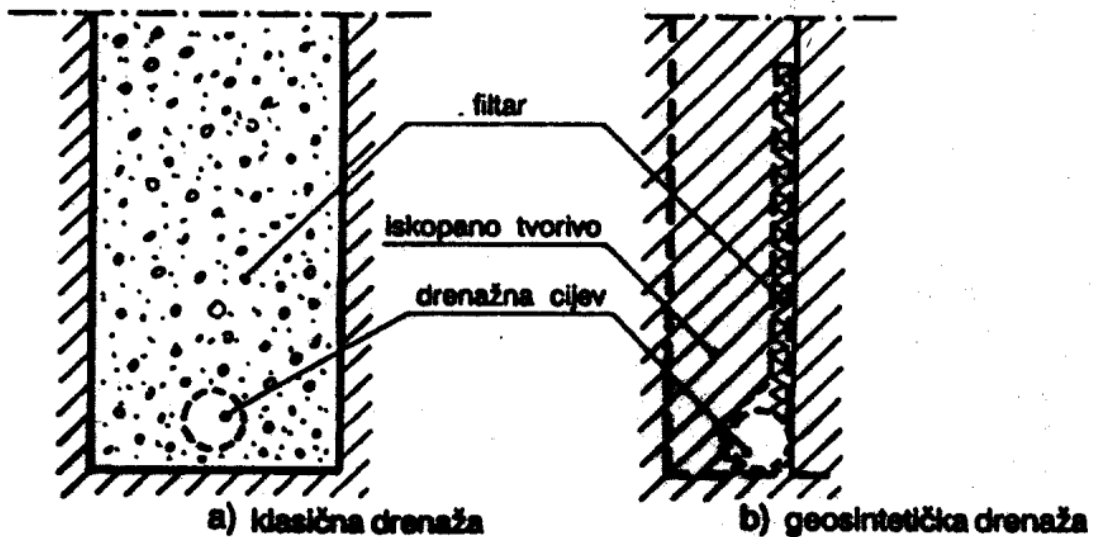
Poprečni nagibi zemljišnih ploha :

- berme, terase i sl. > 5%
- ravnik pruge 5%
- ravnik temeljne podloge > 5%“ [8]

„Podzemna odvodnja se provodi radi spuštanja razine podzemnih voda ili prihvaćanja podzemnih voda iz vodonosnih slojeva. Na taj način se poboljšava stabilnost objekta ili teren kojem je poremećena stabilnost.“[2] Odvodne uređaje za prihvat i odvodnju samo procjedne vode (voda koja se kreće ili stoji ispod površine) ubrajamo u podzemnu odvodnju. Podzemnim odvodnim sustavima se mijenja ili isušuje hidrodinamički tok, čime se stabilizira građevina ili tlo.

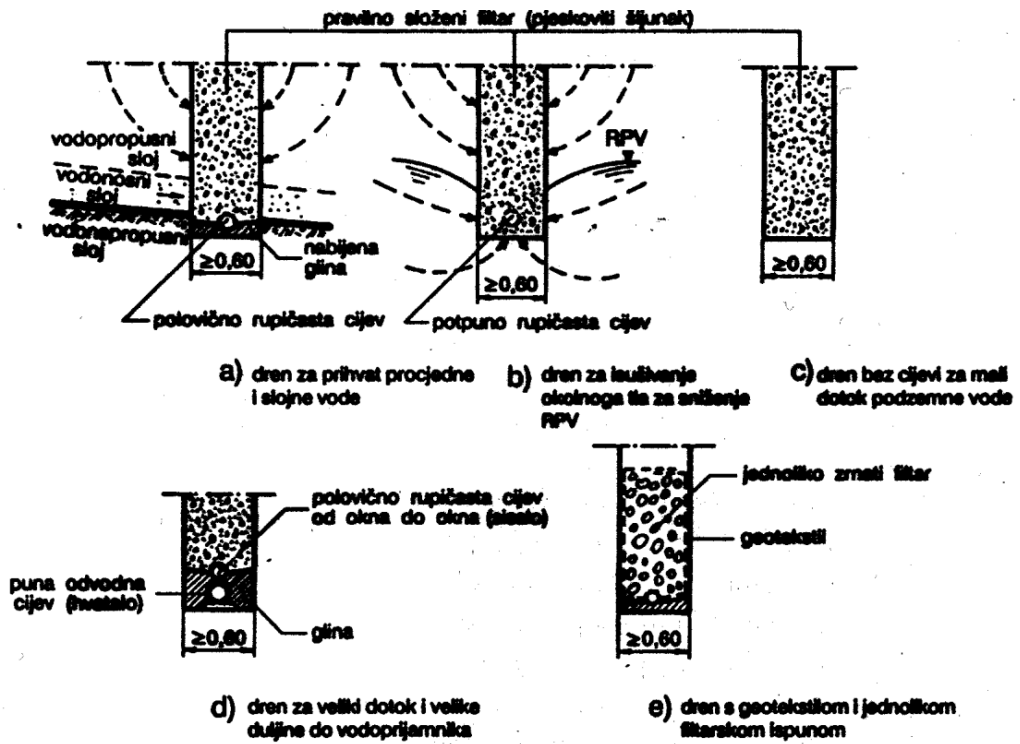


Slika 30. Usporedba klasične i geosintetičke drenaže iz zidova [8]



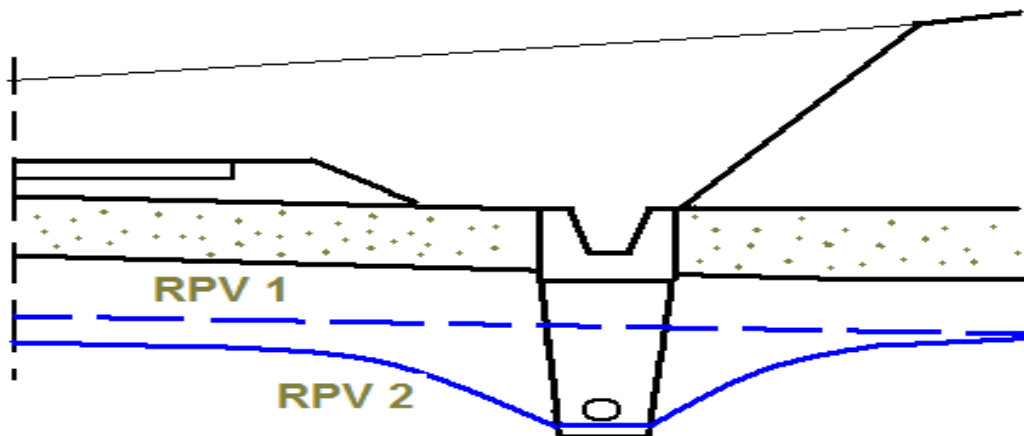
Slika 31. Usporedba klasične i geosintetičke drenaže [8]

„Najzastupljeniji podzemni uređaji sa širokom primjenom u graditeljstvu su drenaže (slike 30 i 31). Temeljno pravilo je primanje vode bez odnašanja čestica tla. Kopani drenovi su najkorišteniji u povijesti (Rimljani – glinene rupičaste cijevi; kamene drenaže od lomljenog kamena). Slabost im je velika poroznost – brza brtvljenost. Spoznajom filtarskog pravila izrađuju se drenovi (slika 32), s više slojeva, različitog materijala i oblika. Širina kopanih drenova redovno je 60 cm, a ako su duboki, može i više (90 – 100cm). Svaki kopani dren mora se opremiti kako bi djelovao trajno i bio znatno propusniji od okolnog terena.“[8]

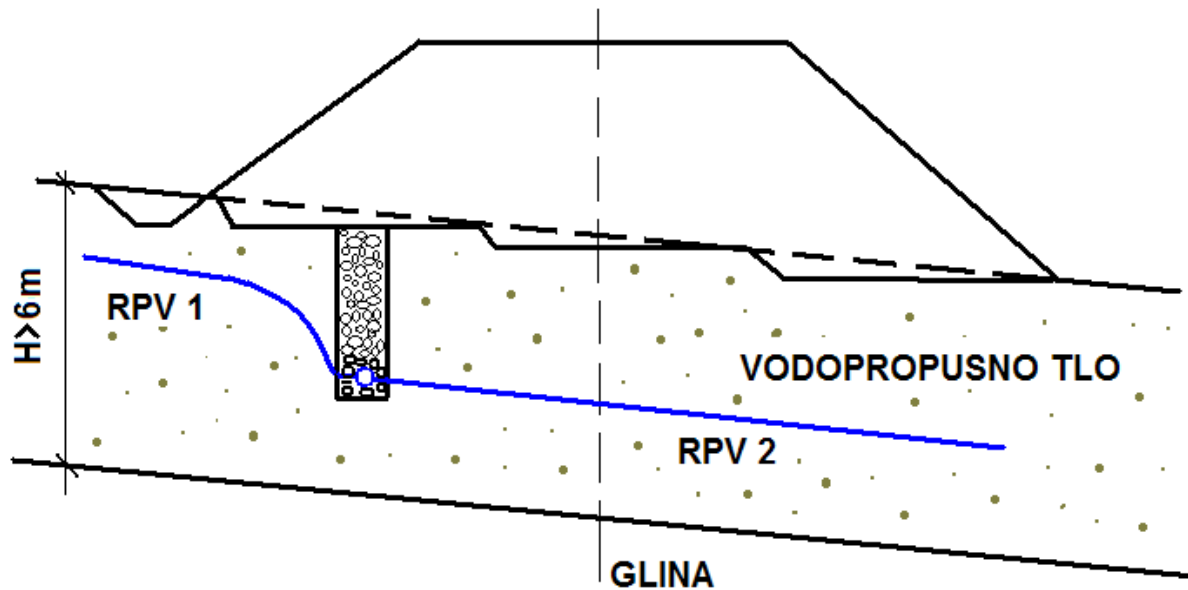


Slika 32. Vrste kopanih drenova [8]

Pomoću dubokih drenova, (slike 33 i 34) spušta se razina podzemne vode, a postavljaju se u slobodnim površinama ili ispod odvodnih kanala. Razina podzemne vode određuje dubinu drenova.

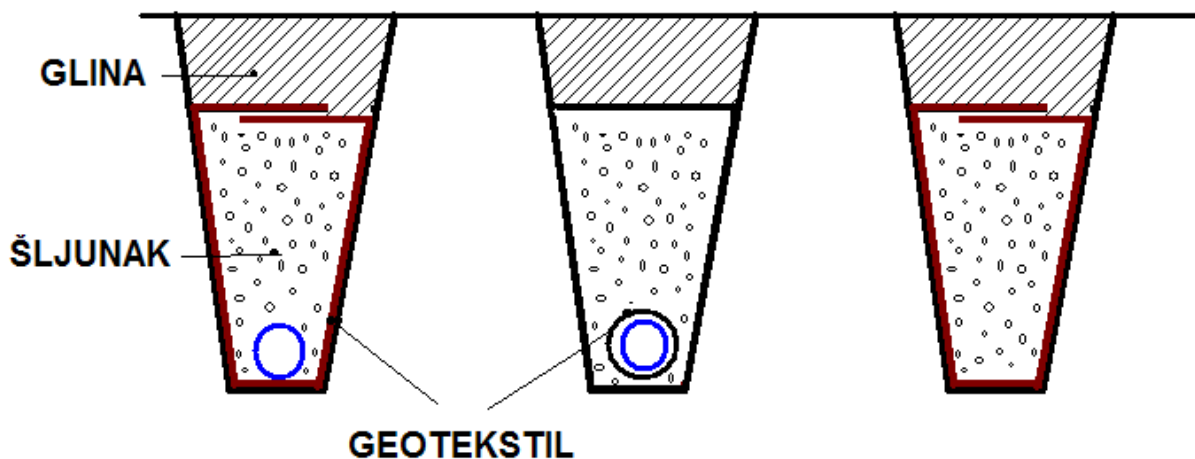


Slika 33. Duboka drenaža ispod odvodnog jarka[2]



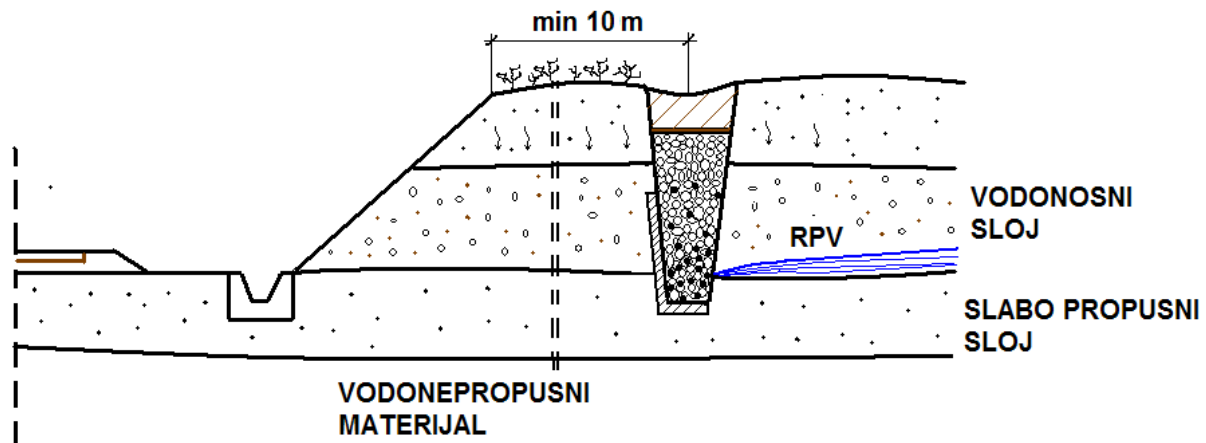
Slika 34. Duboka drenaža u slobodnoj površini [2]

Pri izvođenju duboke drenaže (slika 35) geotekstil se dodaje da se spriječi miješanje zemljanog materijala i filterskog sloja šljunak. Ponekad se drenažne cijevi omataju geotekstilom da se spriječi ulazak sitnih čestica materijala zbog kojih može doći do začepjenja cijevi.



