

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,
diferencialni 3.1 po VŠ-VSS

Kandidat:

Damjan Maček

Sodobna sanacija nestabilnih brežin na regionalnih cestah

Diplomska naloga št.: 333

Mentor:
mag. Ana-Marija Gaberc

Ljubljana, 9. 4. 2009

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **DAMJAN MAČEK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
SODOBNA SANACIJA NESTABILNIH BREŽIN NA REGIONALNIH CESTAH.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 06.03.2009

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji smeri:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 551.3.053:624.13:625.731(043.2)
- Avtor:** Damjan Maček
- Mentor:** viš. pred. mag. Ana Gaberc
- Naslov:** Sodobna sanacija nestabilnih brežin na regionalnih cestah
- Obseg in oprema:** 43 str., 15 pregl., 19 sl.
- Ključne besede:** vzroki nastanka plazišč, vzhodni del celjske regije – na Kozjanskem, lastnosti plazov, sodobne sanacije na regionalnih cestah, vzdrževanje, sredstva

Izvleček

Diplomsko delo obravnava prikaz sodobnih načinov sanacije plazov v cestogradnji. Prvi del opisuje najpogostejše vzroke nastanka plazišč in načine, s katerimi plazišča lahko saniramo. Sledi prikaz najpogosteje uporabljenih metod saniranja pri nas in v tujini, ki naj bi bile najbolj ekonomične. Drugi del opisuje primer iz geotehnične prakse, in sicer podroben prikaz reševanja plazu na regionalni cesti R2 423, odsek 1281 Črnomlja–Lesično v km 14,600–14,700. Uporabljena sta bila računalniška programa JANBU in LARIX. Opišemo lastnosti plazu in povzetek terenskih preiskav, ki so bile opravljene. Prikažemo ugotavljanje strižnih karakteristik zemljin s povratno analizo v času terenskih preiskav in v času deževnega obdobja, ki je bilo verjetno v trenutku zdrsa. Na podlagi ugotovljenih strižnih karakteristik predvidimo sanacijo pobočja in izdelamo stabilnostne analize. Opišemo tudi možne variante sanacije, ki bi se lahko uporabile, vendar se zaradi različnih razlogov ne morejo – niti na lokalni niti na državni cestni mreži ne. Popisani so številni plazovi na regionalnih cestah na področju vzhodnega dela celjske regije na območju Kozjanskega, ki bodo morali biti sanirani, a do zdaj še niso bili oz. še niso geološko raziskani zaradi omejenih finančnih sredstev.

BIBLIOGRAPHICAL DOCUMENTATIONAL INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 551.3.053:624.13:625.731(043.2)

Author: Damjan Maček

Mentor: Ana Gaberc, MSc, senior lecturer

Title: Actual design of stability measures on regional roads

Pages and appendix: 43 pages, 15 tables, 19 pictures

Keywords: reasons for landslide formation, eastern part of Celje region – Kozjansko area, landslide characteristics, advanced stabilization on regional roads, maintenance, financial funds

Abstract

The thesis deals with an overview of advanced stability measures in road construction. The first part of the thesis describes the most common reasons for unstable slopes and methods of their stabilization. This is followed by an overview of the most commonly used remedial methods, which are supposed to be most economical, in the country as well as abroad. In the second part, an example from geotechnical practices is explained in detail, i.e. the stability problem on R2 423 regional road, section 1281 Črnomlica – Lesično, in kilometres 14,600 – 14,700. JANBU and LARIX computer software programs were used. A description of geotechnical parameters and the summary of the performed field research is given, as well as an overview of shear characteristics, obtained by back - analysis, by taking into account heavy rain season situation. On the basis of the determined shear parameters, we give the design of stabilization comprising adequate stability analyses. We also give a description of other possible stability measures, which could be used but are not, due to various reasons, both on the local and national road network levels. We also provide a list of unstable slopes on regional roads of the eastern part of Celje region, in the Kozjansko area which have to be stabilized in future. The reason of slow geotechnical treatment are insufficient financial funds.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici viš.pred.mag. A. Gaberc.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	VZROKI NASTANKA PLAZIŠČ	3
3	NAČINI SANIRANJA PLAZIŠČ	4
3.1	Sanacija z dreniranjem	4
3.2	Izboljšanje stabilnostnih razmer s preoblikovanjem pobočij	5
3.3	Sanacija plazišč s podpornimi konstrukcijami	6
3.3.1	Vpete podporne konstrukcije	6
3.3.2	Masivne podporne konstrukcije.....	11
3.3.3	Sestavljene podporne konstrukcije	14
3.4	Zaščita površja z visoko raztežno žičnato mrežo v kombinaciji z zabijanjem klinov	20
4	PRIMER IZ GEOTEHNIČNE PRAKSE	26
4.1	Uvod	26
4.2	Primer splazitve v km 14,600–14,700 cestnega odseka Črnomlja-Lesično	33
4.2.1	Opis plazu.....	33
4.2.2	Povzetek terenskih preiskav	34
4.2.3	Ugotavljanje strižnih karakteristik zemljin s povratno analizo.....	35
4.2.4	Sanacija pobočja	36
5	ZAKLJUČEK	38
6	VIRI,	39
7	PRILOGE.....	41

KAZALO SLIK

Slika 3.1	Sanacija plazišč s pregrupiranjem zemeljskih mas – a) izboljšanje stabilnosti dela plazišča pod podporno konstrukcijo, b) izboljšanje stabilnosti celotnega plazišča z obremenitvijo pete plazu.	6
Slika 3.2	Sanacije plazišč z vpetimi podpornimi konstrukcijami: a) konzolna pilotna stena; b) konzolna pilotna stena z razbremenilno konzolo; c) dvovrstna konzolna pilotna stena; d) večkrat sidrana pilotna stena.	7
Slika 3.3	Prerez skozi konstrukcijo za stabilizacijo (povzeto po Hamova, M., Frangov, G., Zayakova, H. Zbornik 13. DEC)	8
Slika 3.4	Namestitev armature in zgornji deli opornikov (povzeto po Hamova, M., Frangov, G., Zayakova, H. Zbornik 13. DEC)	9
Slika 3.5	Sanacija zelo zahtevne področne porušitve s pilotno steno za zagotavljanje začasne stabilnosti ter sistemom kamnitih slopov z uvrtnimi talnimi izpusti.....	10
Slika 3.6	Sanacija plazišča z vzdolžnimi in prečnimi drenažno podpornimi rebri ter substitucijo materiala.....	11
Slika 3.7	Sanacije plazišč z masivnimi podpornimi konstrukcijami: a) AB L podporni zid; b) kamniti podporni in oporni zid nad voziščem; c) sidrani oporni zid nad voziščem; d) masivni podporni zid.	12
Slika 3.8	Polaganje žičnatih košar	13
Slika 3.9	Podporna konstrukcija iz gabionov	13
Slika 3.10	Sanacije hribinskih plazov: a) sidrani AB slopi; b) sanacija skalnega plazišča z geotehničnimi sidri	14
Slika 3.11	Profil sidrne strukture (povzeto po Frangov, G., Hamova, M. Zbornik 13. DEC, km 7+500, na cesti III-406 Sevlievo-Dryan,).....	15
Slika 3.12	Stabilizacijska struktura med gradnjo in po njej	16
Slika 3.13	Armirana zemljina	17
Slika 3.14	Močno raztegljiva žičnata zaščitna mreža za stabilizacijo pobočja (povzeto po Flum, D., Rügger, R. Zbornik 13. DEC)	21
Slika 3.15	Posebna plošča z žeblijem, ki aktivno pritiska na zelo raztezno jekleno zaščitno mrežo proti strmemu površju (povzeto po Flum, D., Rügger, R. Zbornik 13. DEC).....	22
Slika 3.16	Skalni udor.....	23

Slika 3.17	Skalni udor, ki je povzročil začasno zaporo regionalne ceste	23
Slika 3.18	Prečni prerez izvedbe z žičnato mrežo in klini v podlagi.....	24
Slika 3.19	Srednji del z rastočim naravnim rastlinstvom	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Prikaz lastnosti plazov (plaz I do V)	28
Preglednica 2:	Prikaz lastnosti plazov (plaz VI do X)	29
Preglednica 3:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R2-423/1281 ČRNOLICA LESIČNO	30
Preglednica 4:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-683/1169 PILŠTAJN - GOLOBINJEK	30
Preglednica 5:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R2-422/1333 PODSREDA - BRESTANICA.....	31
Preglednica 6:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-682/1441 LOKE- LEDINŠČICA	31
Preglednica 7:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-684/7460 PRELASKO-BUČE-KOZJE.....	31
Preglednica 8:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-686/1279 ŽIČE - DRAMLJE.....	31
Preglednica 9:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-687/7207 DOLE- PONIKVA-LOČE	31
Preglednica 10:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R 219/1239 MESTINJE- GOLOBINJEK	31
Preglednica 11:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-681/4006 LAŠKO - BREZE - ŠENTJUR.....	32
Preglednica 12:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI G 5/328 CELJE- ŠMARJETA	32
Preglednica 13:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R2-424/1166 BOŠTANJ - PLANINA.....	32
Preglednica 14:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI G 107/1275 ŠENTJUR- MESTINJE	32
Preglednica 15:	SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-744/2349 ŠTORE- SVETINA-LAŠKO	32

1 UVOD

V slovenskem prostoru je razmeroma velika pogostost pojava plazanja in v zvezi s tem veliko tveganje zaradi razgibanosti terena, pestre geološke sestave tal, vremenskih vplivov in drugih naravnih pojavov ter zaradi posegov človeka. Na prilogi A je prikazana karta verjetnosti pojavljanja plazov, povzeta iz študije Geološkega zavoda Slovenije, avtorja Ribičič M. in Komac M.

Eno izmed najbolj neugodnih področij je vzhodni del celjske regije na območju Kozjanskega s pripadajočimi občinami, kjer se nahaja v tej nalogi obravnavano področje.

Zapostavljenost regionalnih in lokalnih cest v preteklosti, zaradi vlaganja proračunskih sredstev v avtocestne programe se kaže v stanju cest in številčnosti ne saniranih plazov, ki ogrožajo cestno telo in udeležence v prometu. Zaradi nezadostnih ali zelo omejenih finančnih sredstev, namenjenih za vzdrževanje in potrebna sanacijska dela, je še toliko bolj pomemben pravilen in ekonomično najugodnejši način sanacije. Pri izvedbi sanacij nestabilnih brežin oz. zdrsov brežin je nujno iskati sodobne tehnologije, ki bi povečale racionalizacijo, saj je tudi tukaj vse povezano s stroški oz. sredstvi, ki so namenjena za sanacije plazov iz proračuna RS Slovenije. DRSC ima v planu cca 14 milijonov evrov na leto, kar, glede na število plazov in udorov na državnih cestah v Sloveniji, ne zadostuje.

V ta namen so podani v današnji praksi najpogosteje uporabljeni načini saniranja pri nas in tudi v drugih evropskih državah. Opisane so metode, ki se razvijajo v zadnjem desetletju in pomenijo ekonomičen in učinkovit način preprečevanja drsenja zemeljskih mas, povezanih z gradnjo prometne infrastrukture.

V nalogi so predstavljeni plazovi na območju Kozjanskega in vzhodnega dela celjske regije, in sicer v občinah Celje, Šentjur pri Celju, Kozje, Podčetrtek, Bistrica ob Sotli, Šmarje pri Jelšah in Laško, ki so se pojavili na državnih cestah. Na omenjenih območjih se pojavljajo tudi plazovi na cestni infrastrukturi lokalnih skupnosti oz. na lokalnih cestah, kar pa ni obravnavano v tej nalogi.

V nalogi bo podrobneje predstavljen plaz na R2 423, odsek 1281 Črnolica–Lesično, v km 14,600–14,700, plaz IX. Prikazane bodo lastnosti plazu in način sanacije obravnavanega

območja. Sanacija plazu je že bila izvedena, in sicer spomladi leta 2006. Samo opazovanje pred in po izvedbi predstavlja tipičen pristop k sanaciji nestabilnih brežin v vsakodnevni projektivni praksi.

2 VZROKI NASTANKA PLAZIŠČ

Osnovni pogoj za uspešno sanacijo plazišč je ugotovitev vzrokov in pogojev njihovega nastanka. S stališča mehanike tal vzroke nastanka plazišč delimo v skupino presejanja neugodnih vplivov ter v skupino zmanjšanja odporov na pobočju.

Med presežene neugodne vplive prištevamo povečanje obremenitev z objekti, prometom in drugimi površinskimi obtežbami, neugodne spremembe hidrostatičnih in hidrodinamičnih učinkov ter presežene seizmične vplive.

Zmanjšanje odporov lahko povzročijo posegi v pobočja z izkopi, podzemnimi gradnjami, zmanjšanje trdnosti oz. odpornosti materialov in kompozitov v pobočjih ter neugodne spremembe strukture geotehničnih materialov.

V geotehnični praksi so vzroki aktiviranja največjih plazišč predvsem vplivi koncentracije padavin in s tem povezane povečane hidrostatične in hidrodinamične obremenitve.

Pri prometnicah so pogosti vzroki nastanka plazišč koncentracija površinskih voda ob prepustih, popuščanje in lezenje tal zaradi povečanih prometnih obremenitev, pomanjkljivega vzdrževanja obstoječih sistemov odvodnjavanja ter pomanjkljivosti pri novogradnjah in rekonstrukcijah prometnic.

Vzroki za aktiviranje mnogih plazišč so tudi posledice neustreznih in geotehnično nepreverenih posegov v prostor.

3 NAČINI SANIRANJA PLAZIŠČ

Sanacija naj bi zagotovila ravnotežje in ustrezno varnost gradbenemu objektu in njegovi okolici. Preprečila naj bi nadaljnje deformiranje ogroženega dela pobočja in omogočila trajno in nemoteno obratovanje prometne poti.

Pri načrtovanju sanacijskih ukrepov moramo vedno stremeti k odpravljanju vzrokov plazenja in zagotovitvi zadostne dodatne varnosti, kar lahko dosežemo z naslednjimi ukrepi:

- z zmanjšanjem strižnih napetosti v pobočju,
- s povečanjem strižne trdnosti materialov v območju porušitve,
- z izgradnjo nosilnih konstrukcij za prevzem zemeljskih pritiskov,

Pomembno pa še je omeniti, da je potrebno še upoštevati pri načrtovanju hitrost izvedbe, prevoznost ceste in okoljevarstvene vidike.

3.1 Sanacija z dreniranjem

Vzgon, porni tlak in hidrodinamični učinki talne vode so najpogostejši vzroki nastanka plazišč in nestabilnost pobočij. Ker je odstranitev vzrokov plazenja najprimernejši način sanacije, se metoda z izdelavo drenaž v praksi veliko uporablja. Izvaja se že več kot sto let in se uporablja na osnovi teoretičnih analiz in praktičnih izkušenj. Pri nas so postopek z dreniranjem uporabljali že ob začetku gradnje železniških prog, ko so drsenja ukopov in nasipov zaustavili tako, da so izdelane izkope v zemljinu zapolnili s kamnitim materialom.

Dreniranje lahko izvedemo na več načinov:

- Dreniranje z drenažnimi zaseki se izvaja tako, da delujejo trajno in morajo zato ostati bistveno bolj propustni od bližnjega terena. To dosežemo z materialom za zasip, ki preprečuje erozijo bližnjega terena s povečanim hidravličnim gradientom podzemne vode. Drenažni zasip moramo zaščititi pred zamuljenjem, zato uporabljamo sloj geotekstila, ki se ovije okoli zasipa. Če drenažni kanali potekajo skozi materiale večjih propustnosti in pričakujemo večji dotok vode, mora biti drenaža izvedena s

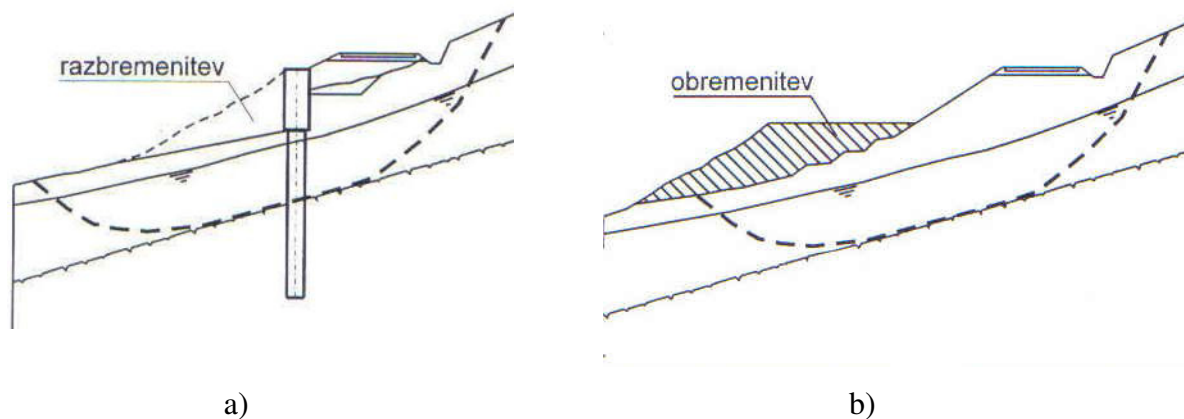
perforirano PVC cevjo, pod katero je napravljena betonska mulda. Če drenaža poteka na večjih dolžinah, se na določenih mestih napravijo kontrolni jaški. Iztok drenaže je treba zavarovati pred zamašitvijo. Drenažni zaseki naj potekajo skozi propustni in nestabilni del v nepodajno podlago pod drsno površino. Zaradi tega je sanacija plazišč primerna za plitva plazišča.

- Dreniranje z uvrtnimi drenažami se uporablja, kadar so plazišča zelo globoka. Takšne drenaže se izdelujejo tako, da se ob spodnjem robu plazišča izdelajo vrtine, ki so horizontalne ali rahlo nagnjene k pobočju. Vanje se vstavijo perforirane cevi, za odvod talne vode izven območja plazišča.

3.2 Izboljšanje stabilnostnih razmer s preoblikovanjem pobočij

Za enostavnejša plazišča lahko v praksi uporabimo metode pregrupacij zemeljskih mas. Enostavna in zanesljiva metoda sanacije je predvsem razbremenitev aktivnega dela plazišča, ki jo mnogokrat uporabimo za delno stabilizacijo pobočja pod podporno konstrukcijo, medtem ko je izboljšanje stabilnosti pobočja z dodatno obremenitvijo izrivnega (pasivnega) dela plazišča v praksi lahko problematično, kadar je pobočje pod vplivom precejajoče se talne vode in samega reliefa terena pod obremenitvijo. V takšnih primerih je obremenitev pobočja lahko za stabilnost celo škodljiva, odvisno od prepustnosti zemljin, ker se z obremenitvijo povečajo porni nadtlaki, ki lahko povsem izničijo za stabilnost ugodne gravitacijske vplive dodatne obremenitve. Zato poudarjamo, da izvedba sanacij plazišč z dodatno obremenitvijo pasivnega dela v neznanih oz. nejasnih hidrogeoloških razmerah ni dopustna, razen če zagotovimo dreniranje pobočja pod podporno konstrukcijo.

Primeri sanacij enostavnih plazišč z obremenitvijo oz. razbremenitvijo pobočja sta prikazana na sliki 3.1.