Slika 35. Načini izvedbe dubokih drenaža[2]

„Ako se prilikom izgradnje usjeka presječe vodonosni sloj pa dođe do klizanja pokosa usjeka i stvaranja klizne plohe, mora se osigurati trup željezničke pruge i prihvat vode iz vodonosnog sloja. Prilikom projektiranja drenaže (slika 36) mora se osigurati: da dno drenaže bude niže od maksimalne dubine djelovanja mraza, da se dno ukopa oko 0,5 m u vodonepropusni sloj i da na bočnoj strani nasuprot one s koje pritječe voda treba izgraditi vodonepropusni sloj radi sprječavanja otjecanja vode kroz drenažnu ispunu.“[2]



Slika 36. Duboka drenaža u usjeku [2]

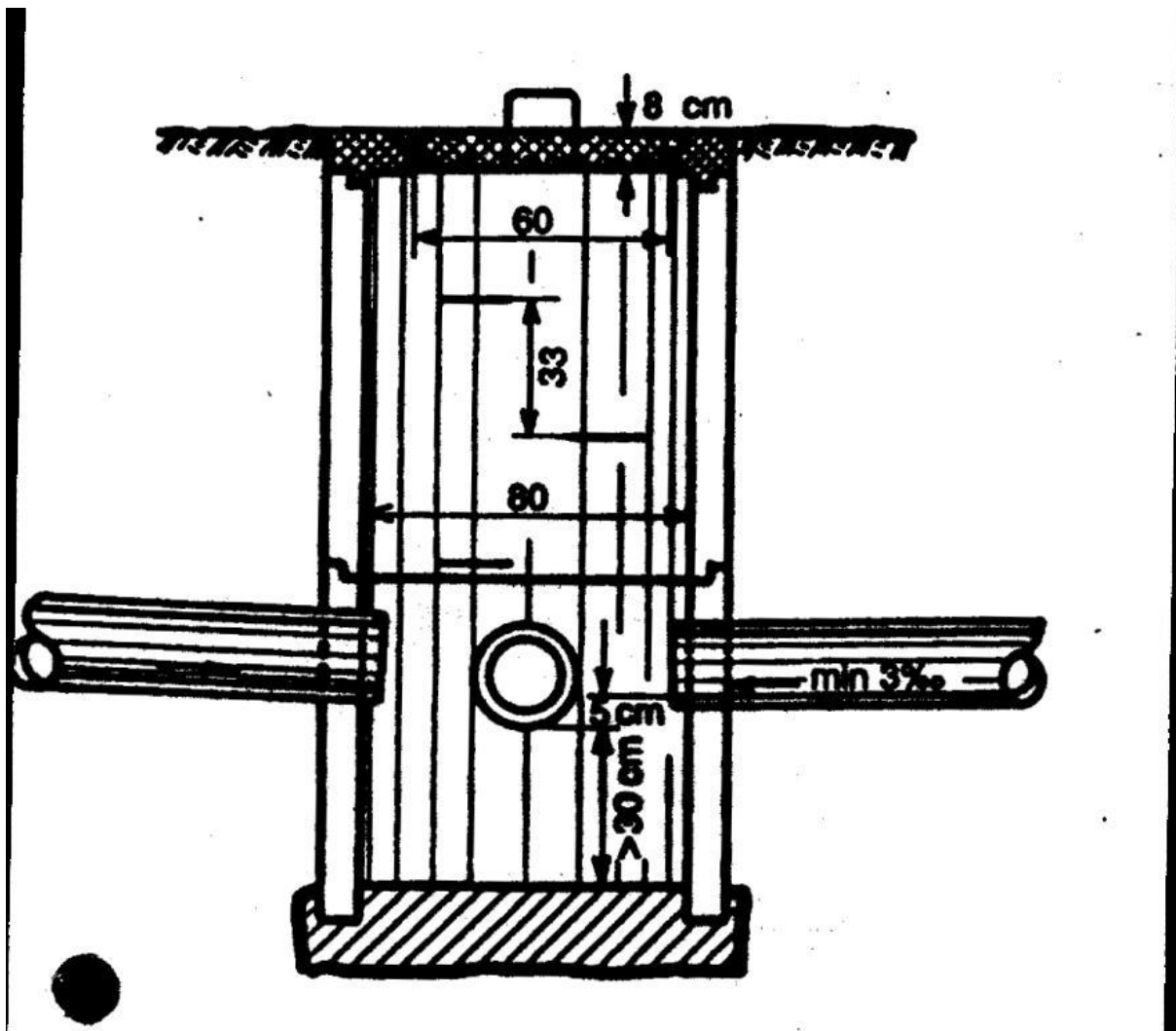
„Na ovaj način drenaža prima vodu sa strane, a isušuje se teren između usjeka i drenaže. Površina terena ispred drenaže se izravna, zasadi se pogodno raslinje i na njoj se napravi zaštitni kanal koji je minimalno udaljen 10 m od nožice usjeka.“[2]

Kada drenovi služe za isušivanje okolnoga tla sniženjem razine podzemne vode, tada se primjenjuju potpuno šupljikave cijevi po cijelom oplošju i polažu se u propusnu ispunu bez glinene podloge.

Drenaža treba primati isključivo podzemnu vodu. Izlaze svih drenova na površini (kopanih i bušenih) treba osigurati od začepljenja malom betonskom građevinom. Drenažna mreža izrađuje se na velikim plohamama u svrhu stabilizacije ili isušivanja tla. Svaka drenažna cijev sastoji se od: drenažnih vodova, prihvatnih vodova, okana i vodoprijamnika.

„Drenažni ili procjedni vodovi su vodovi s filtrom ili šupljikavom cijevi, hidrodinamičkim djelovanjem uvlače vodu tj. sišu vodu iz tla (sisala). Prihvatni ili skupni vodovi (skupljači, kolektori) primljenu vodu iz drenova odvede do vanjskog vodoprijamnika ili glavnog kolektora (hvatala). Mogu biti procjedni (na klizištima) ili kanalizacijski (na šupljikave cijevi).“ [8]

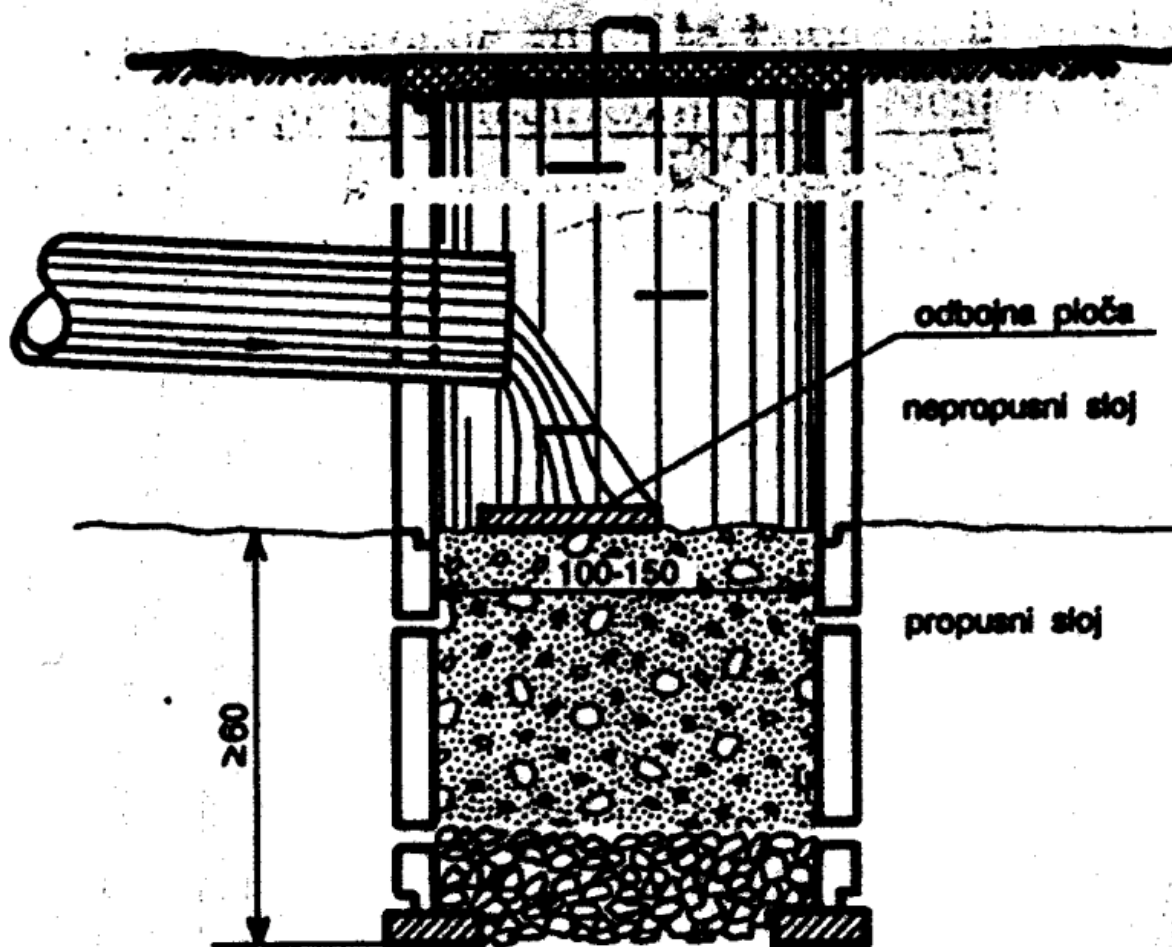
Okna za čišćenje (slika 37) s taložnicom (muljokolovkom) služe za ispitivanje, čišćenje i prozračivanje vodova.



Slika 37. Okno za čišćenje [8]

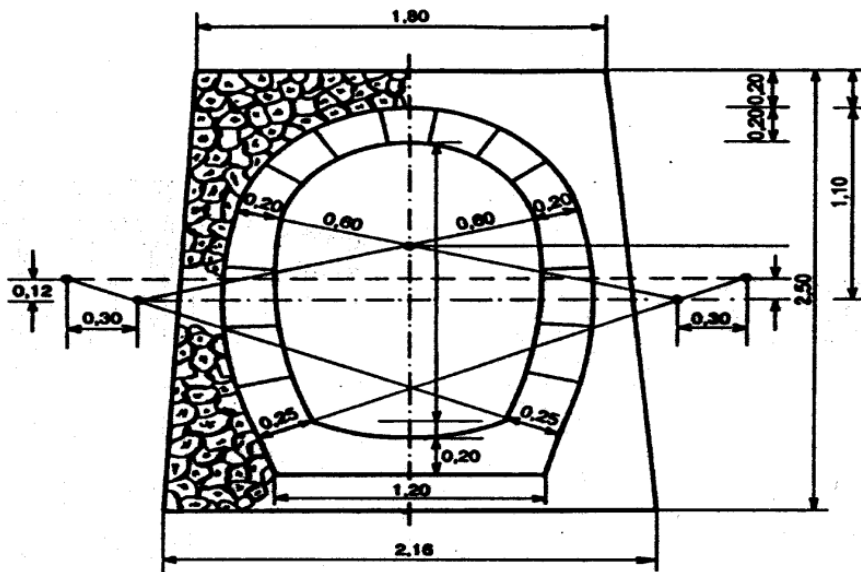
„Okna za pregled (revizijska, kontrolna) postavljaju se na početku ili na najvišoj točki (vododjelnica) drenažnog voda.

Procjedna okna ili upojni zdenci (slika 38) primjenjuju se tamo gdje je propusno tlo plitko, a nema odgovarajućeg vodoprijamnika.“ [8]



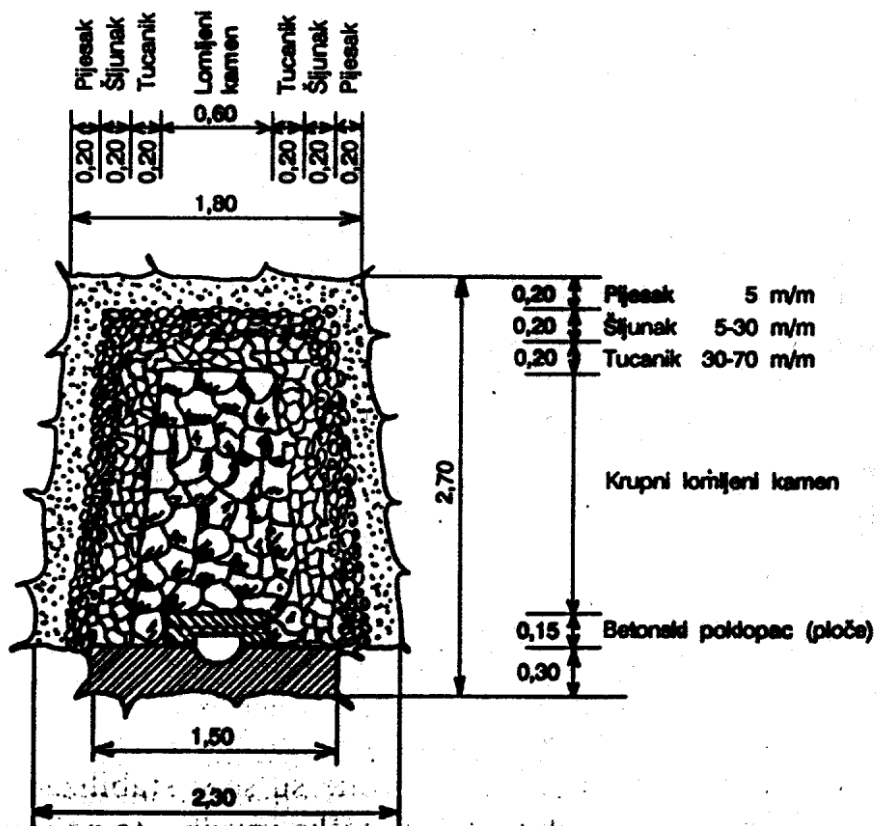
Slika 38. Procjedno okno (upojni zdenac) [8]

„Sva okna pokrivena su čvrstim i trajnim poklopcima od čelika ili armiranog betona. Vodoprijamnici su izljevi na krajevima odvodnodnih sustava, otvoreni (jarci, vodotoci, kanali) i zatvoreni (kanalizacija, upojni zdenci, ponori). Drenažna rebra u pokosima ili na padinama su drenovi kopani poprečno na prometnicu (uzduž nagiba padine). Drenažne galerije (slika 39) su prohodne velike drenaže iskopane na tunnelski način. Primjenjuju se u stabilizacijama klizišta s dubokom plohom gdje ne postoje druge mogućnosti.“ [8]



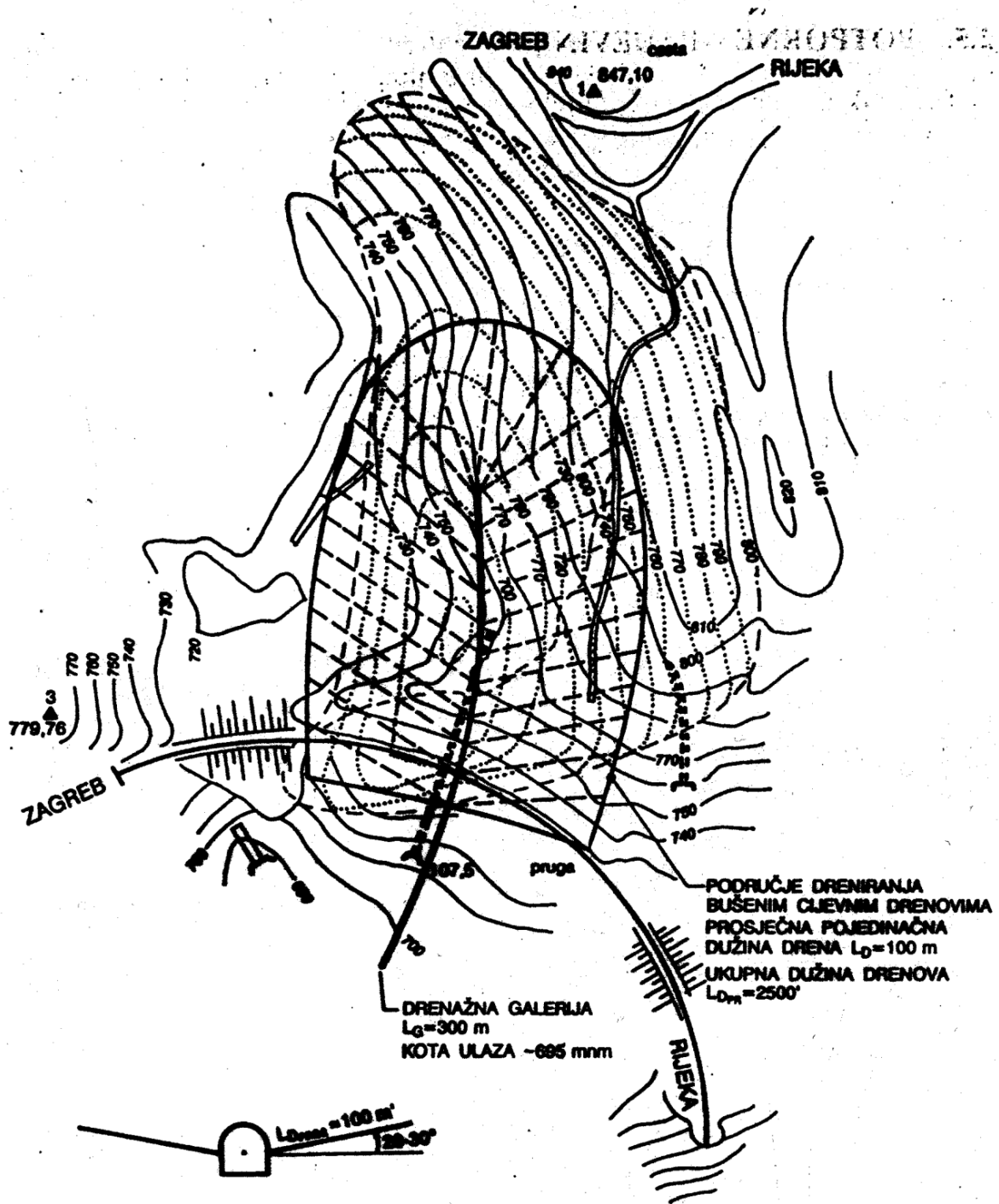
Slika 39. Drenažne galerije [8]

Drenažni potkopi (slika 40) su drenaže iskopane u obliku tunela i nakon završetka iskopa zatvorene su drenažnom ispunom.



Slika 40. Drenažni potkop [8]

„Bušeni drenovi (slika 41) primjenjuju se za hvatanje podzemnih voda duboko ispod površine zemljišta (klizišta s dubokim kliznim plohama, u stijenskim masama).“ [8]



Mreža bušenih drenova s drenažnom galerijom (Kl. Zalesina - projekt)

Slika 41. Mreža bušenih drenova [8]

2.10. Pravilnik kod ekološkog onečišćenja

„Ustanoviti vrstu onečišćenja na temelju ploča za označavanje, natpisa, prethodnih spoznaja ili listića opasnosti te vrijeme nastanka, ustanoviti mjesto i način nastanka onečišćenja:

- istjecanjem pogonskog goriva iz podzemnih spremnika puknuća cijevi indikatora razine, propuštanja goriva na spojevima cjevovoda ili oštećenja podzemnih spremnika
- istjecanjem dizelskog goriva iz vagonске cisterne na površinu tla pri punjenju podzemnih spremnika te oštećenja i propuštanja vagonске cisterne koja očekuje pražnjenje
- istjecanjem dizelskog goriva pri opskrbi dizelskih vučnih vozila zbog neispravnosti uređaja za izdavanje goriva ili zbog smanjene pozornosti izdavača goriva i maziva
- propuštanjem tlačnog naftovoda
- razlijevanjem maziva pri izdavanju, oštećenjem bačve i sl.
- u skladištu razlijevanjem tekućina zbog pucanja ambalaže pri transportu do skladišnog mjesta te nesmotrenim rukovanjem
- namjernim unošenjem štetnih tvari u okoliš (sabotaža, diverzija)
- prolijevanjem ili prosipanjem opasnih tvari pri transportu
- zbog izvanrednih događaja s posljedicom dospijevanja opasnih i štetnih tvari (RID – tvari) koje se prevoze u tlo, podzemne i nadzemne vode
- zbog izvanrednih događaja s posljedicom dospijevanja opasnih i štetnih tvari – goriva iz spremnika dizelskih lokomotiva te transformatorskog ulja iz transformatora vučnih sredstava u tlo, podzemne i nadzemne vode ustanoviti i u izvješću navesti jesu li poduzete prijeko potrebne mjere koje se primjenjuju onda kada dođe do izlijevanja, prosipanja ili na drugi način do unošenja opasnih i štetnih tvari na površinu zemlje, vodotoka ili kanalizacijskih sustava i kada se time onečisti to, podzemna ili nadzemna voda ustanoviti veličinu onečišćenja te imena i prezimena očevidaca.“[4]

2.11. Zaštita okoliša

Zaštita voda uz prugu

Opasne tvari koje se prijevoze mogu biti u kapljevitom, plinovitom i sipkom stanju. Namjensko kemijsko suzbijanje korova i grmlja herbicidima isto tako može biti onečišćivač

voda ako se neprimjereno provodi. Drveni pragovi impregnirani kreozotnim uljem koji u sebi sadrži fenol, antracen i naftalin razgradnjom i ispiranjem također mogu onečistiti podzemlje.

Zato pri izgradnji, dogradnji i obnovi pruga valja vodozaštitna područja zaštititi prikladnim vodonepropusnim tvorivom kao što su nepropusne geomembrane od folija, gline i betona ili uspravne dijafragme uz prugu.

Uklapanje u prirodu

Primjerenim uklapanjem u prirodu pruga i pružnih građevina može se smatrati:

- vođenje trase na kojoj pružne građevine neće bitno narušavati prirodni krajolik, zaštićena područja i naseljena mjesta
- zaobljivanje pokosa nasipa i usjeka
- ozelenjivanje raslinjem pokosa i narušenih površina, pa i onih kamenitih
- izbor i oblikovanje građevina prikladnih podneblju i prirodnom krajoliku
- uredno održavanje okoliša i skladištenje pričuvnog gradiva

Umjesto gradnje zaštitnih građevina od svih naprijed navedenih utjecaja, prikladnije je prugu voditi kroz tunele.

3. SPECIFIČNOSTI IZGRADNJE ŽELJEZNIČKIH PRUGA U REPUBLICI HRVATSKOJ

3.1. Građenje zemljanog trupa pruge

Zemljani trup pruge čine usjeci, zasjeci i nasipi. U određenim uvjetima tamponski sloj se ugrađuje kao sastavni dio trupa. Gradi se na području cijele Republike Hrvatske.

Prema općem ustrojstvu trup pruge ima sljedeće elemente: zaštitni sloj (tampon): podloga zaštitnog sloja, nasip (zasjek), temeljna podloga, temeljno tlo.

Poprečni presjek ravnika pruge treba imati nagib 1:25. Ravnik tla je, po pravilu, paralelan ravniku pruge ili ima veći poprečni nagib 1:15 (do 1:20). Ravnik pruge izložen je raznim utjecajima koji odvođe do njegovog deformiranja.

Uzroci deformacija ravnika pruge koje se nepovoljno odražavaju na prugu u cjelini mogu se tražiti u:

- slabom temeljnom tlu trupa
- visokim statičkim i dinamičkim naprezanjima od prometnog opterećenja
- nedovoljnoj zbijenosti tla ispod ravnika zaštitnog sloja
- lošem odvodnjavanju ravnika podloge zaštitnog sloja
- akumuliranju vode u tlu i bubrenju.

Za oštećenja ravnika zaštitnog sloja uslijed prometnog opterećenja od posebnog značenja su kod nevezanog tla vibracije osovina i kotača, a kod vezanog tla statička opterećenja.

Odnos oštećenja i njihovih uzroka vrlo je teško odrediti jer se često više nepovoljnih uzroka preklapa, s promjenjivim veličinama. Donji ustroj željezničke pruge tvori zemljani trup koji prema načinu izrade može biti u obliku nasipa, usjeka i zasjeka. Donjem ustroju pripada sustav odvodnje, te objekti na pruži kao što su: propusti; potporni, uporni i obložni zidovi; obloge i biološko-tehnička zaštita. U širem smislu donjem ustroju pripadaju mostovi, vijadukti i tuneli.

3.2. Usjeci

Usjeci su građevine izgrađene usijecanjem (iskopom) u terenska uzvišenja radi postizanja projektirane razinice.

„Za razliku od nasipa u koji se ugrađuje birano tlo ili odlomci stijena, za usjeke nema izbora te se izrađuju u stijeni ili tlu ovisno o geološkoj građi regionalnog terena.“ [1]

Glavni dijelovi su: zaštitni sloj, prijelazni ili zaštitni sloj od smrzavanja, odvodni jarci i pokosi

Usjeci se izrađuju širokim iskopom, gdje se ovisno o geološkoj građi terena, primjenjuju različite tehnologije rada i raznovrsni građevinski strojevi. Nagibi pokosa usjeka ovisni su o dubini, hidrogeološkim prilikama i vrsti tla.

Pokosi se redovito zaštićuju i ozelenjavaju biljnim pokrivačem (humus, trava s geosinteticima, busenje, pleter, grmlje, stabla, ponekad kamenim i betonskim oblogama). Stijene pokosa učvršćuju se na više načina: oblaganjem pokosa armiranim mlaznim betonom, sidrenjem prednapetim geotehničkim sidrima, podupiranjem stijene potpornim zidom, oblaganjem pokosa obložnim zidom i zapunjenjem udubljenja, rasjeda, kaverni, i sl.

Širina usjeka je razmak sjecišta konstruktivnih crta pokosa s prirodnim zemljištem u vrhu usjeka.

Visina usjeka je visinski razmak od kote razinice (ravnika) do kote bivšeg zemljišta u pružnoj osi.

Rub usjeka je sjecište konstrukcijske crte pokosa s prirodnim zemljištem.

Usjecima također pripadaju :

- umjetne konstruktivne građevine (potporni zidovi i drugi potporni i sidreni sklopovi u pokosima usjeka)
- umjetne zaštitne građevine (obložni zidovi i obloga pokosa, betonski i kameni odvodni jarci, drenažni sustavi u pokosima, zaštitne galerije od odrona i snijega ...)
- prirodne zaštitne tvorevine na pokosima od tla (stabla, grmlje, trava, pleter...)
- prirodne zaštitne tvorevine na stjenovitim i umjetnim pokosima (ekološko raslinje koje ne razara pokos).

„Ugrožavajuće pojave u usjecima su: izobličenje pokosa puzanjem materijala, klizanje tla s pokosa, naboranost obloge pokosa, pojava vlažnih mjesta ili izvorište voda na pokosu, erozije pokosa i zatrpavanja snježnim nanosom.“ [1]

Najčešći način sanacije jednostavnih slučajeva je ublažavanje pokosa i izradba drenažnih rebara.

Ugrožavajuće pojave u usjecima iskopanim u stijeni mogu se razvrstati po sljedećim pokazateljima: pojava odronjenog kamenja u kolosijeku; nepovoljna geološka uslojenost; raspucanost i razdrobljenost te vremenska rastrošnost; strmi nagibi i velika visina pokosa

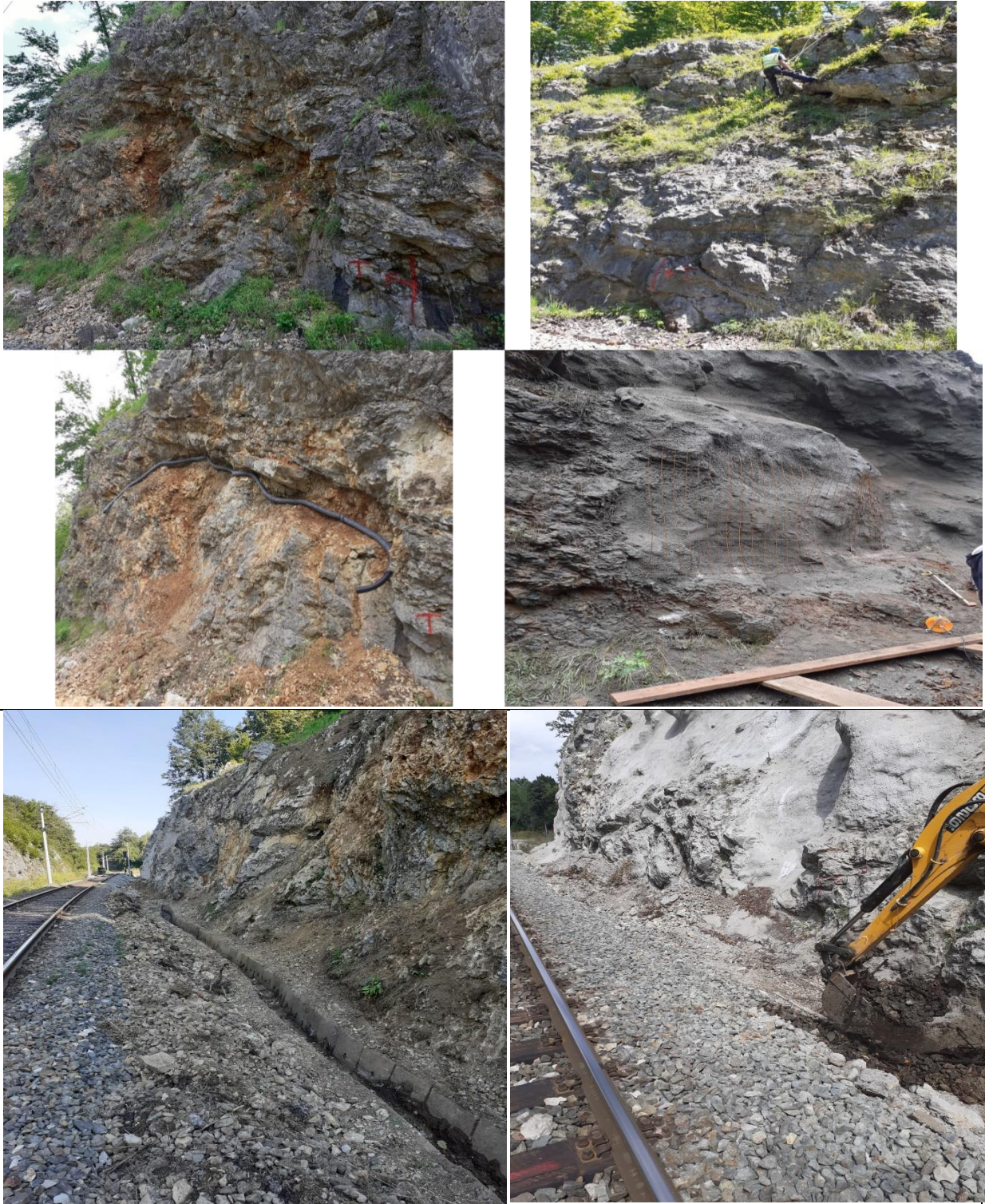
usjeka; nepovoljan litološki sastav stijena (fliš, lapor); pojava izvorišta na pokosima; rast stabala u pukotinama stijene i zatrpavanje snježnim nanosima.