Slika 3.1 Sanacija plazišč s pregrupiranjem zemeljskih mas – a) izboljšanje stabilnosti dela plazišča pod podporno konstrukcijo, b) izboljšanje stabilnosti celotnega plazišča z obremenitvijo pete plazu. (povzeto po *)

3.3 Sanacija plazišč s podpornimi konstrukcijami

V geotehnični praksi pri saniranju plazišč v splošnem lahko uporabljamo vse tipe podpornih konstrukcij. Med podporne konstrukcije uvrščamo vse tipe konstruktivnih rešitev, ki podpirajo zemljinske, hribinske in druge materiale ali zadržujejo vodo. Materialna pobočja so podprta, če so formirana v bolj strmem nagibu kot bi jih bilo možno formirati brez podpiranja. Pri projektiranju ločimo predvsem štiri glavne tipe podpornih konstrukcij in sistemov za podpiranje nestabilnih pobočij, ki so naštetje v naslednjih podpoglavjih.

3.3.1 Vpete podporne konstrukcije

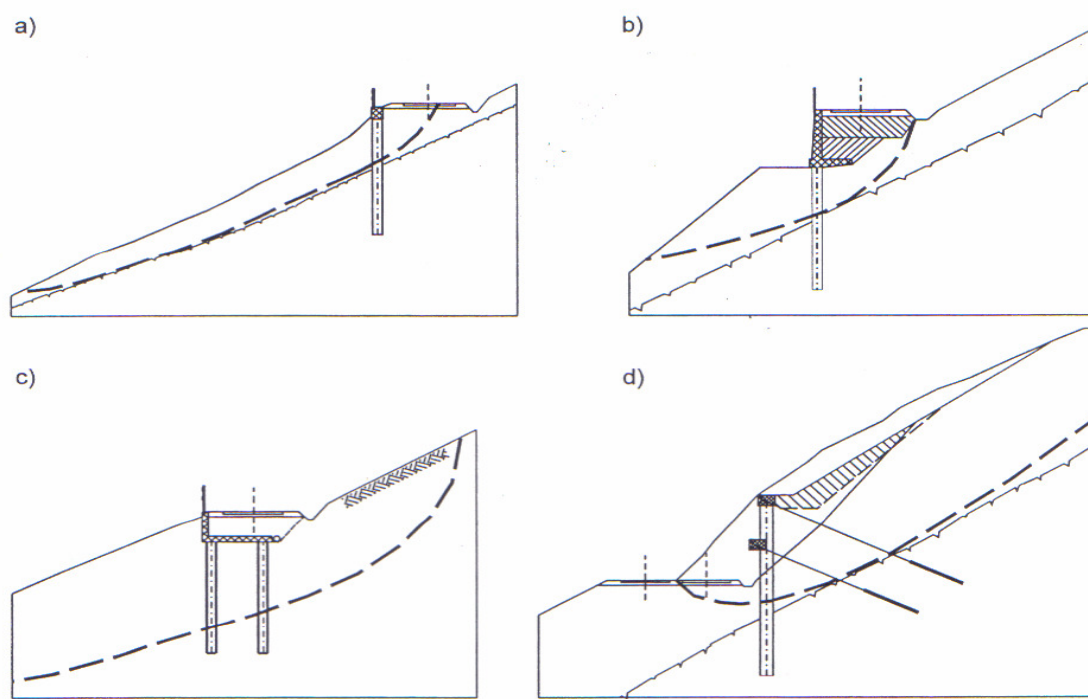
V tla vpete podporne konstrukcije predstavljajo relativno tanki zidovi iz armiranega betona enakomerne oz. neenakomerne debeline, jeklene in/ali lesene zagatne stene, pilotne stene, AB

slopi itd. Takšne konstrukcije so lahko sidrane, z razporami ali pa le vpete v temeljna tla. Za njihovo opredelitev je bistveni prispevek odpora zemljin na čelni in zaledni strani za zagotavljanje potrebne stabilnosti, praviloma nimajo izrazite temeljne ploskve, upogibna togost je najpomembnejša pri zagotavljanju varnosti oz. stabilnosti takšnih podpornih konstrukcij.

Lastna teža takšnih konstrukcij je za zagotavljanje stabilnosti manj pomembna ter je v statičnih analizah praviloma sploh ne upoštevamo.

Med tipične predstavnike v tla vpetih podpornih konstrukcij prištevamo: sidrane ali podprte jeklene, betonske in lesene zagatne stene, sidrane, podprte in vpete pilotne stene, AB slope in diafragme, berlinske stene itd.

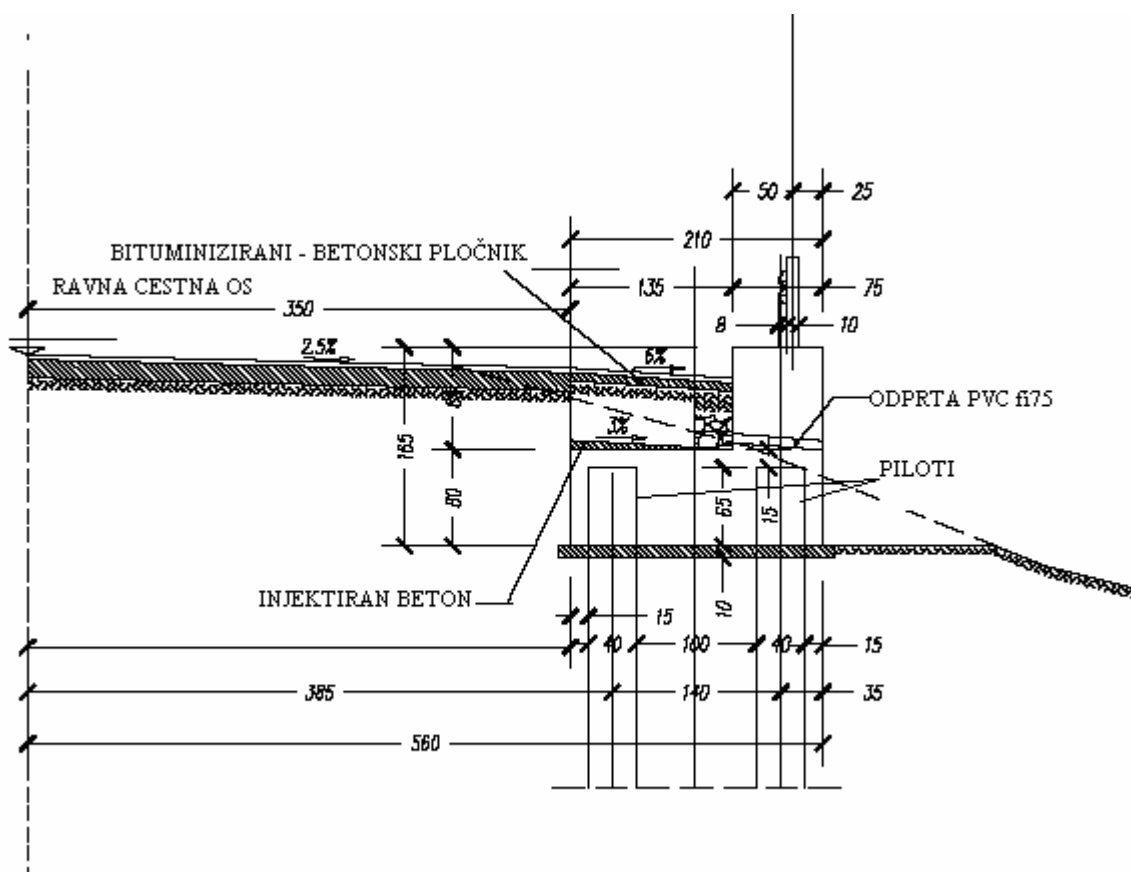
Več tipov sanacij z vpetimi in sidranimi pilotnimi stenami je prikazanih na sliki 3.2.



Slika 3.2 Sanacije plazišč z vpetimi podpornimi konstrukcijami: a) konzolna pilotna stena; b) konzolna pilotna stena z razbremenilno konzolo; c) dvovrstna konzolna pilotna stena; d) večkrat sidrana pilotna stena. (povzeto po*)

Primer sanacije z vpetimi piloti

Eden od načinov sanacije plazišč v primeru odlomnega roba v vozišču, poteka skozi kompakten asfalt, brežine iz heterogene zemlje in ob zahtevi, da se gradbena dela izvedejo brez ustavljanja prometa, je primer iz Bolgarije na cesti, ki poteka skozi Staro Planino. Izvedena je bila stabilizacija z dvema vrstama uvrtnih pilotov, vpetih v trdno plast laporja. Glave pilotov so bile povezane z nosilci $0,5 \times 0,8$ m, dimenzionirani na obremenitev od vozil Premer AB pilotov je bil 0,4 m, dolžina pa 10 m. Celotna konstrukcija je dolga 42 m, razdeljena na tri dele, dolge po 14 m.



Slika 3.3 Prerez skozi konstrukcijo za stabilizacijo (povzeto po Hamova, M., Frangov, G., Zayakova, H. Zbornik 13. DEC)

Konstrukcija je dimenzionirana na zemeljske pritiske, prometno in potresno obtežbo.

Vrtanje za pilote je bilo izvršeno s pomočjo bentonitne malte. V vrtino so bili postavljeni pripravljene armaturni koši, beton je bil neprekinjeno vlišan s cevjo od spodaj navzgor (slika 3.4).



Slika 3.4 Namestitvev armature in zgornji deli opornikov (povzeto po Hamova, M., Frangov, G., Zayakova, H. Zbornik 13. DEC)

Ta način saniranja se je izkazal za uspešnega, saj je širina omejena in ne vpliva na sosednji teren ter ne zahteva preoblikovanja splazelega terena. Piloti ne ovirajo toka podtalne vode, kar jih naredi uporabne za gorski teren. Gradnja konstrukcije je mehanizirana do največje možne stopnje in napreduje v kratkem času.