Većina navedenih pojava sanira se nakon geotehničkih razmatranja, istraživanja i po projektu.

3.2.1. Zaštita usjeka mlaznim betonom

Kreće se sa čišćenjem stijenske mase usjeka od vegetacije i trošnih stijena, koja se mora dobro očistiti, tako da nakon ugradnje mlaznog betona tako da nakon nekog vremena ne bi došlo do izbijanja vegetacije ispod ugrađenog mlaznog betona (torkreta). Nakon čišćenja se ugrađuje prvi sloj mlaznog betona, koji se ugrađuje suhim ili mokrim postupkom. Razlika između suhog i mokrog postupka je da kod suhog postupka se mješa vlažni agregat i cement i ugrađuje se pomoću opeme za prskanje, a kod mokrog postupka mješavinu agregata, vode i cementa se napravi u mješalicama i pomoću tlačne posude odvodi gumenim cijevima na mlaznicu. Nakon ugradnje prvog sloja ugrađuju se armaturna mreža koja se spaja čeličnim trnovima za stijenu ili u nekim slučajevima i čepasta folija (hidroizolacija). Postavljaju se procjednice za procijeđivanje vode iz stijenske mase i nakon toga ugrađuje se drugi sloj mlaznog betona. Nakon ugradnje mlaznog betona kanalice se strojno čiste šta je prikazano na slici 42.

Mlazni beton se ugrađuje najvećim djelom u Gorskoj Hrvatskoj na usjecima i zasjecima, kombinirano sa ugradnjom zaštitne mreže.



Slika 42. Zaštita mlaznim betonom i čišćenje usjeka, Ogulinski Hreljin, Pružne građevine

Slika 42. Zaštita mlaznim betonom i čišćenje usjeka, Ogulinski Hreljin, Pružne građevine

3.3. Odroni

„Odroni (slika 43) su trenutačna odvaljivanja stijena ili tla sa strmim kosinama (pokosa padina). Mogu nastati vanjskim ili unutarnjim utjecajima kao što su potkopavanja,

podlokavanja, erozije, procjeđivanja (sufozija), rastrožba, rast stabala u pukotinama, potresi, nedostatna čvrstoća, raspucanost, hidrostatski tlak, led, glinena pukotinska ispuna i sl.“ [1]

Utjecajem navedenih čimbenika odroni mogu nastati klizanjem po kliznim plohama u tlu i u stijeni ili gravitacijskim prevrtanjem pojedinih kamenova ili kamenih gromada. Pojedina sanacija odronjavanja na liticama padina je redovito skupa i teško provediva. Može se preventivno provesti alpinističkim skidanjem labilnih dijelova. Umjesto toga obično se provodi zaštita pruga: gradnjom zaštitnih galerija, postavljanjem dojavnog sustava; pošumljavanjem blaže nagnutih dijelova padina i izradbom prihvatnih ograda i utvrda u podnožju padine ili u visovima.

Na slici 43. prikazan je odron na dionici pruge Zagreb – Rijeka, između kolodvora Zlobin i Plase. Saniran je tako da se prvo pristupilo ugradnji geotehničkih sidara, injektiranju tih sidara, ugradnji mlaznog betona na dijelu di je došlo do urušavanja i nakon ugradnje mlaznog betona postavljena je zaštitna mreža.



Slika 43. Odron, Zlobin, Pružne građevine

3.4. Klizišta

To su pokreti masa nagnutih ploha, bilo sporim pomicanjem – puzanjem (30 cm/god.) ili brzim pokretanjem klizanjem.

Nastaju :

- kao geološki fenomeni uslijed tektonskih kretanja kontinenata (gnječenje, boranje, izdizanje, spuštanje, tangencijalno pomicanje, lomovi na granicama između blokova)
- ljudskim djelovanjem (iskopavanjem, nasipavanjem, masom građevine, promjenom namjene terena s posljedicom promjene vegetacije, promjenom režima podzemnih voda natapanjem ili podizanjem razine, promjenom vodnih tokova i sl.)

Usprkos znanstvenom i stručnom proučavanju, geotehničkim istraživanjima i stručnim radovima prave se pogreške i pozamašne štete.

Pokreti tla i stijena egzogeni su erozijski procesi čijim utjecajem nastaju usjedanja i pokreti na padinama (puzanja i klizanja). Klizanje je svako kretanje stijenskih ili zemljanih masa uz padinu koje su rezultat pomičnog loma na granicama pokrenute mase.

Sa stajališta željezničkih pruga mogu se podijeliti na klizišta i odrone, a klizišta još dalje na klizanja padina i klizanja pokosa. Klizišta padina su rjeđe pojave (na HŽ-u 13 sanacija), a klizišta pokosa učestale (oko 150 sanacija na HŽ-u).

„Obilježja klizišta mogu se izraziti geometrijski :

- rotacijsko nastaje pretežito u homogenim glinovitim kosinama – glavna značajka je pojava pukotina ili klizna ploha sa spuštanjem pri vrhu, a izdizanjem i gnječanjem pri dnu (nožici); klizna ploha je kružno cilindrična, oblika logaritamske spirale, cikloide ili izdužene krivulje
- translacijsko se pojavljuje na manjim dubinama s kliznom plohom približno usporednom s plohom zemljišta u glinovitom i stjenovitom uslojenom tvorivu, složeno klizanje nastaje u nehomogenom tvorivu gdje je klizna ploha sastavljena od više zakrivljenih i ravnih dijelova“ [1]

Najčešći uzroci klizanja su: povećanje prosječnog nagiba kosine; promjena razine podzemne vode; smanjenje čvrstoće tvoriva u kosini i porast aktivnih sila dodatnim opterećenjem padine. Smirenje nastalog klizanja postiže se mjerama u cilju: smanjenja napona smicanja u padini; povećanja čvrstoće na smicanje tvoriva u području sloma i kombinacijom obiju mjera.

Saniranje klizišta i ugradnja odvodne cijevi na prugi kod Đulovca u blizini Daruvara (slika 44).

Do klizišta je došlo uzastopnim podlokavanja pruge vodom sa obližnjeg brda.

Sanirano je na način da je dio trupa pruge strojno uklonjen i iskopan do projektne dubine. Nakon iskopa nasuti dio je zbijen vibro pločom do određenog koeficijenta zbijenosti. Nakon zbijanja ugrađen je beton marke C12/15 kao podložni beton. Na podložni beton se postavlja betonska cijev za odvodnju, armira se oko cijevi po cijeloj duljini, postavlja oplata i zalijeva se betonom. Nakon šta je beton očvrsnuo, propust se nasipava sa kamenim materijalom u slojevima i zbija. Postavljaju se drveni pragovi i montira kolosijek. Na izlazu se postavljaju tipske kanalice za odvodnju.

Godinu dana kasnije nakon sanacije (slika 45).



Slika 44. Saniranje klizišta, Đulovac, Pružne građevine



Slika 45. Godinu dana nakon sanacije pruge kod Đulovca, Pružne građevine

3.5. Mali mostovi i propusti

3.5.1. Definicija i najvažniji mostovni pojmovi

Prema propisima HŽ-a mostovima se smatraju građevine kojima se premošćuju zapreke čiji je rasponski sklop na ležajevima ili zglobovima i ima raspon veći od 5,00 m. Ako rasponski sklop nema ležajeva ili zglobova (svođeni ili slično), navedena mjera odnosi se na otvor (npr. prema propisima njemačkih željeznica ta mjera je 2,00 m).

Most kao cjelina sadrži rasponski sklop (konstrukciju) za premošćivanje i oslonce temeljene u tlu ili stijeni.

Najvažniji mostovni pojmovi :

- otvor mosta – razmak unutarnjih ploha upornjaka ili stupova
- raspon sklopa mosta – razmak od osi do osi ležaja
- duljina rasponskog sklopa mosta – razmak između krajnjih rubova sklopa
- duljina mosta – duljina zajedno s krilima upornjaka
- svjetla širina mosta – razmak između unutarnjih rubova glavnih nosača ili ograde
- statička širina mosta – visina od gornje ivice tračnice (GIT) do donjeg portalnog ruba, odnosno do donjeg ruba vjetrenog veza
- građevna visina – visina od donjeg ruba sklopa do GIT-a
- konstrukcijska visina – visina od ležišta ležaja (kvadera) do GIT-a

- razred (kategorija, klasa) nosivosti mosta – dopušteno opterećenje po osovini i dužinskom metru
- most s otvorenim kolosijekom – kolosiječna rešetka s poprečnim drvenim pragovima pričvršćenim na sekundarne uzdužne nosače (SUN) čeličnih mostova
- most sa zatvorenim kolosijekom – kolosijek sa zastorom kao i na otvorenoj pruži
- most s izravnim kolosiječnim pričvršćenjem – za male konstrukcijske visine izravno pričvršćenje tračnica za podlogu.

3.5.2. Dijelovi i podjela mostova

Osnovni su dijelovi mosta :

- donji ustroj mosta u koji spadaju svi dijelovi mosta ispod ležišta rasponskog sklopa ili pokraj njega
- gornji ustroj mosta u koji spadaju svi dijelovi mosta iznad ležišta rasponskog sklopa.

Donji ustroj mosta obično su upornjaci, stupovi, ledobrani i ledolomi.

Upornjak je krajnji stup gdje prestaje most, a počinje nasip. Sastoji se od zida upornjaka s ležajnim gredama i kvaderima, krila, temelja i stožaca nasipa.

Stupovi su srednji oslonci mosta koji osim tijela stupa imaju i ležajne grede, kvadere i temelje.

Ledobrani i ledolomi posebni su dijelovi koji štite stupove od udaraca leda.

Osnovna podjela mostova je po vrstama i tipovima.

Po vrstama se dijele na :

- po svrsi: željeznički, cestovni, pješački itd.
- po mjestu i položaju: riječni, dolinski (vijadukti), podvožnjaci, nadvožnjaci itd.
- po veličini: mali, srednji i veliki
- po trajnosti: privremeni, polustalni, stalni
- po učvršćenosti: nepokretni, pokretni, plutajući (pontonski)

Po tipovima (uža konstruktorska obradba):

- po otvorima: s jednim, dva, tri ili više otvora
- po obliku razinice (nivelete): s ravnom ili zaobljenom razinicom
- po položaju kolosijeka: s kolosijekom gore, dolje, upuštenim, s otvorenim i zatvorenim kolosijekom
- po tlocrtnom položaju i obliku: okomiti, kosi, u pravcu, u vodoravnom luku

- po obliku glavnog nosača: svođeni, viseći, poduprti
- po tipu rasponskog sklopa: pločasti, gredni, lučni, rešetkasti, punostijeni
- po gradivu: drveni, masivni, metalni
- po načinu izradbe: zidani, betonirani, prednapeti, zakovani, zavareni
- po načinu ugradbe: građen na mjestu ugradbe, od predgotovljenih dijelova
- po statičkom sustavu glavnog nosača: gredni, lučni, okvirni, viseći, ovješeni...

Na osloncima (donjem ustroju) mostova i propusta, koje jednako sadrže masivni mostovi i propusti, ugrožavajuće pojave mogu biti :

- podlokavanje upornjaka, krila, stupova i čunjeva (znakovita za bujične vodotoke, zaštićuje se projektom na osnovu hidrotehničkih istraživanja)
- pojave leda na rijekama (ugrožavanje stupova i upornjaka mostova, zaštita šiljastim oblikovanjem stupova ili ledobranima i ledolomima)
- izobličenje kamenih čunjeva (u obliku trbušastih ispupčenja, naboranosti i pukotina uslijed mjestimičnog oštećenja, rastrožbe, titraja vozila, točkastog nalijeganja kamena na kamen, popuštanje temeljne stope, hidrostatskih i geomehaničkih pojava; sanacija izobličenja provodi se preslagivanjem obloge).

3.5.3. Izgradnja malog mosta Staro Petrovo Selo

Zbog lošeg stanja mosta, postojeći most će se zamijeniti novim. Novi most se postavlja u osi postojećeg mosta.

Novi most je pravokutni armiranobetonski okvir svijetlog otvora 4,8x3,2 m s okomitim krilima na nizvodnoj strani i na uzvodnoj strani. Gornja i donja ploča su debljine 50 cm, zidovi i krila također su debljine 50 cm. Izvedena je jedna okvirna armiranobetonska konstrukcija za oba kolosijeka zajedno. Ukupna širina konstrukcije je $\text{š}=120+880+120=1120$ cm. Most se nalazi u agresivnom djelovanju okoliša. Odvodnja rasponske konstrukcije se ostvaruje uzdužnim nagibom od sredine prema rubu. Na gornju, ispod donje ploče i na zidove se postavlja hidroizolacija. Tlocrtno most je postavljen pod kutom od 90° u odnosu na os pruge. Ispred i iza zidova upornjaka mosta formiran je klin od kamenog materijala.

Na slici 46 prikazan je iskop temelja 12x 25 m.

-Iskop za temelj (slika 46)



Slika 46. Iskop temelja, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine

Nakon provedenih iskopa, pristupilo se zaštiti građevinske jame, napravljeni su zagati i postavljena je cijev za odvodnju. Radilo se u razdoblju velikih kiša, pa je cijev postavljena ako dođe do bujičnog tečenja da se voda odvodi van građevne jame.

Postavljanje cijevi za odvodnju vode slika 47.



Slika 47. Cijev za odvodnju, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine

-Temelj

Nakon osiguranja građevne jame od poplave, pristupilo se izgradnji temeljne ploče prikazano na slici 48. Nasuti materijal je zbijen do odgovarajućeg koeficijenta zbijenosti. Betonira se podložni beton debljine $d=10$ cm. Na podložni beton se postavlja armatura na način priložen u projektnoj dokumentaciji. Nakon završetka armiranja donja ploča se betonira vodonepropusnim betonom uz vibriranje marke C30/37.

Betoniranje podložnog betona i armiranje donje ploče mosta (slika 48)



Slika 48. Armiranje donje ploče, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine

-Zidovi i krila

Nakon stvrdnjavanja betonske ploče pristupilo se izgradnji zidova i krila mosta prikazano na slici 49. Postavljena je armatura unutar dvostrane oplata. Zidovi i krila su betonirani vodonepropusnim betonom marke C30/37 uz vibriranje.

Armiranje, oplata i betoniranje zidova i krila na mostu (slika 49)



Slika 49. Zidovi i krila

Slika 49. Zidovi i krila, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine

-Gornja ploča

Nakon završetka zidova i krila mosta postavlja se oplata i ugrađuje armatura za izgradnju gornje ploče mosta. Betonira se vodonepropusnim betonom marke C30/37 uz vibriranje.

Armiranje, postavljanje oplata gornje ploče mosta i betoniranje (slika 50)



Slika 50. Gornja ploča, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine

-Izolacija mosta

Na zidove i gornju ploču postavljaju se bitumenske hidroizolacijske trake, nakon hladnog bitumenskog premaza. Na bitumensku hidroizolaciju se postavljaju čepaste PVC trake. Postavljanje bitumenske izolacije i čepičaste folije prikazano na slici 51.

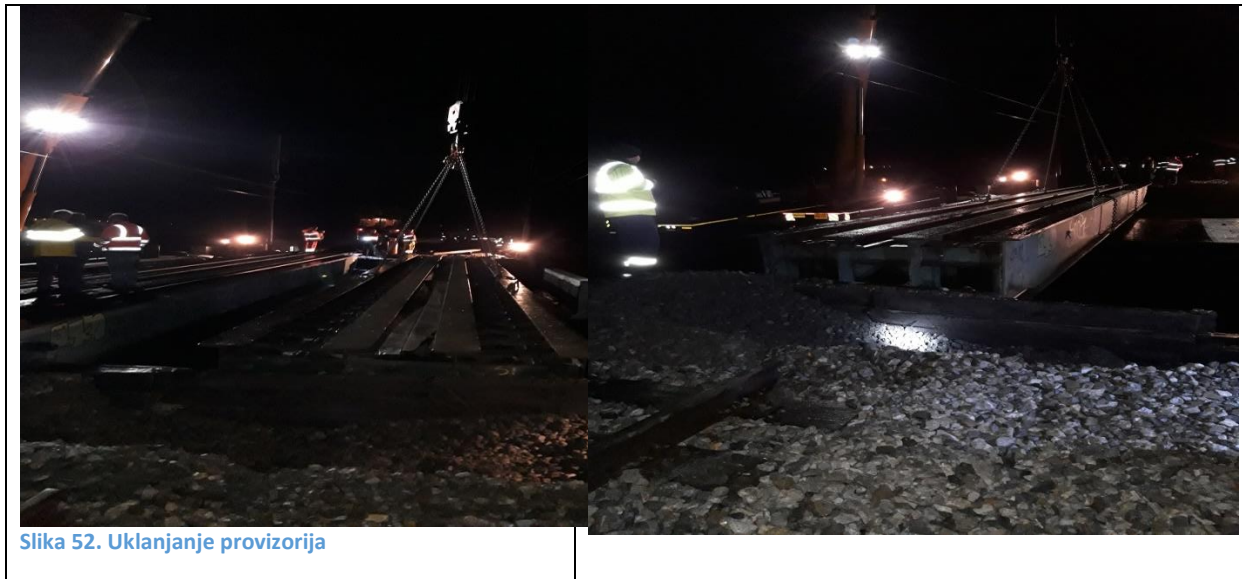


Slika 51. Izolacija mosta, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine

-Uklanjanje provizorija i zatrpavanje

Nakon izvršenih radova pristupilo se uklanjanju čeličnog provizorija i nasipavanju materijalom uz zidove mosta, sa zbijanjem slojeva svakih 50 cm.

Uklanjanje provizorija i zatrpavanje mosta prikazano na slikama 52 i 53.



Slika 52. Uklanjanje provizorija



Slika 53. Završni radovi

Slika 53. Završni radovi, Staro Petrovo Selo, Pružne građevine

3.5.3. Propusti

Propustima (slika 54 i 55) se prema željezničkim propisima smatraju pružne građevine raspona odnosno otvora ako nema ležajeva 5,00 m i manje.

Novi propusti ne smiju imati otvor manji od 1,00 m. Služe za propuštanje vode, ali i pješaka, stoke, divljači, vozila na lokalnim cestama i sl.

Propustima se ne smatraju prolasci ispod kolosijeka zatvorenih sustava gravitacijskih i tlačnih cjevovoda poput kanalizacije, vodovoda, plinovoda, naftovoda i dr. Građevinski mogu biti mali mostovi i cijevi. Ako su mali mostovi, tada su im osnovni dijelovi kao i mostu – donji i gornji ustroj, odnosno upornjaci i rasponski sklop.

Propusti se mogu podijeliti:

- po gradivu (drveni, kameni, od opeke, betonski, AB i sl.)
- po vremenu trajanja (stalni, polustalni, privremeni)
- po obliku poprečnog presjeka i statičkom sustavu (gredni, svođeni i cijevni)
- po tlocrtnom položaju (okomiti i kosi)

Gredni propusti

To su propusti čiji je rasponski sklop poput grede položen na oslonce. Tu spadaju uglavnom pločasti i čelični propusti.

Pločasti propusti

Primjenjuju se pretežno tamo gdje je na raspolaganju mala građevna visina. To je obično slučaj u nizinskim područjima s malom visinom nasipa gdje se mora osigurati protok visokih voda ili slobodni profil vozila, pješaka ili životinja za prolazak ispod kolosijeka. Rasponski je sklop ploča (nekada kamena, zatim kruto armirana tračnicama ili od valjanih INP profila, pa vitkom armaturom, nakon IISR AB ploče, a sada od predgotovljenih AB ploča).

Ploče su široke 4,00 m kako bi se mogle dovesti vagonima po kolosijeku do mjesta ugradbe dizalicama. Zbog strojeva za rešetanje zastorne prizme (rešetalice) minimalna širina korita je 4,40 m.

Svođeni propusti

Glavni je nosač svođenih propusta svod. Po geometrijskom obliku svod može biti polukružni, segmentni, eliptični, parabolični i dr. Primjenjuju se u pretežno višim nasipima i udolinama s velikim nadslojem. Ukoliko su temeljeni na dobro nosivim podlogama, utoliko su vrlo dugotrajni i izdržljivi. Danas se rijetko ugrađuju, ali ih na postojećim prugama ima dosta.

Cijevni propusti

Nemaju oblik mosta, već su to zatvoreni prstenovi redovito paraboličnog, kružnog i četvrtastog poprečnog presjeka. Potreban im je nadsloj minimalno 1,00 m od gornjeg cijevnog ruba do gornje ivice praga.

„Čelni zidovi

Manje hidraulične prijelazne konstrukcije moraju imati čelni zid na svakom od svojih krajeva kako bi se:

- Zaštititi nasip od erozije.
- Poboljšati uvjete hidrauličkog slivnika,
- Povežite strukturu s odvodima uzvodno i nizvodno (geometrija, nadmorska visina).

Zone između betonske konstrukcije i zemljanih konstrukcija treba zaštititi od erozije:

- Uzvodno: gdje god postoji opasnost od erozije uzvodno od strukture, treba osigurati zaštitu. Kada postoji rizik od začepjenja u strukturi zbog plutajućeg otpada, također bi trebao biti sustav za zadržavanje pod uvjetom. Trebao bi biti postavljen dovoljno daleko uzvodno kako bi se omogućio slobodan protok u strukturi.
- Nizvodno: treba osigurati zaštitu od erozije ovisno o brzini protoka na izlazu iz struktura.

Sastoji se od prednjeg zida, bočnih zidova, podnog praga i odsječenog zida. Nalazi se u armiranom betonu.

Zid okrenut prema glavi uvijek je okomit na os cijevi ili propusta.

„Vrste nizvodne zaštite opisane su u nastavku:

- bilo bazen za mirovanje.
- ili blokiranje od kamena (ili ispuna sitnog kamena) postavljeno na geotekstil koji štiti od onečišćenja.
- ili polukružni regulator raspršivanja izrađen pomoću blokova za otjecanje kako bi se ublažila brzina otjecanja. Ove konsolidacije rirapa postavljaju se na geotekstil ili sloj filtera protiv onečišćenja.
- ili ojačanje za probijanje u potoku ili jarku.“[8]

Na slikama 54 i 55 prikazana je ugradnja sandučastog propusta ispod željezničkog kolosijeka. Postavljen je betonsku podlogu, zaštićen hidroizolacijom i zatrpan nasipnim kamenim materijalom. Na ulazu i izlazu su izvedena armiranobetonska krila.



Slika 54. Propust, dionica pruge Vinkovci-Županja, Pružne građevine

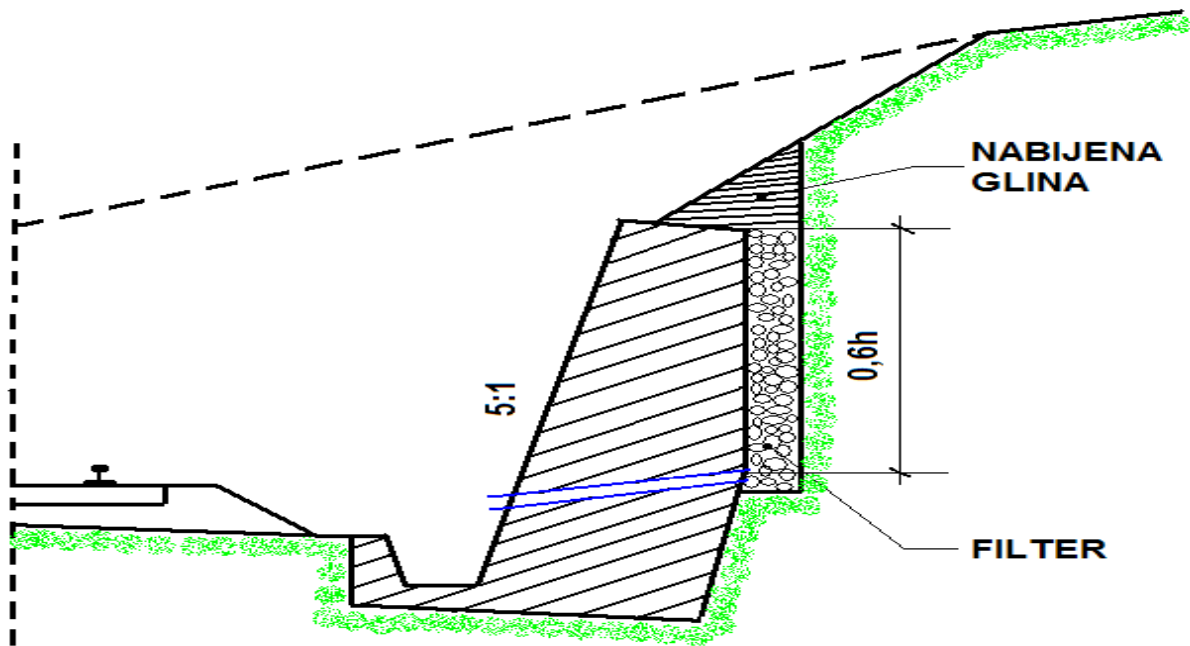


Slika 55. Čeona glava propusta, dionica pruge Vinkovci-Županja, Pružne građevine

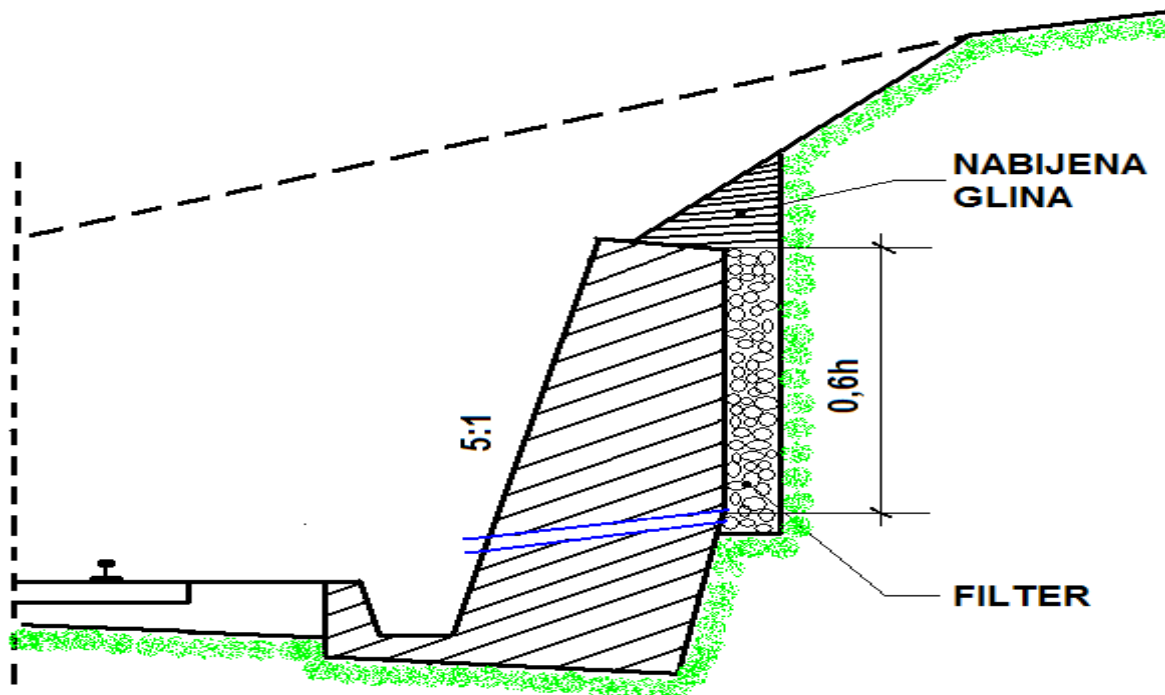
3.2. Uporni zidovi

Primjena u usjecima im je: prilikom izrade zida smanjuje se kubatura iskopa i kod nestabilnog terena da se osigura pokos usjeka.

Najčešće se izvode u kombinaciji s odvodnim jarcima gdje gornja površina jarka može biti u visini gornjeg ruba kolosijeka (slika 57) ili u visini posteljice (slike 56 i 58).