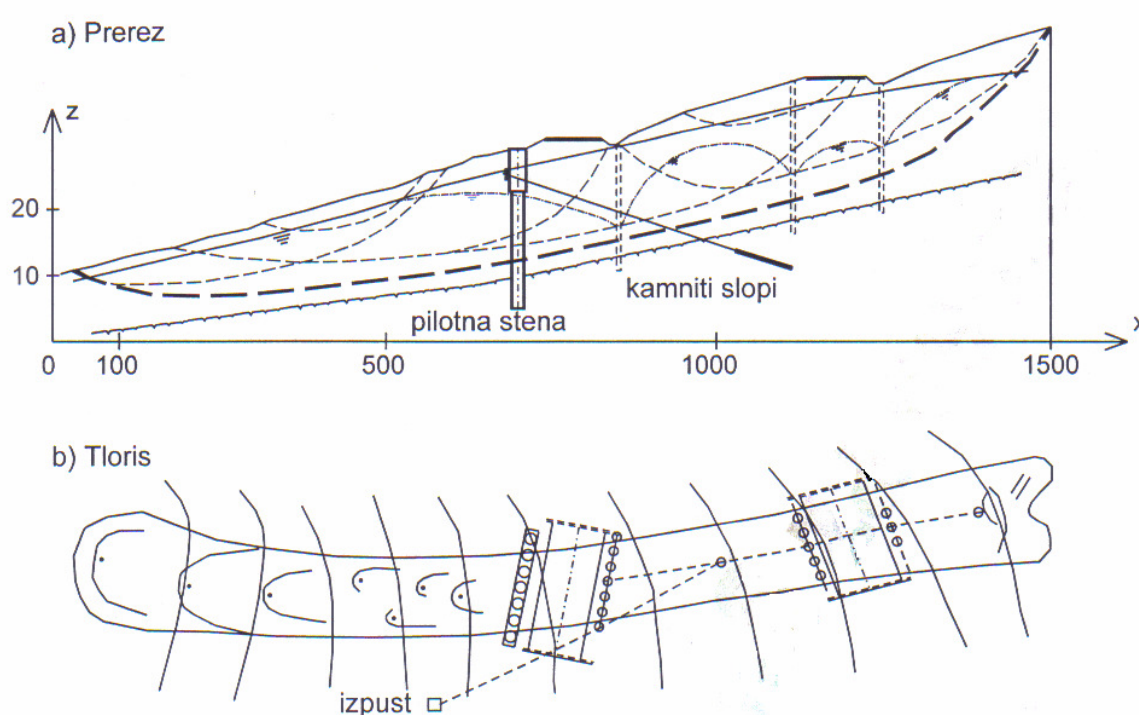
Sanacija plazišč po metodi podpiranja in dreniranja pobočja hkrati

Pri zelo zahtevnih in globokih področnih plaziščih v zelo razmočenih glinastih in gruščnatih pobočjih lahko uspešno uporabimo tudi postopek dreniranja s kamnitimi slopi, ki omogočajo dreniranje plazine v velikih globinah. Kamnite slope premerov od 60 do 100 cm izdelamo v tleh s tehnologijo za izvedbo pilotov ter izkopane jaške v tleh zapolnimo s kamnitim

materialom, ki ima dobre prepustnostne lastnosti. Za doseganje drenažnih učinkov nato izdelamo izpuste v dnu posameznega slopa s tehnologijo uvrtnih drenaž.

Zaradi časovnih zamikov med izgradnjo slopov in učinki dreniranja je tudi v teh primerih treba najprej plazišče vsaj delno oz. začasno stabilizirati, ker izvedba sanacije s kamnitimi slopi na premikajočem se plazišču ni mogoča.

Shema sanacije zelo zahtevnega plazišča s kombinacijo podpiranja s pilotno steno in dreniranja s kamnitimi slopi je prikazana na sliki 3.5.



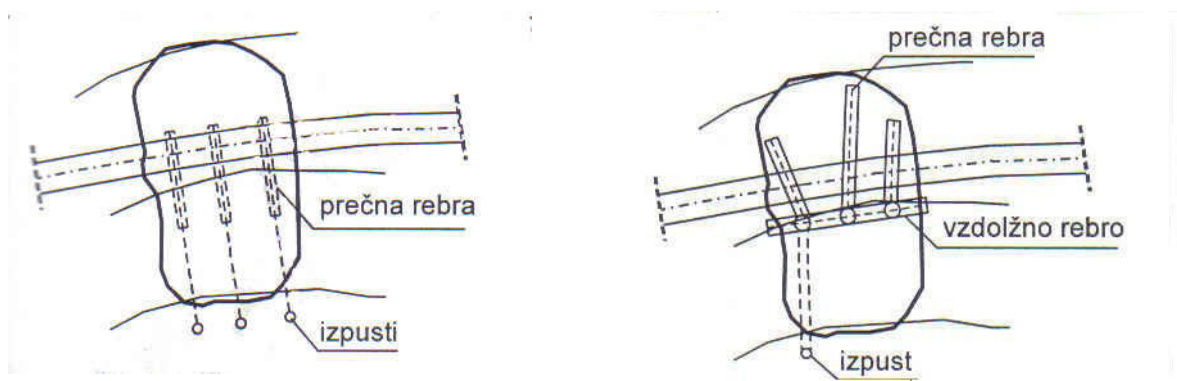
Slika 3.5 Sanacija zelo zahtevne področne porušitve s pilotno steno za zagotavljanječasne stabilnosti ter sistemom kamnitih slopov z uvrtnimi talnimi izpusti.

(povzeto po *)

Izboljšanje stabilnosti plazišč s hkratnimi učinki dreniranja in podpiranja največkrat dosegamo tako, da drenažna zasutja izdelamo iz propustnih materialov bistveno večje strižne trdnosti kot so materiali v pobočju. V to skupino uvrščamo sanacije s substitucijami materialov, izvedbo kašt v plazišču, sanacije s prečnimi in vzdolžnimi kamnitimi rebri ter njihove kombinacije. Na ta način lahko uspešno saniramo predvsem plitva plazišča z

globinami do največ 6 m. Podporna rebra so izvedena v območju cestišča in imajo urejeno odvodnjavanje s talnimi izpusti izven področja plazu.

Sanacije plazišča z vzdolžnimi in prečnimi drenažno podpornimi rebri ter substitucijo materiala so prikazane na sliki 3.6.



Slika 3.6 Sanacija plazišča z vzdolžnimi in prečnimi drenažno podpornimi rebri ter substitucijo materiala. (povzeto po *)

3.3.2 Masivne podporne konstrukcije

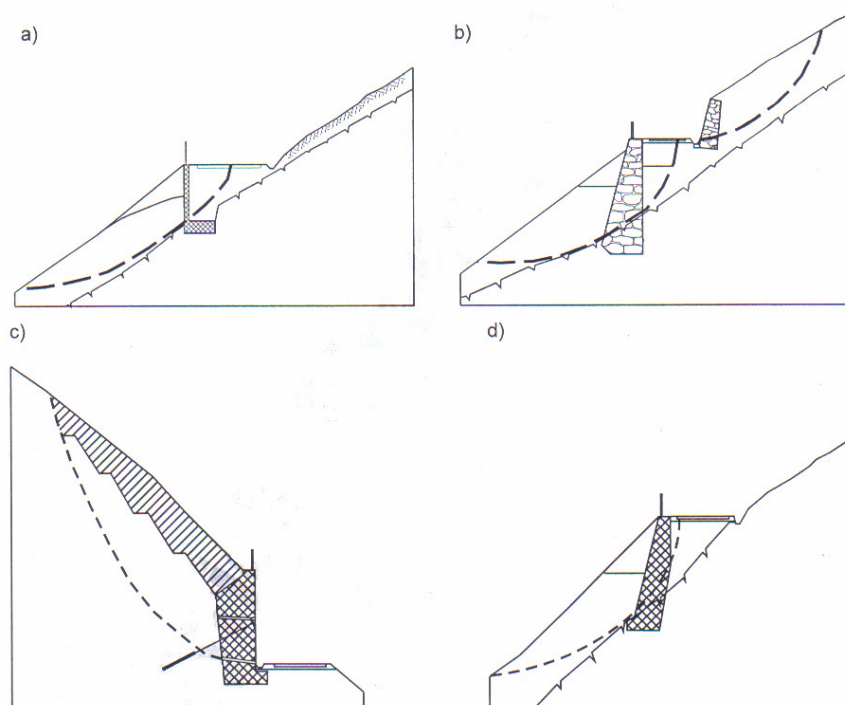
Predstavljajo jih masivni podporni zidovi, zgrajeni iz lomljenca, nearmiranega ali armiranega betona, temeljeni na plitvih temeljih z ali brez obeh bočnih razširitev. Za opredelitev je bistvena lastnost masivnih podpornih konstrukcij, da je za njihovo stabilnost najpomembnejši odpor zemljin na temeljni ploskvi. Lahko so enakomernega prečnega prereza oz. so lahko tudi ojačane z rebri v vzdolžni in/ali s konzolami v prečni smeri konstrukcije. Lastna teža konstrukcije, h kateri v nekaterih primerih prištevamo tudi del zalednih zemljin ter trenje med zalednimi zemljinami in konstrukcijo, pomenijo bistveni prispevek k zagotavljanju stabilnosti podporne konstrukcije.

Značaj masivnosti takšnim podpornim konstrukcijam dajeta togost oz. masivnost same konstrukcije ter del zaledne zemljine, ki se ob določenem mejnem stanju obnaša enako kot

elementi konstrukcije (podporna konstrukcija in del zemljine se ob nastopanju mejnega stanja obnašata kot togo telo oz. so njune relativne deformacije zanemarljivo majhne).

Tipične masivne podporne konstrukcije so: masivni plitvo-temeljni betonski in AB podporni zidovi enakomernih ali spremenljivih debelin, kamniti masivni podporni zidovi iz obdelanega ali delno obdelanega kamna, zidani v cementni malti, masivne kamnite podporne konstrukcije iz neobdelanega kamna, delno ojačane ali povsem zapolnjene z betonom (kamnite zložbe), kamniti zidovi z AB ojačitvijo v zaledju, temeljeni na plitvih temeljih na naravnih oz. izboljšanih temeljnih tleh itd.

Nekaj tipov sanacij plazišč z masivnimi podpornimi konstrukcijami je prikazanih na sliki 3.7.