Slika 56. Jarak u visini posteljice[2]



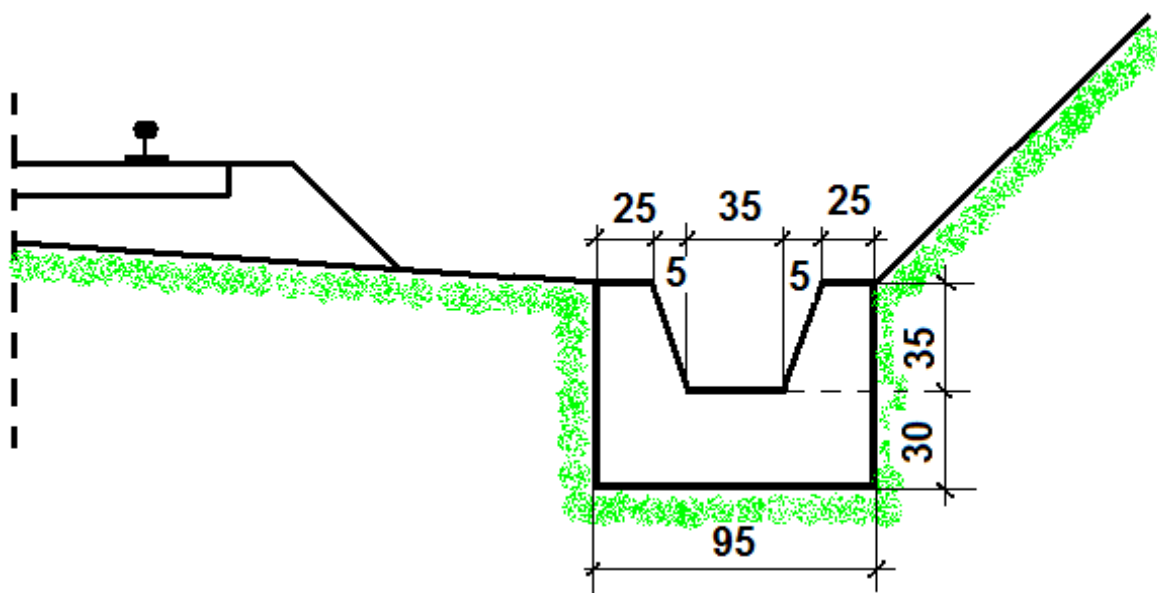
Slika 57. Jarak u visini gornjeg ruba kolosijeka[2]

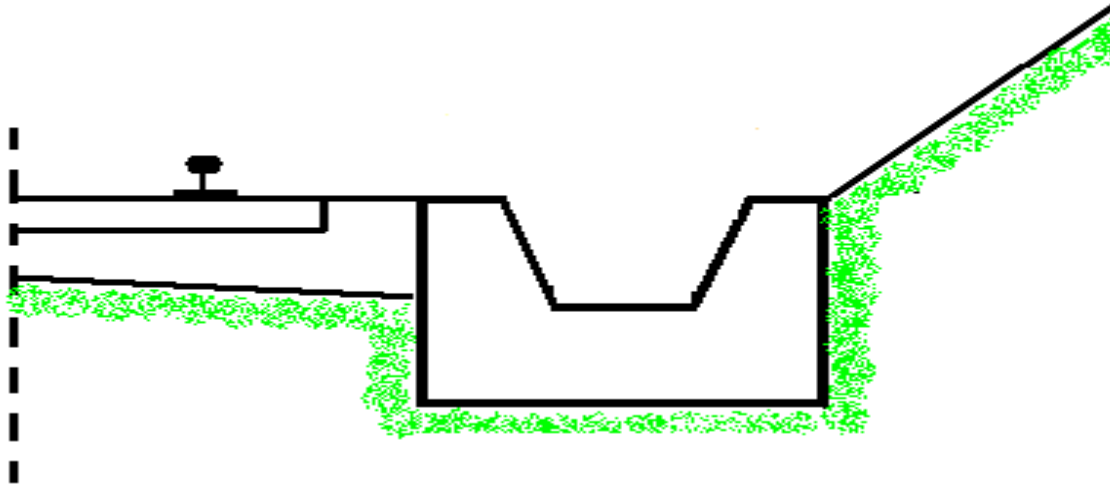
Na slici 58 prikazana je izgradnja jarka u visini posteljice koja se odvijala u kampadama(segmentima),zbog velikih padalina. Nakon iskopa voda se je vodenim pumpama ispuštala iz jarka, nakon toga se ugrađivao podložni beton i armatura. Nakon postavljanja oplata betonirao se potporni zid s jarkom.



Slika 58. Jarak u visini posteljice, Pružne građevine

Ojačane jarke (slika 59) možemo izgraditi u slučaju da dođe do urušavanja samo nožice usjeka, a nije potrebno izgraditi uporni zid i to do visine gornjeg ruba praga ili do visine posteljice.



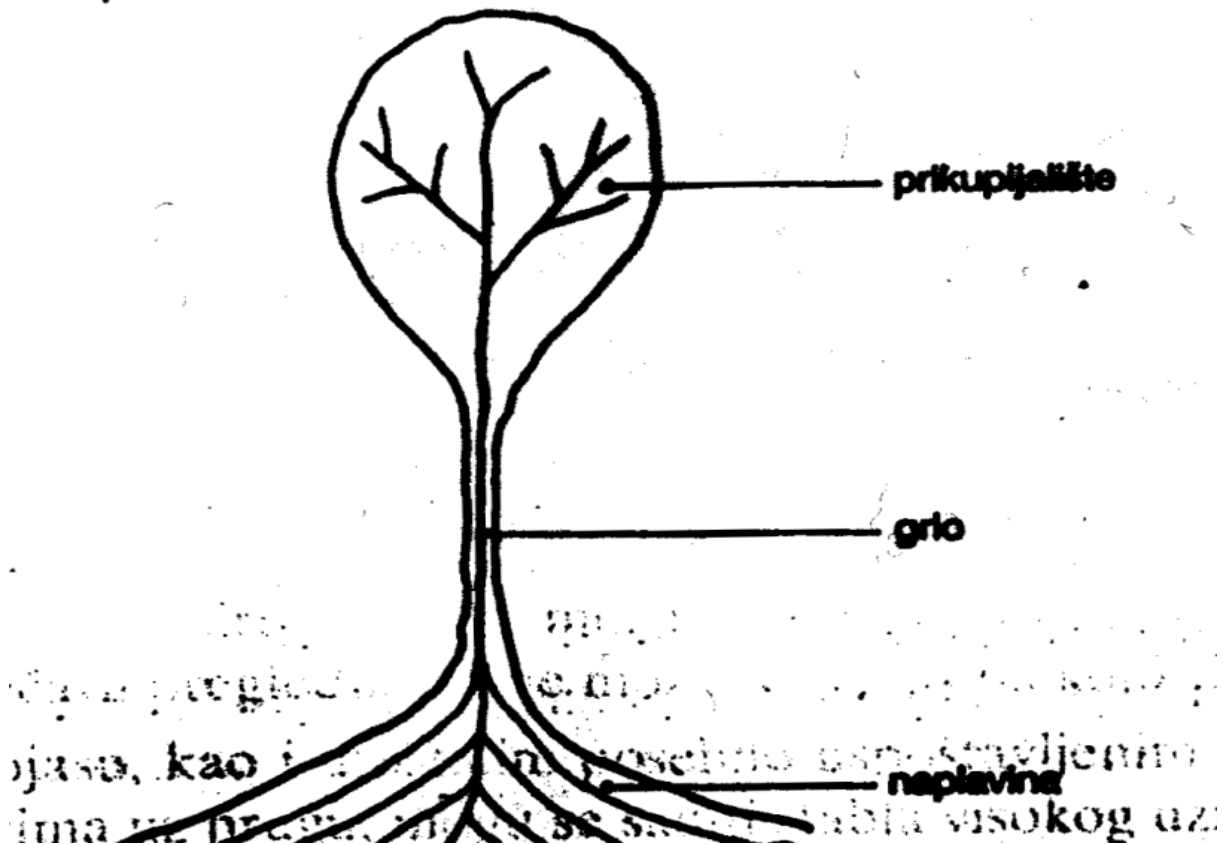


Slika 59. Ojačani jarci za odvodnju[2]

3.4. Zaštita od bujica

„Bujicama se smatraju vodotoci s vrlo velikim uzdužnim padom, s koritom duboko usječenim u teren. Obično voda teče samo nakon topljenja snijega ili za vrijeme obilnih oborina te pritom nosi znatne količine panjeva, kamenja, kršja, granja, tla, mulja i sl., rušeći sve što joj se nađe na putu. Svaka bujica ima tri osnovna područja: prikupljalište; grlo i naplavina ili općenito dva dijela: područje stvaranja i odnošenja kršja (denuncijacije) i područja odlaganja kršja (akumulacije).“ [1]

Za željezničku prugu i željeznički promet može doći do pogibelnih pojava kao što su: oštećenje ili razaranje pruge i donošenje i taloženje naplavina na željezničku prugu čije se sprječavanje provodi uređenjem bujičnog područja bujičnim građevinama i biljnotehničkim tvorevinama.



Slika 60. Bujična obilježja

Bujične građevine imaju zadatak smanjenja uzdužnog pada bujice, sprječavanja odnošenja kršja, proširenja i učvršćenja korita, čemu udovoljavaju poprečne i uzdužne građevine uz korita bujice.

Poprečne građevine redovito su samo pregrade, a ponegdje pera i pragovi. Pregrade su zidovi postavljeni poprijeko na bujično korito i ukopani u dno i obale radi čvrste veze, a izrađuju se od kamena, gabiona, betona, drveta i dr. Raspoređuju se uzduž bujice terasasto jedna iznad druge.

Područje oko glavnog bujičnog toka i njegovih pritoka (slika 60) gdje se vrši raspadanje stijena i erozija zemljišta naziva se bujičnim područjem. Neobično je važno pri uređenju bujica spriječiti odnošenje ovih raspadnutih masa s mjesta njihovog formiranja, kao i erodiranje zemljišta. U tom cilju treba poduzimati opsežne radove na pošumljavanju goleti i degradiranih šumskih zemljišta. Pored pošumljavanja, koriste se i objekti kao što su pleteri, popleti, rustikalne pregrade, gradoni, terase, itd.

Pleteri, male pregrade od vrbovog pruća ispletenog između kolaca zabijenih u zemlju, zadržavaju nanos i propuštaju vodu kad se postave u brazde ili manje jaruge.

U brazdama i jarugama usječenim u trošnu stijenu grade se male pregrade od kamena u suho, tzv. rustikalne pregrade koje razbijaju udarnu snagu vode i stvaraju nanos na kome se može posaditi vegetacija.

Gradonima se nazivaju usječene uske terase širine 0,3-2,0 m, koje se izvode na padinama, a služe za zadržavanje nanosa i sađenje šumskih sadnica.

3.4.1. Izjednačavajući pad

Uočeno je da na određenim dijelovima korita bujičnog toka ima dionica na kojima, za dulji period vremena, nema promjena ni u uzdužnom ni u poprečnom presjeku korita. Znači da je tokom vremena na tom dijelu korita stvoreno ravnotežno stanje, tj. bujična voda niti nosi korito, niti taloži nanos. Za takvu dionicu kaže se da je u koritu formiran pad izjednačenja.

Teorijski pad izjednačenja određuje se izrazom (1):

$$J_1 = \frac{(y-y')*f*b}{0,3*y*K^2*C^2*R} \quad (1)$$

gdje je:

y' – volumenska težina bujičnog nanosa (daN/m³)

y – volumenska težina bujične vode (daN/m³)

f – koeficijent trenja, $f=0,76$

b – najveća dimenzija komada nanosa (m)

R – hidraulički polumjer (m)

C – koeficijent brzine po Chezyu

K – koeficijent bujičnosti vode (2)

$$K = \frac{1}{1+n*(y+1)} \quad (2)$$

n – volumenski odnos bujičnog nanosa u jedinici volumena bujične vode, a u odnosu na volumen istaloženog nanosa poslije 24 sata u posudi volumena od 1 litre.

Visina pregrade računa se iz izraza (3):

$$H=L*(J_t - J_1) \quad (m) \quad (3)$$

gdje je:

L – duljina dionice (m)

J_t – pad terena (%).

4.DIMENZIONIRANJE GORNJEG USTROJA

4.1.Dinamički proračun gornjeg ustroja

Za brzine do 100 km/h [$V < 100$ km/h] izraz za dinamički koeficijent (1) je :

$$\alpha = 1 + \frac{V^2}{3000} \quad (1)$$

a za brzine veće od 100 km/h [$V > 100$ km/h] izraz za dinamički koeficijent (2) je :

$$\alpha = 1 + \frac{4,5 \cdot V^2}{10^5} - \frac{1,5 \cdot V^3}{10^7} \quad (2)$$

Za brzine preko 200 km/h [$V > 200$ km/h] : $\alpha = 1,6$.

Jednostavnim množenjem statičkih uticaja sa koeficijentom dinamičkog djelovanje dobijaju se dinamički uticaji

4.2. Vozno dinamički proračun pruge

4.2.1. Otpori od uspona

$$W_u = T + N \cdot f \text{ [daN]} \quad (3)$$

gdje je:

T, N – komponente težine vlaka

f – koeficijent trenja između kotača i tračnice

$$T = G \sin \alpha$$

$$N = G \cos \alpha$$

Ukupni otpor od kola u usponu (4):

$$W_u = G \sin \alpha + G \cos \alpha \cdot f \text{ [daN]} \quad (4)$$

$$W_u = G \sin \alpha + f \cdot G \cos \alpha \text{ [daN]} \quad (\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha) \quad (\cos \alpha = 1)$$

$$W_u = G \operatorname{tg} \alpha + G \cdot f \quad (5)$$

gdje je:

$G \cdot f$ - otpor trenja vlaka

$G \operatorname{tg} \alpha$ – otpor od uspona

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = i_p \text{ [‰]} \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{i}{1000} = i_p \text{ [‰]} \quad (7)$$

$$G \operatorname{tg} \alpha = G \cdot i_p \text{ [daN]} \quad (8)$$

$$i_p = 15 \text{ ‰}$$

Specifični otpor od uspona:

$$w_u = \frac{G \cdot i_p}{G} = i_p \text{ [daN]} \quad (9)$$

$$w_u = 15 \text{ daN}$$

4.2.2. Otpori od krivina

Specifični otpor od krivine:

1. Po Rockelu:

$$w_r = \frac{650}{R-55} \text{ [daN/t]} \quad (10)$$

$$w_r = \frac{650}{600 - 55} = 1,19 \text{ [daN/t]}$$

2. Po Schramm-u:

$$w_r = \frac{1}{R} (160 \cdot a + 162) \text{ [daN/t]}$$

$$w_r = \frac{1}{600} (160 \cdot 1,435 + 162) = 0,652 \text{ [daN/t]}$$

3. Po Protopapadakis-u:

$$w_r = \frac{f}{R} (0,72 \cdot \check{s} + 0,74 \cdot a) \text{ [daN/t]} \quad (11)$$

Gdje je:

f – koeficijent trenja između kotača i tračnica

š – širina kolosijeka

a – razmak osovina

4. Po Protopapadakis-u: (Po Protopapadakisu ćemo uzeti za proračun)

$$w_r = \frac{700}{R} \text{ [daN/t]} = \frac{700}{600} = 1,667 \text{ daN/t} \quad (12)$$

Gdje je:

R – radijus krivine

5. DIMENZIONIRANJE PROPUSTA

U ovom radu provedeno je dimenzioniranje propusta na pruzi Lupoglav – Raša za lokalni bujični vodotok, u mjestu Vozila, općina Kršan.

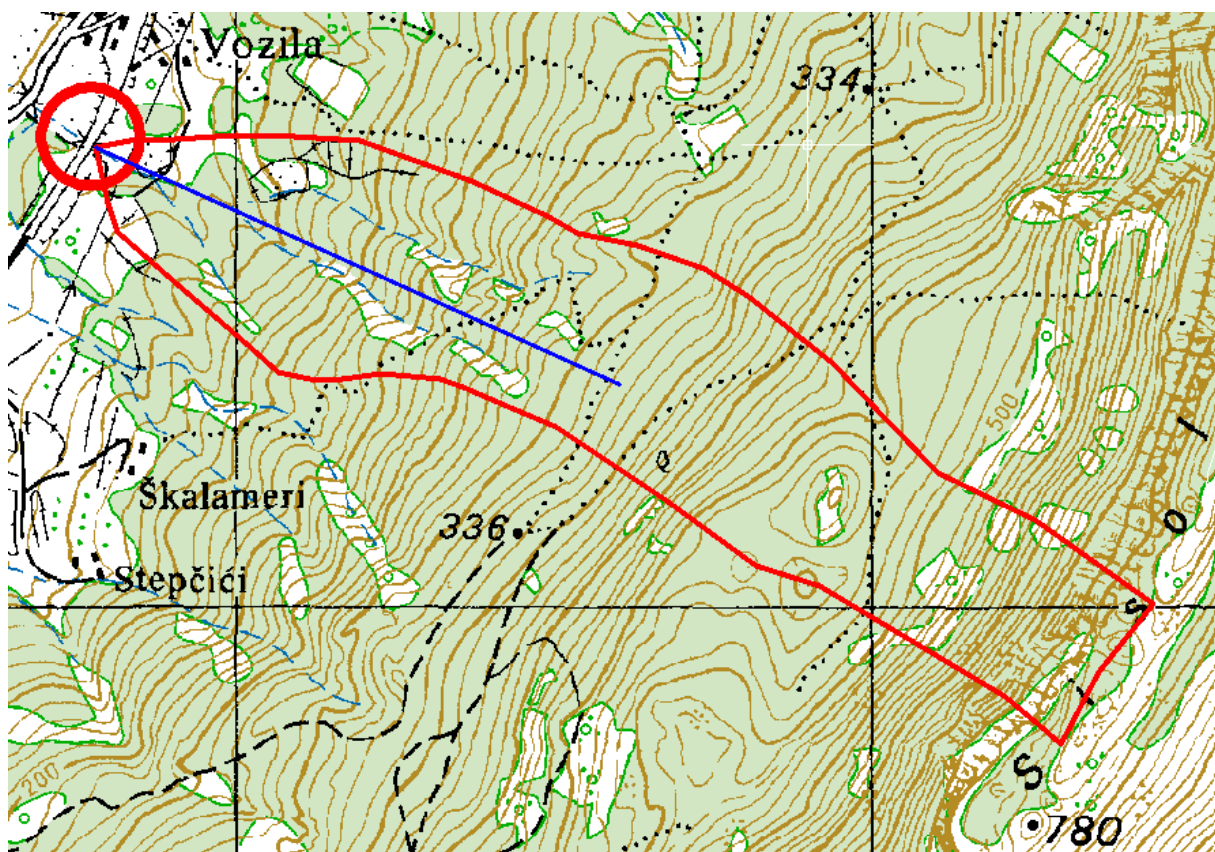
Bujica je lokalnog karaktera, ne postoje podaci o mjerenju, korištene su parametarske metode
Određuje se mjerenjem pripadajuće površine unutar vododjelnice

5.1. Određivanje sliva

Sliv je određen na karti HOK mj. 1:25000, određeni su površina i opseg sliva koristeći se AUTOCAD-ovim programom.

Određuje se mjerenjem pripadajuće površine unutar vododjelnice (najčešće - planimetriranjem, korištenjem računalskih alata, a moguće i primitivnim postupcima - brojanjem kvadrata na rasterskoj mreži, vaganjem izrezanih površina...).

Područje sliva prikazano je na *Slici 1*.



Slika 61. Područje sliva

Mjerenjima su dobiveni slijedeći rezultati:

Površina sliva = 0,52 km² (519 936,81 m²)

Opseg sliva = 4,02 km (4 020,13 m)

Duljina sliva = 0,84 km (837,14)

Udaljenost težišta sliva = 0,91 km (906,62 m)

5.2. Oblik sliva

Oblik sliva utječe na veličinu i trajanje hidrograma vodnih valova.

Oblik sliva određen je prema više metoda:

Računamo koeficijent koncentriranosti sliva "K":

Prema Srebrenoviću:

$$K = \frac{2 \times A}{O \times U} = \frac{2 \times 0,52}{4,02 \times 0,91} = 0,28 \quad (1)$$

Prema Hortonu:

$$K = \frac{A}{L^2} = \frac{0,52}{0,84^2} = 0,74 \quad (2)$$

Prema Graveliusu:

$$K = \frac{0,28 \times O}{A^{0,5}} = \frac{0,28 \times 4,02}{0,52^{0,5}} = 1,56 \quad (3)$$

Sliv je izdužena oblika.

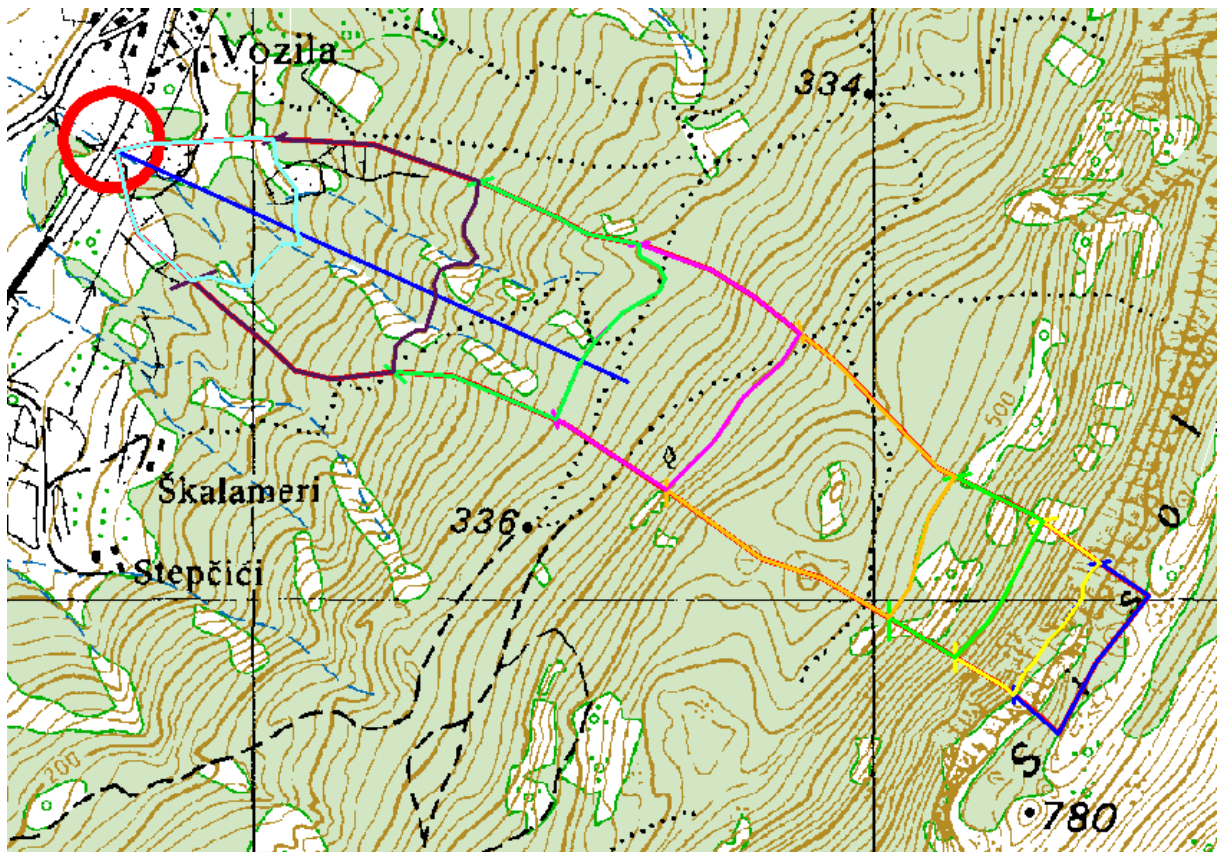
5.3. Srednja nadmorska visina sliva

Srednja nadmorska visina sliva je vodoravna crta koja siječe hipsonometrijsku krivulju tako da su površine iznad i ispod hipsonometrijske krivulje i te crte jednake.

Hipsonometrijska krivulja pokazuje koji je dio riječnoga sliva smješten do razmatranog riječnog profila.

$$H_0 = \frac{740 \times 0,023}{0,52} + \frac{650 \times 0,027}{0,52} + \frac{550 \times 0,039}{0,52} + \frac{450 \times 0,111}{0,52} + \frac{350 \times 0,081}{0,52} + \frac{250 \times 0,086}{0,52} + \frac{150 \times 0,1}{0,52} + \frac{80 \times 0,052}{0,52} = 330,66 \text{ m. n. m.}$$

Na slici 23. prikazan sliv sa pripadajućim površinama za proračun.



Slika 62. Sliv sa pripadajućim površinama

5.4. Proračun maksimalnih protoka racionalnom metodom

Proračun maksimalnih protoka proveden je racionalnom metodom.

„Racionalna formula ili racionalna metoda je formula za izračunavanje maksimalnih protoka s malih slivova kao umnoška:

- slivne površine
- maksimalnog kišnog intenziteta
- racionalnoga koeficijenta.“ [9]

$$Q = C * i * A \quad (4)$$

gdje je C racionalni koeficijent, i je intenzitet oborine, a A predstavlja površinu sliva.

U tabeli 5 prikazane prosječne vrijednosti racionalnog koeficijenta C.

Tabela 5: Prosječne vrijednosti racionalnog koeficijenta C (prema V.T.Chow i dr.,1964.,S.Gavrilović, 1976.;K.N.Mutreja, 1986.)

Vegetacija i topografski uvjeti		pad sliva	pijesak	mulj, glina	zbijena glina
1. šumska zemljišta	a) ravnice	0 - 5%	0,10	0,30	0,40
	b) brežuljci	5 - 15%	0,25	0,35	0,50
	c) brda	15 - 30%	0,30	0,50	0,60
2. pašnjaci i trava	a) ravnice	0 - 5%	0,10	0,30	0,40
	b) brežuljci	5 - 15%	0,16	0,36	0,55
	c) brda	15 - 30%	0,22	0,42	0,60
3. obradiva zemljišta	a) ravnice	0 - 5%	0,30	0,50	0,60
	b) brežuljci	5 - 15%	0,40	0,60	0,70
	c) brda	15 - 30%	0,52	0,72	0,82
4. naselja	a) ravnice	0 - 5%	nepropusnost zemljišta:		
			30%	50%	70%
	b) brežuljci	5 - 15%	0,40 0,50	0,55 0,65	0,65 0,80
5.	parkovi, groblja			0,10 - 0,25	
	igrališta			0,20 - 0,35	
	rezidencijalne stambene površine			0,30 - 0,70	
	industrijske zone			0,50 - 0,90	
	terase, krovovi za vožnju i prolaženje			0,75 - 0,85	
	gradovi u ravnici, asfalt, beton, kosi krovovi			0,75 - 0,95	

Šumska zemljišta: brežuljci

$$A_1=0,052 \text{ km}^2$$

$$C_1=0,35$$

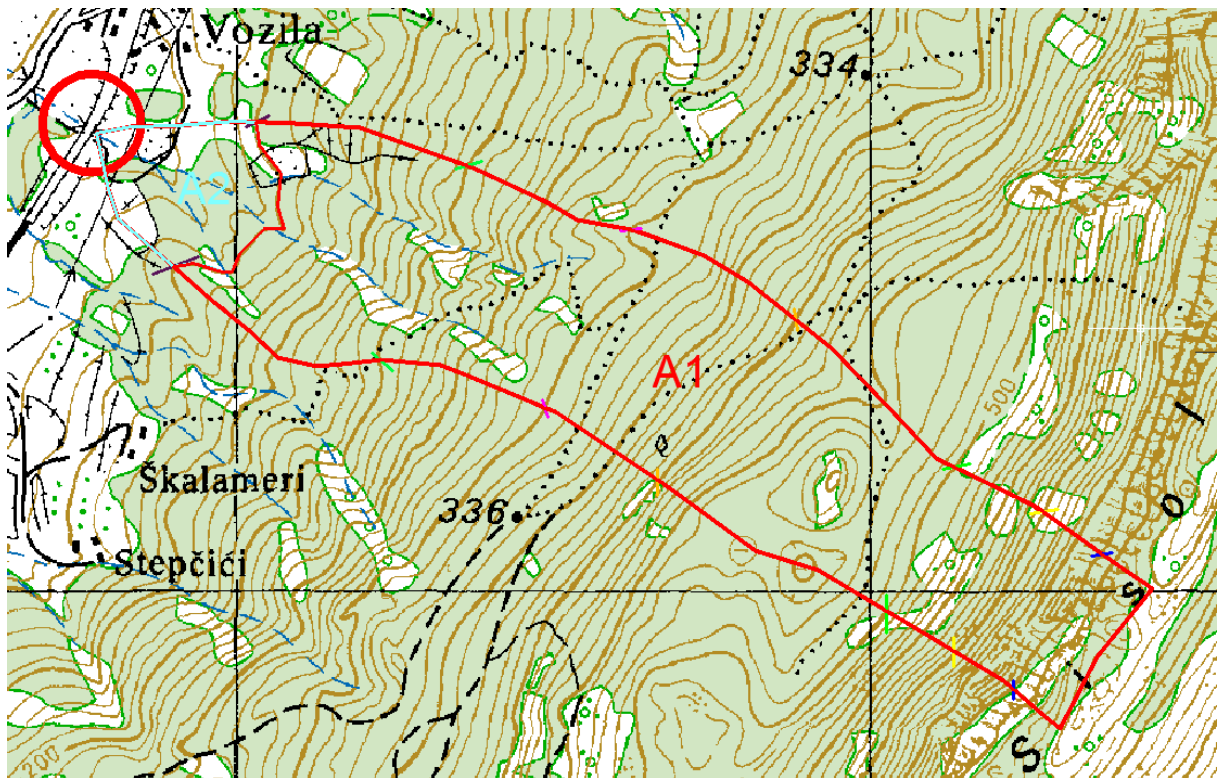
Šumska zemljišta: brda

$$A_2=0,467 \text{ km}^2$$

$$C_2=0,50$$

Na slici 63. prikazane površine sliva A1 i A2.

$$C_{sr} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2}{A_1 + A_2} = \frac{0,35 \times 0,052 + 0,50 \times 0,467}{0,052 + 0,467} = 0,48 \quad (5)$$



Slika 63. Površine sliva A1 i A2

Racionalni koeficijent je određen za teren: mulj, glina (slabo vodopropusan)

Te za šumsko zemljište – brežuljci (5% – 15%) i brda (15% - 30%).