Slika 3.7 Sanacije plazišč z masivnimi podpornimi konstrukcijami: a) AB L podporni zid; b) kamniti podporni in oporni zid nad voziščem; c) sidrani oporni zid nad voziščem; d) masivni podporni zid. (povzeto po*)

Primer konstrukcije iz gabionov

Konstrukcije iz nasutega materiala (gabioni) so primerni za hitro stabilizacijo manjših plazišč ob cestah, ker se lahko izvajajo na posameznih krajših odsekih. Izdelani so iz žičnih košar, v katere je naložen kamnit material. Košare se polagajo druga na drugo in s tem tvorijo podporno konstrukcijo (slika 3.8). Takšne konstrukcije lahko prenesejo tudi velike deformacije, pri čemer se njihova sposobnost prenašanja obremenitve ne zmanjša bistveno (slika 3.8 in 3.9).



Slika 3.8 Polaganje žičnatih košar

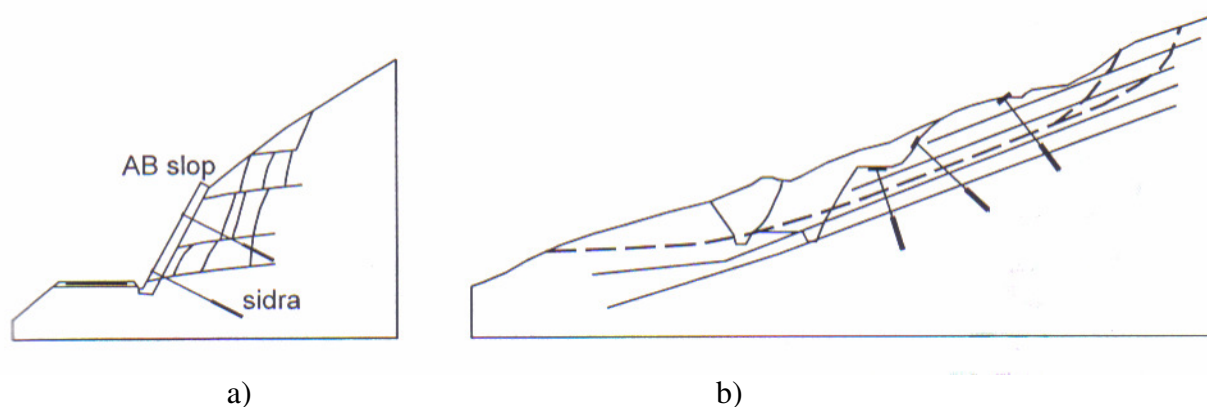


Slika 3.9 Podporna konstrukcija iz gabionov

3.3.3 Sestavljene podporne konstrukcije

Sem prištevamo vse kombinacije konstruktivnih elementov prej navedenih podpornih konstrukcij. Običajno so to zagatni zidovi, sidrani AB zidovi, grajeni postopoma od zgoraj navzdol, vse sidrane konstrukcije s sidri v več različnih nivojih, armirane zemljine, sidrani AB slopi za zaščito hribinskih pobočij ipd.

V primerih plazišč v hribinskih materialih, za katera so značilni školjkasti lomi večjih skalnih blokov, se mnogokrat odločimo za sidrane sople na razdaljah $s = 3.0\text{--}5.0$ m, kjer medprostore do kritične višine zapolnimo s kamnitimi polnili. Pri plaziščih v neugodno plastovitih hribinah se lahko večkrat uporabijo sanacije samo z geotehničnimi sidri. Primera sanacij v hribinskih materialih sta prikazana na sliki 3.10.

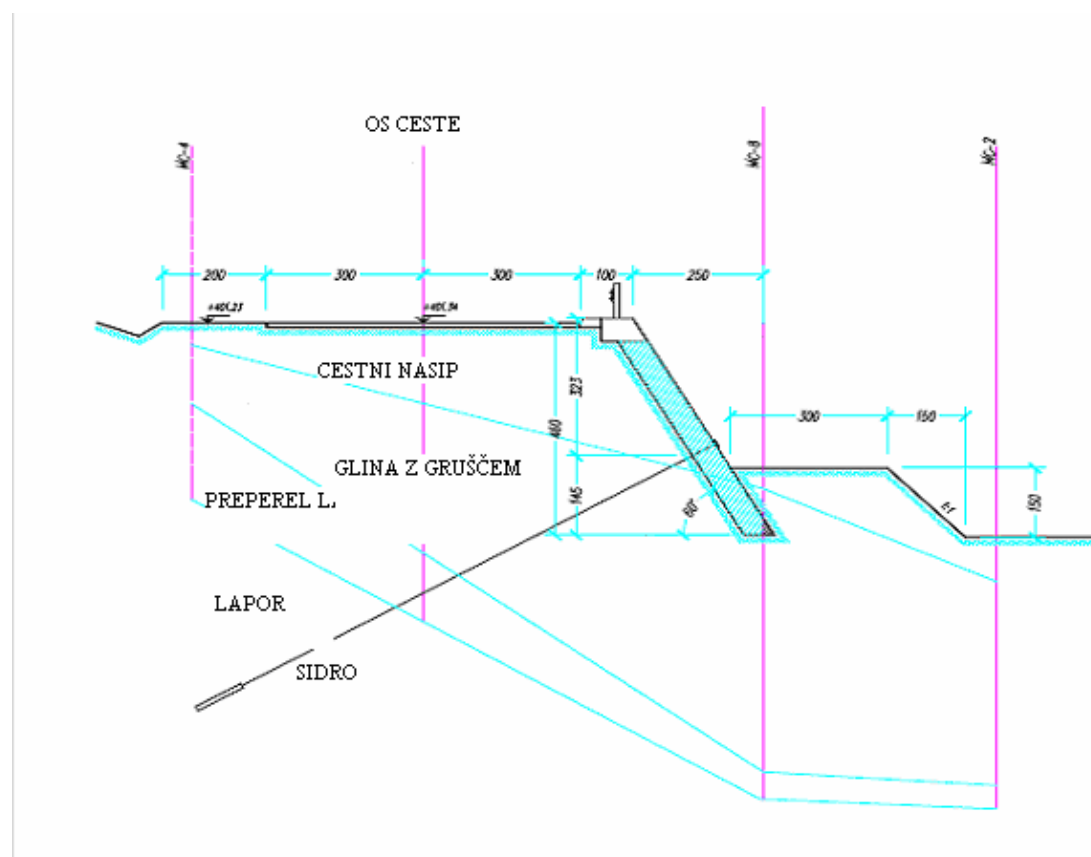


Slika 3.10 Sanacije hribinskih plazov: a) sidrani AB slopi; b) sanacija skalnega plazišča z geotehničnimi sidri (povzeto po^{*})

Stabilizacija zemeljskega plazuz z uporabo injiciranih sider

Opisan je primer pri sanaciji na cesti 3. reda v Bolgariji. Stabilizacijsko strukturo sestavljajo betonske grede, ki so nagnjene pod kotom in so kombinirane s horizontalnim nosilcem pod ploščo cestnega tlaka. Naklon gred in širina plošče cestne konstrukcije sta določeni, tako da je konstrukcija obremenjena le z zemeljskim pritiskom in ne s pritiskom vozil. Pritrdišče je pravokotno na gredo v točki delovanja nastalega pritiska aktivne zemeljske obremenitve, kar

je pomembno v določenem primeru (slika 3.11). Tako grede niso obremenjene s torzijskimi momenti.



Slika 3.11 Profil sidrne strukture (povzeto po Frangov, G., Hamova, M. Zbornik 13. DEC, km 7+500, na cesti III-406 Sevlievo-Dryan,)

Sidranje nagnjenih gredi je izvedeno z uporabo TITAN injiciranih sider podjetja ISCHEBEK. Nosilni element teh sider je hladno valjana cev z navojem, ki hkrati služi kot vrtni sveder, injicirna cev in ogrodje za ojačanje. Na cevi je nameščena vrtna krona z odprtini za injiciranje izpiralne in sidrne tekočine. Izpiralna tekočina je redka injekcijska cementna masa, ki stabilizira zid vrtine, zato okrovna cev ni potrebna. Po strditvi injekcijske stabilizacijske mase, ki jo sestavlja vodna cementna disperzija z razmerjem med vodo in cementom 0.4 in SIK mehčalec, dobimo v zemljo vtisnjen element. Glede na obremenitev in koeficient varnosti izberemo sidro in krono s premerom. Vrtna injicirana sidra so dolga 14,0 m – toliko, da so pritrjena v trdni plasti laporja. Po strditvi lahko sidrni oporniki vzdržijo natezno silo do 30 t.

Tehnološko zaporedje operacij za izgradnjo stabilizacijske naprave:

- namestitev nagnjenih gred,
- namestitev združevalnega, horizontalnega nosilca in cestišča,
- namestitev sider,
- zasipanje s skalami, vlaženje in utrjevanje nasipov, asfaltiranje poškodovanega dela cestišča, namestitev zaščitne ograje.

Končna podoba stabilizacijske strukture je prikazana na fotografiji (slika 3.12).



Slika 3.12 Stabilizacijska struktura med gradnjo in po njej (povzeto po Frangov, G., Hamova, M. Zbornik 13. DEC, km 7+500, na cesti III-406 Sevlievo-Dryan,)

Uporaba nagnjenih sidrnih gred predstavlja učinkovit način za hitro stabilizacijo zemeljskih plazov vzdolž cestišč. Glede na višino cestnih nasipov so sidra opornikov lahko nameščena v dveh ali treh vrstah.

Brežine iz armirane zemljine

Zelo uporaben način izvedbe podpornih konstrukcij iz montažnih elementov je armirana zemljina. Sestavljena je iz montažnih AB obložnih plošč in trakov za armiranje, ki so položeni v zaledno zemljino. Sile se tako prenašajo iz obložnih plošč s trenjem med trakovi in zemljino v zaledje podporne konstrukcije. Poznamo dva načina gradnje:

- gradnja z geotekstilom,
- gradnja z obložnimi ploščami.