Vrijeme koncentracije t_c , iskustveni izraz (Kirpich):

$$t_c = 0,00032 L^{0,77} I_{max}^{-0,358} \quad (6)$$

„Vrijeme koncentracije (sabiranja) t_c je vrijeme koje je potrebno da čestica vode s najudaljenije točke sliva dospije do mjesta opažanja protoka u vodotoku“. [22]

L- najveća duljina putovanja vode [m],

I_{max} - $\Delta H/L$, pad vodotoka [-]

ΔH - visinska razlika između najviše točke na slivu i protjecajnog profila. [m]

$$L = 837,14 \text{ m}$$

$$i_{\max} = (780 - 60)/837,14 = 0,86$$

$$t_c = 0,00032 \times 178,06 \times 1,06 = 0,06 \text{ sati}$$

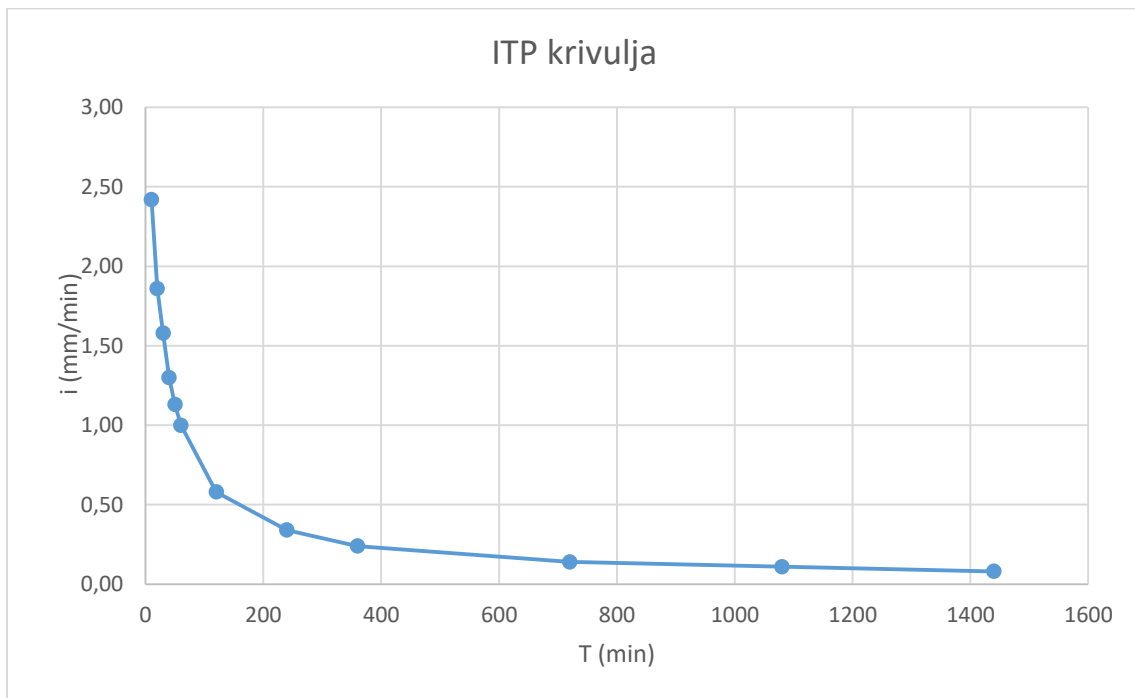
$$0,06 \text{ h} = 3,6 \text{ min}$$

Tabela 6. Intenzitet oborina za povratni period od 50 godina

Povratni period: 50 godina		
Trajanje	Oborina	intenzitet
T	P	i
min	mm	mm/min
10	24,2	2,42
20	37,1	1,86
30	47,5	1,58
40	52,0	1,30
50	56,5	1,13
60	59,7	1,00
120	69,5	0,58
240	81,5	0,34
360	85,7	0,24
720	101,0	0,14
1080	114,3	0,11
1440	120,3	0,08

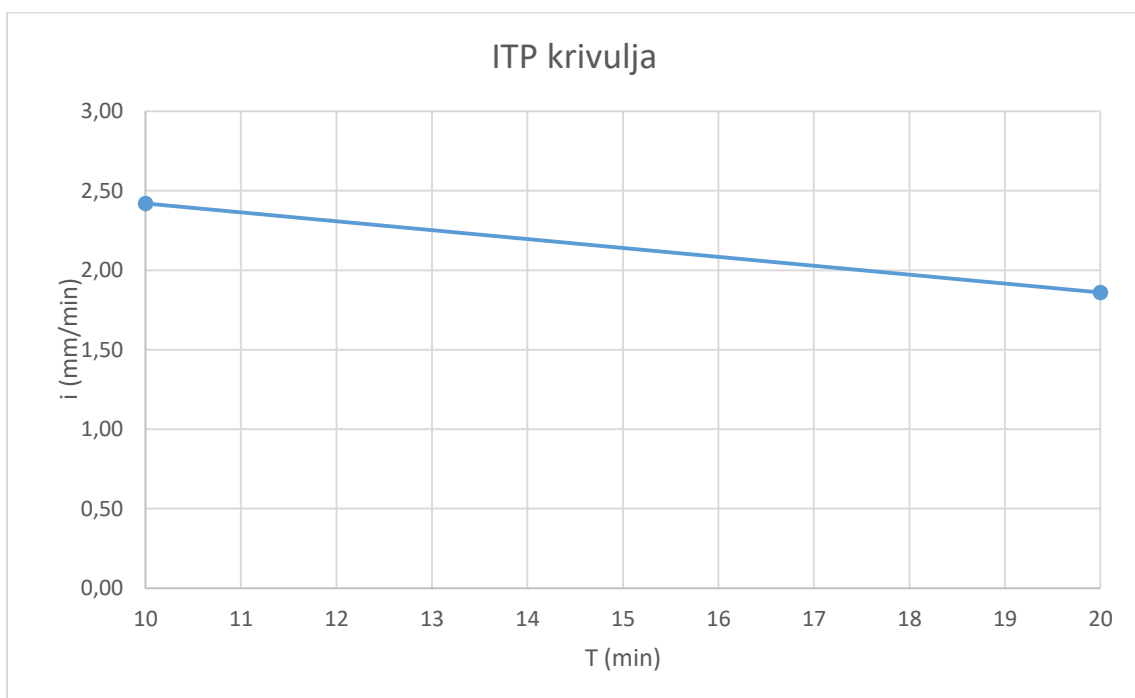
Na tabeli 6. je opisan intenzitet oborina za povratni period od 50 godina

Tabela 7. ITP krivulja za povratni period od 50 godina



Na tabeli 7. je prikazana ITP krivulja za povratni period od 50 godina.

Tabela 8. ITP krivulja



Intenzitet i očitavamo iz ITP krivulje prikazane na tabeli 8.

i – intenzitet kiše

$$i(t_c = 3,6 \text{ min}) = 2,42 \text{ mm/min}$$

$$Q_M = 16,67 \times C \times i \times A \quad (7)$$

$$Q_M = 16,67 \times 0,48 \times 2,42 \times 0,52$$

$$Q_M = 10,07 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{maksimalni protok 50 god povratnog perioda.}$$

5.5. Dimenzioniranje propusta

Dimenzioniran je sandučasti propust.

Uzet je $Q_{\text{rač.}} = 10,07 \text{ m}^3/\text{s}$ iz sliva maksimalnog protoka na 50 godina.

h – visina unutarnjeg ruba propusta

$b = 1,0 \text{ m}$ – širina unutarnjeg ruba propusta

$n = 0,014$ – Manningov koeficijent

$I = 0,5 \%$ - pad dna propusta

-brzina vode u propustu:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I} \quad (1)$$

-omogućeni obod:

$$O = 2b + h \quad (2)$$

-hidraulički radijus:

$$R = \frac{A}{O} \quad (3)$$

-površina poprečnog presjeka propusta:

$$A = b \cdot h \quad (4)$$

U tabeli 9 je prikazano dimenzioniranje propusta.

Tabela 9. Dimenzioniranje propusta

h	A	O	R	$R^{\frac{2}{3}}$	$1/n$	$I^{1/2}$	v	Q
0,10	0,10	1,20	0,08	0,19	71,43	0,71	9,64	0,96
0,20	0,20	1,40	0,14	0,27	71,43	0,71	13,80	2,76
0,30	0,30	1,60	0,19	0,33	71,43	0,71	16,55	4,96
0,50	0,50	2,00	0,25	0,40	71,43	0,71	20,04	10,02

Brzina u propustu iznosi $v = 20,04 \text{ m/s}$.

6. ŽELJEZNICA U BUDUĆNOSTI

Razvoj željeznice u budućnosti je neizbježan i treba posvetiti više pažnje i ulaganja u njezin razvoj, rekonstrukciju i moguće proširenje. Razvojem željeznice u gradovima mogu se smanjiti i velike gužve u cestovnom prometu. Prometne potrebe željezničke pruge u Hrvatskoj znatno rastu, zato je potrebno prilagođavanje kapaciteta željeznice i njezine infrastrukture.

„Trenutno u Hrvatskoj imamo:

- 2617 km željezničke mreže
- 1505 željezničko-cestovnih prijelaza i pješačkih prijelaza preko pruge
- 2343 km jednokolosiječnih pruga
- 544 mostova
- 274 dvokolosiječnih pruga
- 109 tunela
- 3891 propust
- 980 km elektrificirano

Rezultati ulaganja u željezničku infrastrukturu

- rast BDP-a
- manje financijsko opterećenje državnog proračuna
- rast zaposlenosti u građevinskom sektoru
- zapošljavane visokoobrazovanih kadrova
- veća mobilnost ljudstva, usluga i robe
- ekološki najprihvatljiviji oblik prijevoza
- decentralizacija
- jačanje multimodalnog prijevoza

Razdoblje 2020. – 2030. godina

- 750 obnovljenih i modificiranih pruga
- 4,4 milijarde eura procijenjena vrijedost projekta
- 19 investicijskih projekata
- glavnina europskih sredstava iskoristit će se pri modernizaciji dvaju ključnih koridora (RH1 i RH2)
- 160 km/h projektna brzina vlakova
- 120 km/h projektna brzina teretnih vlakova“[11]

„Nizinska pruga“ – ideja stara gotovo 40 godina pred realizacijom

Ideja o nizinskoj pruzi kojom bi se zamijenila postojeća 150 godina stara pruga, a položaj joj je na važnome međunarodnom Mediteranskom koridoru i dio je Transeuropske prometne mreže (TEN-T), gotovo 40 godina se čeka na realizaciju. Na dijelu od Zagreba prema državnoj granici s Mađarskom radovi napreduju, a preko projekata Dugo Selo – Križevci i Križevci – Koprivnica – državna granica, na kojima su radovi u tijeku, HŽ Infrastruktura d.o.o. u cijelosti planira rekonstruirati postojeći i izgraditi drugi kolosijek željezničke pruge od Zagreba do državne granice s Mađarskom.

Što se tiče modernizacije željezničke pruge od Zagreba prema Rijeci sredstva su osigurana za radove na rekonstrukciji postojećeg kolosijeka i izgradnji drugog kolosijeka na dionici od Hrvatskog Leskovca do Karlovca. Osigurana su sredstva i za izradu studijske i projektne dokumentacije na dionici od Karlovca do Oštarija. U tijeku je izrada studijske dokumentacije i potom će se definirati najsloženija dionica od Oštarija do Škrljeva, a projektira se i nastavak pruge prema Rijeci do Jurdana.

Ukupne investicije na tom dijelu Mediteranskog koridora procjenjuju se na 2,5 – 3 milijarde eura, a izvor su financiranja velikih projekata europski fondovi.“[11]

6. ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj se još uvijek premalo ulaže u željezničke pruge, mehanizacija je zastarjela, većinu pruga treba rekonstruirati i još uvijek najviše pridonosi ljudska radna snaga. Ali može se reći da se nazire svjetla budućnost željeznice u Hrvatskoj u sljedećih 10 godina.

Kvalitetnom izgradnjom odvodnje i zaštite pruga od raznih ekoloških katastrofa može se pomoći da prometujemo sigurnim željezničkim prugama i samim time sigurnosti stanovništva Hrvatske.

Hrvatska za razliku od mnogih europskih zemalja još uvijek ima dosta pitke vode i zato trebamo što bolje zaštititi naše izvore pitke vode i ulagati u odvodnju sa svih prometnica, bilo cestovnih, zračnih ili željezničkih.

U svijetu tako i u Hrvatskoj veliku prijetnju predstavljaju klimatske promjene koje znatno utječu na učestalost padalina, bujica, poplava i zbog čega se mora dodatno paziti na kvalitetnu izgradnju odvodnje, da ne dolazi do velikih odrona, klizišta koji mogu štetno djelovati na infrastrukturu i pogubno za ljudske živote.

7. LITERATURA

1. Marušić D. (1994.): *Projektiranje i građenje željezničkih pruga*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split
2. Cindori Kovačević M., (2018.), *Željeznice – donji i gornji ustroj (skripta iz predmeta Prometnic za učenike graditeljskih tehničkih škola)*, Vlastita naklada
3. Stipetić A., (1999.), *Infrastruktura željezničkog prometa*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
4. (2013), *Pravilnik o postupanju u slučaju izvanrednog događaja (Pravilnik HŽI-631)*, HŽ Infrastruktura d.o.o., Zagreb
5. Marić M., (2011.), *314-Pravilnik o održavanju gornjeg ustroja pruga Hrvatskih željeznica*, Neslužbeno izdanje, Zagreb
6. Danijel R., (2006/2007), *Željeznice (Skripta predavanja iz predmeta Željeznice)*, Univerzitet u Tuzli, RGGF-Građevinski odsjek, Tuzla
7. Lakušić S. (2005); *Željeznice (Predavanja za studente III godine Građevinskog fakulteta)*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
8. *Donji ustroj pruge (pružne građevine)*, Skripta
9. Skripta, Hidrologija, Građevinski fakultet u Rijeci
10. Vuković Ž, (1994); *Osnove hidrotehnike*, Zagreb

Izvori

11. https://www.railbaltica.org/wp-content/uploads/2022/07/RBDG-MAN-016-0109_RailwaySubstructurePart2-HydraulicDrainageAndCulvert.pdf
12. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=67678>
13. https://hr.wikipedia.org/wiki/Dizelska_lokomotiva
14. https://hr.wikipedia.org/wiki/%C5%BDeljezni%C4%8Dka_vu%C4%8Dna_vozila_u_Hrvatskoj
15. <https://www.hzinfra.hr/wp-content/uploads/2021/01/HZI-Zeljeznica-za-buducnost.pdf>
16. https://hr.wikipedia.org/wiki/H%C5%BD_serija_1141
17. <https://hr.puntomarinero.com/depot-what-is-it/>
18. <https://www.divgroup.eu/hr/portfolio/zeljeznicki-program/>
19. <http://ba.sincholdrail.org/info/kinds-of-railway-sleepers-and-their-fixing-method-19196947.html>

20. <https://zupanjac.net/novi-niskopodni-vlak-vozt-ce-iz-osijeka-prema-vinkovcima-vukovaru-i-zupanji/>
21. <https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Pravilnik%20o%20tehni%C4%8Dkim%20uvjetima%20za%20sigurnost%20%C5%BEeljezni%C4%8Dkoga%20prometa%20kojima%20moraju%20udovoljavati%20%C5%BEeljezni%C4%8Dke%20pruge.pdf>
22. [http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/hidrologija/PREDAVANJA/H1_7%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/hidrologija/PREDAVANJA/H1_7%20[Compatibility%20Mode].pdf)