Konstrukcija zemljinskega nasipa, izvedena z nagibom brežine, strmejšim od naravnega kota notranjega trenja zemljine, se izvede kot armirana zemljinska konstrukcija. Notranji strižni kot zemljine se poveča s sloji armature med plastmi zemljine.

S tako konstrukcijo se doseže nagib brežine 1:0,578 (60°), kar pri 1.00 m višine pomeni porabo prostora 1.6 m širine obojestransko.

Primer armirane zemljine je prikazan na sliki 3.13.



Slika 3.13 Armirana zemljina

Za tehnološko izvedbo nasipov so potrebni naslednji elementi armirane zemljine:

- Armaturni PE (poliesterski) geotekstil – njegovo natezno trdnost določimo v skladu z izračunom iz stabilnostne analize. Polaga se v slojih, izmenično z zemljino.
- Vegetacijski PE geotekstil (vegetacijska obloga iz kokosove mreže), ki zadržuje zemljino in mešanico semen in drugih organskih substratov in omogoča, da se rastline zarastejo v zemeljski sloj. Sčasoma vegetacijski geotekstil propade, ko rastline s koreninami povežejo vrhno plast.
- Zemljina za nasipanje, ki je osnovno polnilo armirane zemljine. Po navadi je lokalnega izvora, odvzeta je v bližini izvedbe del. Priporoča se uporaba zemljin, ki ustrezajo kriterijem. Če imamo na razpolago zemljine, ki ne ustrezajo tem kriterijem, mora izvajalec pred izvedbo del obvezno analizirati karakteristike vgradne zemljine in dokazati njeno vgradljivost in stabilnost v vgrajenem stanju.

- Rastni sloj, ki se vgradi ob zunanjem robu nasipa. Na širini cca 0.2 m od roba nasipa je treba vgraditi zemljino mešano s humusom oz. zemljino, bogato z organskimi snovmi, ki omogočajo rastlinam rast. Čist humus ni najprimernejši za tako uporabo.

- Mešanica semen in drugih organskih snovi, ki so potrebne za ozelenitev nasipa. Uporabi se mokro strojno brizganje preko celotnega nasipa.

Taka konstrukcija nasipa je enostavna za izvedbo zemeljskih del, za zasaditev in za morebitno kasnejšo konstrukcijsko nadgradnjo. Nasipi so visoko akustično absorpcijski, se ne spreminjajo ter ne zahtevajo posebnega vzdrževanja, razen košnje trave (tu so problem armaturne mreže in žice, ki so na straneh nasipa, saj otežujejo samo delo s stroji za košnjo).

Primer postopka izvedbe

Osnova za začetek gradnje armiranega nasipa je pripravljena in utrjena podlaga. Ta je obvezno iz kamnitega materiala za zagotavljanje vodopropustnosti. Po uvaljanju moramo doseči stopnjo zgoščenosti >95% (MPP).

1. Sledi polaganje armaturnega geotekstila, ki se postavlja v izmeničnih horizontalnih slojih z zemljino. Geotekstil je izdelan iz prepletenega poliestrskega vlakna z enotno orientiranimi vlakni. Zahteva se dobre hidrološke lastnosti, tako drenažne kot transmisivne. Taka izdelava daje geotekstilu fleksibilnost, hrapavost in nezdrsljivost, tako da v stiku z zemljino zagotovi zadostno trenje, kar pripomore k povečani kompaktnosti nasipa.

Od izračuna, ki izhaja iz stabilnostne analize, je odvisen izbor tipa geotekstila ter globina armiranja zemljine. Pri geotekstilu vzdolžna in prečna natezna trdnost nista enaki, zato je treba pri vgrajevanju paziti, da so močnejša vzdolžna natezna vlakna vgrajena pravokotno na zunanji rob nasipa. Geotekstil se v tej smeri ne sme preklapljati, to se pravi, da morajo biti v prečni smeri vgrajeni samo celi kosi. V vzdolžni smeri nasipa pa se polagajo geotekstili v širini role 5.20 m z minimalnim preklopom vsaj 20 cm.

Geotekstil ima poleg funkcije ojačitve tudi funkcijo filtra (dopušča prehod vode in preprečuje prehod trdnih delcev), drenaže (prepušča vodo) in diafragme (preprečuje mešanje materialov). Armaturni geotekstil se ne trga, je odporen na vremenske vplive in na glodavce. Pred uporabo se skladišči v zaprtih prostorih in ovit v celoti v

originalni embalaži. Ker je poliestrski geotekstil občutljiv na močno bazične zemljine, uporaba apna za stabilizacijo zemljine ni dopustna.

2. Na zunanjo stran nasipa se postavijo elektrovarjene železne mreže (iz palic ϕ 8 in ϕ 6), varjene po detajlnem vzorcu razmikov, ki so že predhodno krivljene pod kotom, pod katerim bo nasip izveden. Mreže se medsebojno povežejo z žicami in fiksirajo v tla s pomočjo sider iz armaturnih palic. Mreže se po položitvi vegetacijskega geotekstila dodatno ojačijo s pomočjo diagonal – distančnikov, prav tako iz armaturnih rebrastih palic ϕ 8, ki preprečijo razrivanje mrež z notranje strani.

Kovinsko ogrodje ima omejen rok trajanja, kajti z leti železo v zemlji nasipa razpade. Njegova funkcija je, da v fazi gradnje zadržuje zemljino in daje nasipu obliko. V poznejši fazi, ko brežina ozeleni in se razvije koreninski ustroj rastlin, ta armatura ni več potrebna in lahko postopoma propade, ker nima nosilne funkcije.

3. Na zunanjo stran nasipa, za armaturno mrežo, se postavi vegetacijski geotekstil, ki je izdelan iz dveh slojev: iz tanke polsti poliestra z neprekinjeno nitko za zadrževanje zemljine, ki je obenem podlaga, na kateri se bodo razvile rastline in mrežasto strukturirane nosilne osnove z luknjami 2×2 mm. Glavne lastnosti vegetacijskega geotekstila v prvi fazi so zadrževanje zemljine nasipa in prehod meteorne vode, v drugi fazi pa omogoči oziroma ne ovira razvoja, hranjenja in razrasta rastlin in njihovega koreninskega sistema.

4. Količinsko najobsežnejša je seveda zemljina, ki se vgrajuje v nasip. Večinoma se lahko uporablja zemljina, ki je na lokaciji. Priporoča se uporaba meljastega ali glinastega grušča skrilavca in peščenjaka, prod ali zdrobljena karbonatna kamnina. Možna je uporaba tudi druge vrste materiala, za katero je možno dokazati, da je vgradljiva pod predpisanimi pogoji ter je stabilna v vgrajenem stanju in katere lastnosti se s časom ne slabšajo zaradi biokemičnih ali mineraloških procesov. Pred vgradnjo je nujna geomehanska analiza zemljine in njej ustrezno izdelana tehnologija vgrajevanja.

Zemljina se utrjuje s pomočjo klasične gradbene mehanizacije v dveh slojih po 30 cm. Ko uvaljan material izkazuje deformacijski modul $E_{v2} = 70$ Mpa, mora koeficient trenja materiala, če ga izražamo kot razmerje med strižno in normalno napetostjo, znašati 0.7, oziroma izražen kot strižni kot brez kohezije izkazovati vrednost 35° .

V času izvajanja del je potrebno sproti preverjati geomehanske lastnosti materiala, ki se vgrajuje (na vsakih 2000 m^3 oz. na vsakem objektu), ki ne smejo biti slabše od tistih, ki so bile dobljene na vzorcu in na podlagi katerih je bila izdelana stabilnostna analiza.

3.4 Zaščita površja z visoko raztežno žičnato mrežo v kombinaciji z zabijanjem klinov

Uporaba žičnate zaščitne mreže in mreže, nanizane na jeklene vrvi kot ukrep za stabilizacijo spremenljivega površja, se je že večkrat izkazala za primerno po vsem svetu in je pogosto alternativa togim masivnim podpornim konstrukcijam. Poleg tega odprta struktura zaščitne mreže dovoljuje neovirano ozelenitev površin. V večini primerov v namene utrditve površja uporabljajo žičnate zaščitne mreže, ki temeljijo na natezni trdnosti posameznih žic približno $500 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$. Če se stremi k ekonomično varčnim razmikom med žebli, te preproste mreže pogosto niso dovolj močne, da bi prevzele nastajajoče sile in jih prenesle na žeblje. Po drugi strani mreže, nanizane na jeklene vrvi, dovoljujejo večje razmike med žebli, vendar so te relativno drage in se zato uporabljajo samo v posebnih primerih, ko pride do zelo močnih sil. Najnovejši razvoj žičnate zaščitne mreže, narejene iz visoko raztezne jeklene žice z natezno trdnostjo posamezne žice, ki znaša najmanj $1770 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$, pa ponuja nove možnosti za učinkovito in ekonomično stabilizacijo zahtevnejših pobočij/strmin. Na trgu so te mreže na razpolago pod zaščitenim imenom Tecco. V standardni izvedbi imajo žice premer 3 mm in so korozijsko zaščitene z aluminijasto-cinkovo prevleko.

Za dimenzioniranje prilagodljivega površinskega zaščitnega sistema so bili razviti posebni pristopi tako za primere strmejših naklonov zemljin ali zelo preperelih razpokanih hribin kot tudi za plastovite in sprijete kamnine.



Slika 3.14 Močno raztegljiva žičnata zaščitna mreža za stabilizacijo pobočja (povzeto po Flum, D., Rüegger, R. Zbornik 13. DEC)

TECCO-va jeklena zaščitna mreža zagotavlja natezno trdnost, ki znaša 150 kN/m.

Ta vrednost predstavlja najmanjšo zajamčeno nosilnost. Njena tridimenzionalna struktura povzroči optimalen prenos sil iz tal na mrežo in tudi ugodne pogoje za utrditev zelenjenja s škropljenjem. V primerjavi z žičnatimi zaščitnimi mrežami, ki so na tržiščih običajno na voljo in so primerljive glede velikosti odprtin in imajo podoben premer žice, je ta zelo raztezna jeklena žičnata zaščitna mreža s svojimi posebnimi karakteristikami zmožna prevzeti do približno trikrat večje sile. Posebna metoda pritrditve plošče v obliki romba z žebljem na TECCO zaščitno mrežo služi za pritrditev mreže v podlago (slika 3.11). Zaradi tega ta metoda omogoča precejšnjo prednapetost mreže proti spodnjim plastem tal.



Slika 3.15 Posebna plošča z žabljem, ki aktivno pritiska na zelo raztezno jekleno zaščitno mrežo proti strmemu površju (povzeto po Flum, D., Rüegger, R. Zbornik 13. DEC)

Koncept dimenzioniranja Ruvolum zajema analizo površin vzporednega plitvega drsenja in problem lokalnih zdrsov zemljine med posameznimi žablji

Pri dokazovanju odpora proti površinski nestabilnosti vzdolž pobočja morajo biti izpolnjeni naslednji trije dokazi nosilne varnosti:

1. Dokaz o žablju proti drsenju površinske plasti vzdolž pobočja (strig).
2. Dokaz o mreži proti pretrganju.
3. Dokaz o žablju ob kombinaciji napetosti (prednapetje, sidranje).

V literaturi so navedeni primeri uporabe v Nemčiji. Visoko raztezni sistem TECCO je bil izbran za utrditev pobočja proti nestabilnosti, ki se je zgodila na eni od regionalnih cest (slike 3.16–3.18). Ta sistem za utrditev gibljivega površja je najprimernejši za to.

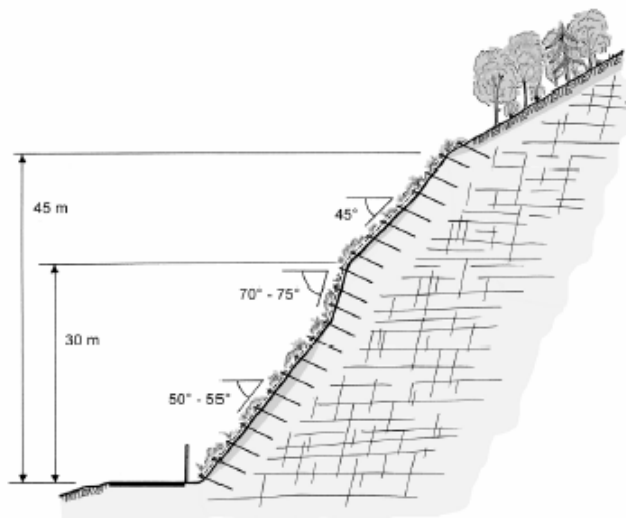
Zahvaljujoč fleksibilnosti, se lahko optimalno prilagodi neenakomernemu površju terena. Poleg tega, da morajo biti izpolnjeni statični pogoji, morajo biti tudi posamezni klini vgrajeni dovolj globoko v kompaktno podlago (3 m), da je lahko zaščitna mreža napeta na maksimalni razteg na površju.



Slika 3.16 Skalni udor (povzeto po Flum, D., Rügger, R. Zbornik 13. DEC)



Slika 3.17 Skalni udor, ki je povzročil začasno zaporo regionalne ceste (povzeto po Flum, D., Rügger, R. Zbornik 13. DEC)



Slika 3.18 Prečni prerez izvedbe z žičnato mrežo in klini v podlagi (povzeto po Flum, D., Rieger, R. Zbornik 13. DEC)

TECCO sistem za utrjevanje pobočja se lahko v najboljši meri prilagodi posebnim in statičnim pogojem. Ponuja možnost razvrstitve klinov na ekonomičen način zaradi zmožnosti absorpcije in prenosa silnih bremen. V nasprotju z betonskimi rešitvami se z TECCO-vimi utrjenimi pobočji zopet pojavi rastlinstvo, ki je zelo cenjeno in tudi prijetno za oko (slika 3.19).



Slika 3.19 Srednji del z rastočim naravnim rastlinstvom (povzeto po Flum, D., Rieger, R. Zbornik 13. DEC)

Uporaba kombinirane tehnike zavarovanj v Sloveniji

Uporabljena je lahko kombinacija okolju prijazne pozidave previsov z rustikalno zidanim kamnitim zidom in prekritje zgornjega dela brežine s sistemom globoko sidranih jeklenih mrež za aktivno učvrstitev in protierozijsko zaščito. Ta sistem obstoječi preperinski sloj utrdi in pritisne na podlago. Na ta način je omejeno nadaljnje erozijsko vzvratno spodkopavanje površja brežine in zmanjšana grožnja porušitve večjih razsežnosti. Prav tako je nadzorovano nadaljnje spiranje in erozijsko poglobljanje površja. Pri manjših poružitvah je način varovanja odvisen zlasti od velikosti in mesta porušitve glede na prometnico ter od tehničnih možnosti in okoljske primernosti varovalnih ukrepov. Pri obnovi brežin se v svetu in tudi pri nas uveljavlja uporaba globoko sidranih jeklenih mrež visokih nateznih trdnosti, ki enakovredno nadomeščajo dražje in okolju manj prijazne rešitve, kakršni so npr. betonski obložni zidovi, torkretiranje z betonom.

Primeri (brežina Polic 7L in Mali vrh) kažejo, da je z globoko sidranimi mrežami visoke natezne trdnosti možno tudi najzahtevnejše varovalne ukrepe izvesti na okolju prijazen način (Delo, četrtek 24. avgust 2006, str. 22).

4 PRIMER IZ GEOTEHNIČNE PRAKSE

4.1 Uvod

V nalogi je podroben popis desetih plazov na R2 423, odsek 1281 Črnlolica – Lesično med km 6,715 in 8,146, km 10,785 in 10,897 in med km 14,020 in 15,500, ki potekajo po hribovitem oz. gričevnatem terenu, deloma v nasipu, deloma v vkopu in za katere so bile izvedene geološke raziskave. Situacija plazov je prikazana v prilogi B, njihov popis pa v preglednicah 1 in 2. Na območju Kozjanskega in vzhodnega dela celjske regije je na državnih cestah še veliko plazov, za katere še niso izvedene geološke raziskave in sicer:

R3 683, odsek 1169 Pilštanj - Golobinjek, R3 684, odsek 7460 Prelasko – Kozje, R3 682, odsek 1441 Loke – Ledinščica, R1 219, odsek 1239 Mestinje – Golobinjek, R2 422, odsek 1333 Podsreda – Koprivnica, R2 424, odsek 1166 Boštanj – Planina, R2 423, odsek 1281 Črnlolica – Lesično, G5, odsek 328 Celje – Šmarjeta, R3 681, odsek 4006 Laško – Breze – Šentjur, R3 744, odsek 2349 Štore – Svetina – Laško, G 107, odsek 1275 Šentjur – Mestinje, R3 686, odsek 1279 Žiče – Dramlje, R3 687, odsek 7207 Dole – Ponikva – Loče, grafični prikaz v prilogi B.

Pri rekonstrukciji ceste R2 423, odsek 1281 Črnlolica – Lesično med km 6,715 in 8,146, km 10,785 in 10,897 in med km 14,020 in 15,500, so bili izvedeni posegi v kmetijska zemljišča na strmih pobočnih legah. Na obravnavanem odseku so bili plazovi že pred rekonstrukcijo ceste v letih 1980–1985 in 1997–2000. Pojavili pa so se tudi po rekonstrukciji ceste, ker niso bili predmet sanacije ob rekonstrukciji ceste in je bila s tem povzročena gospodarska škoda, kajti stroški bi bili manjši, če bi se takratna sanacija izvedla temeljiteje. Vsi plazovi so dolgi od 15 do 84 m, najpogosteje pa od 20 do 30 m. Odlomni robovi so vidni v vozišču ali na robu vozišča, izrivni robovi pa na brežinah pod cesto ali v gozdu ali pa sploh niso izrazito vidni.

Odvodnjavanje na območju plazov ni urejeno oz. ni objektov za odvodnjavanje ali pa neposredno na mestu zdrsa obstajajo prepusti, iz katerih se voda prosto razliva po površini. Ob plazovih večinoma ne potekajo potoki ali drugi vodotoki, razen manjših izjem. Pri

posameznih plazovih so bile opravljene geomehanske preiskave, in sicer sondažne vrtine, ki so globine od 3,0 m do 13,0 m. Med sondažnim vrtnjem so se izvajali standardni penetracijski preizkusi (SDP) za ocenitev gostotnega stanja nekoherentnih zemljin oz. za ocenitev stopnje preperelosti hribine. Geološko zgradbo sestavljajo t. i. laški laporji, preperinski sloj, vezljive in peščene zemljine. Večinoma je prisotna talna voda na globinah od 1,1 m do 6,7 m.

Povprečne lastnosti zemljin, ki so ugotovljene pri posameznih slojih na posameznih plazovih (Plaz I–X), so:

Podlaga: prostorninska teža 23 kN/m^3 ,

kohezijska trdnost 20 kPa,

kot notranjega trenja od 30° do 34°

Preperina: prostorninska teža od 20 kN/m^3 do $21,5 \text{ kN/m}^3$,

kohezijska trdnost od 3 do 10 kPa,

kot notranjega trenja od 26° do 31°

Zemljinski material: prostorninska teža od 15 kN/m^3 do $19,5 \text{ kN/m}^3$,

kohezijska trdnost 0 kPa,

kot notranjega trenja od 12° do 30°

in cestni nasip: prostorninska teža od 15 kN/m^3 do $19,5 \text{ kN/m}^3$,

kohezijska trdnost 0 kPa,

kot notranjega trenja 30°

Popis plazov v preglednicah 1 in 2 je podan s stacionažo, dolžino, odlomnim in izrivnim robom in objektom odvodnjavanja, če je na območju plaza. Dalje so podane globine in število vrtin z nivojem talne vode, če je prisotna, geološka zgradba, hidrološke razmere in lastnosti zemljin.

Tudi za ostale plazove, ki še niso raziskani in so navedeni na seznamih, lahko pričakujemo podobne opise posameznih lastnosti, saj so na enakem ali podobnem območju.

Preglednica 1: Prikaz lastnosti plazov (plaz I do V)

PLAZ		PLAZ I km 6,715 – 6,799	PLAZ II km 7,075 – 7,096	PLAZ III km 7,245 – 7,277	PLAZ IV km 7,495 – 7,559	PLAZ V km 8,106 – 8,146										
OPIS	OPIS OBMOČJA PLAZOV															
	Dolžina:	15 in 84 m	21 m	32 m	17 in 18 m	25 m										
	Odlomni rob:	2 m v vozišče	2 m v levi vozni pas vozišča	2 m v desni vozni pas vozišča	2 m v desni rob vozišča	2 m v desnem robu										
	Izrivni rob:	v obliki nariva v višini 1 m oziroma ob vznožju brežine ob potoku	ni izrazito viden	na brežini nad serpentino	ndefiniran	V gozdu, v vznožju brežine ob potoku										
Objekti za odvodnjavanje	dva prepusta, voda se prosto razlije po brežini	prepust, betonske kanalete	prepust, betonske kanalete	Nima	Nima											
ŠTEVILO GLOBOKIH SONDAŽNIH VRTIN		6 (V1–V6)	2 (V7–V8)	4 (V9–V12)	1 (V13)	2 (V14–V15)										
GLOBINA (profili) POSAMEZNIH VRTIN		od 7,50 do 13,0 m	od 5,0 do 7,0 m	od 3,0 do 8,0 m	8,0 m	od 7,0 do 11,0 m										
NIVO TALNE VODE (globine)		1,6–6,7 m	1,1–1,8 m	4,9 m	ni	1,2–5,5 m										
GEOLOŠKA ZGRADBA		laški laporji, preperinski sloj (vezljive in peščene zemljine)	laški laporji, preperinski sloj (vezljive in peščene zemljine)	laški laporji, preperinski sloj (vezljive in peščene zemljine)	laški laporji, preperinski sloj (vezljive in peščene zemljine)	laški laporji, preperinski sloj (vezljive in peščene zemljine)										
HIDROLOŠKE RAZMERE		potok	ni	ni	ni	potok										
LASTNOSTI ZEMLJIN		[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]
	Upoštevana podlaga	γ= 23	c= 20	φ=32	γ= 23	c= 20	φ=32	γ= 23	c= 20	φ=32	γ= 23	c= 20	φ=33	γ= 23	c= 0	φ=34
	Preperina	γ= 20,5	c= 3	φ=26	γ= 21	c= 3	φ=28	γ= 21,5	c= 5	φ=30						
	Zemljinski material	γ= 19	c= 0	φ=12	γ= 19	c= 0	φ=22	γ= 19	c= 0	φ=13	γ= 19,5	c= 0	φ=30	γ= 19	c= 0	φ=23

Preglednica 2: Prikaz lastnosti plazov (plaz VI do X)

PLAZ		PLAZ VI km 10,785 – 10,824	PLAZ VII km 10,872 – 10,897	PLAZ VIII km 14,020	PLAZ IX km 14,600 – 14,700	PLAZ X km 15,500										
OPIS OBMOČJA PLAZOV	Dolžina:	22 in 27 m	30 m	25 m	30 m	35 m										
	Odlomni rob:	Pod bankino in 1,5 m v desnem voznem pasu	1,5 m v v desnem voznem pasu	V levi polovici vozišča	V levi polovici vozišča, delno tudi v levi brežini	V levi polovici vozišča										
	Izrivni rob:	Na brežini 32 m pod cesto	65 m pod cesto	27 m pod cesto	Ni izrazito viden	25 m pod cesto										
	Objekti za odvodnjavanje	Nima	Nima	Prepust, voda prosto razliva	Prepust	Prepust, betonske kanalete										
ŠTEVILO GLOBOKIH SONDAŽNIH VRTIN		2 (V1–V2)	1 (V3)	4 (V1–V3, V13)	5 (V4–V8)	4 (V9–V12)										
GLOBINA (profili) POSAMEZNI VRTIN		od 9,0 do 11,0 m	9,0 m	od 6,0 do 9,0 m	od 5,0 do 8,0 m	od 5,0 do 8,0 m										
NIVO TALNE VODE (globine)		1,2–1,4 m	ni	2,0–4,8 m	2,0–4,8 m	1,7–3,7 m										
GEOLOŠKA ZGRADBA		laški laporji, preperinski sloj (vezljive in peščene zemljine)	laški laporji, preperinski sloj (vezljive in peščene zemljine)	lapor in apneni lapor, vezljive zemljine	sivi lapor, vezljive zemljine	peščen lapor, glinaste zemljine										
HIDROLOŠKE RAZMERE		ni	ni	ni	ni	ni										
LASTNOSTI ZEMLJIN		[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]
	Upoštevana podlaga	$\gamma = 23$	$c = 20$	$\varphi = 33$	$\gamma = 23$	$c = 20$	$\varphi = 32$	$\gamma = 23$	$c = 20$	$\varphi = 30$	$\gamma = 23$	$c = 20$	$\varphi = 30$	$\gamma = 23$	$c = 20$	$\varphi = 30$
	Preperina	$\gamma = 21,5$	$c = 10$	$\varphi = 31$	$\gamma = 21,5$	$c = 8$	$\varphi = 30$	$\gamma = 21$	$c = 5$	$\varphi = 28$	$\gamma = 21$	$c = 5$	$\varphi = 28$	$\gamma = 21$	$c = 5$	$\varphi = 28$
	Zemljinski material	$\gamma = 19,5$	$c = 0$	$\varphi = 28$	$\gamma = 19,5$	$c = 0$	$\varphi = 25$	$\gamma = 19$	$c = 0$	$\varphi = 16$	$\gamma = 19$	$c = 0$	$\varphi = 30$	$\gamma = 19$	$c = 0$	$\varphi = 20$
	Cestni nasip							$\gamma = 19,5$	$c = 0$	$\varphi = 30$	$\gamma = 19,5$	$c = 0$	$\varphi = 30$	$\gamma = 15$	$c = 0$	$\varphi = 30$

Sanacije nestabilnih brežin na regionalnih cestah so problem vzdrževanja državnih cest v Sloveniji, saj so vzroki zdrsov brežin nezadostno utrjene brežine, zamašeni oz. neuporabljeni drenažni sistemi v zaledju cestnih profilov, velike količine površinskih vod iz voziščne konstrukcije in zalednih območij, ki niso kontrolirano odpeljane z območij cestnih profilov v raščeni teren.

Problemi se kažejo tudi v nezadostnem projektiranju objektov za odvodnjavanje v preteklem času (požiralniki, propusti, mulde, kanalete), kakor tudi v rednem vzdrževanju teh objektov, čiščenju peska po končani zimi.

Vzroke bi lahko omejili oz. preprečili z uporabo sodobnih tehnologij pri zimskem vzdrževanju – posipanje samo s soljo in $MgCl_2$ brez uporabe peskov, kar bi preprečilo same nanose peska v objekte odvodnjavanja in s tem tudi povečalo njihovo funkcionalnost.

Veliko plazov je že saniranih, ostali pa še bodo. To je prikazano v preglednicah od 3 do 15, za plazove kateri še niso bili geološko raziskani.

Preglednica 3: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R2-423/1281 ČRNOLICA – LESIČNO

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 5+800	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 5+900	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 11+900 do 12+100	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 12+800 do 13+000	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 13+450 L=50m	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Usad na brež. v km 14+500	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 4: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-683/1169 PILŠTAJN - GOLOBINJEK

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 0 + 300	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz II. v km 3+945	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz III. v km 4+055	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz IV. v km 4+365	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Plaz V. v km 4+820	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 7 + 260	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 5: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R2-422/1333 PODSREDA - BRESTANICA

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 1 + 600	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 6: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-682/1441 LOKE-LEDINŠČICA

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 3 + 300	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 7: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-684/7460 PRELASKO-BUČE-KOZJE

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 7 + 050	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 8: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-686/1279 ŽIČE - DRAMLJE

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 13+150	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 9: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-687/7207 DOLE-PONIKVA-LOČE

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 6 + 400	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 10: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R 219/1239 MESTINJE-GOLOBINJEK

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 2 +200	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 11: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-681/4006 LAŠKO - BREZE - ŠENTJUR

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 10 +600	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 15 + 000	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 12: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI G 5/328 CELJE-ŠMARJETA

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 12 +000	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 12 +865	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 13: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R2-424/1166 BOŠTANJ - PLANINA

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 14 + 250	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 14 + 700	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 15 + 000	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 15 + 050	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 15 + 850	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 17 + 700	še ne izvedene	še ne izveden	ne
Plaz v km 17 + 720	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 14: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI G 107/1275 ŠENTJUR-MESTINJE

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 14 +000	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Preglednica 15: SEZNAM PLAZOV IN USADOV NA CESTI R3-744/2349 ŠTORE-SVETINA-LAŠKO

Plaz v km	Geol. raziskave	Proj. PZI št.	Izveden ukrep
Plaz v km 7+250	še ne izvedene	še ne izveden	ne

Za prikazane plazove v seznamih (preko 30) se še ne ve, kdaj bodo sanirani, saj upravljavec cest še ni naročil geoloških raziskav, prav tako ne projektov in sredstev za sanacijo. Vozišče je na omenjenih stacionažah plazov deformirano, pojavljajo se posedki oz. neravnine. Na teh lokacijah je postavljena ustrezna prometna signalizacija, ki opozarja udeležence v prometu, da je nevarnost na cesti in da je treba prilagoditi vožnjo in hitrost stanju vozišča.

Za prikazane plazove (preglednici 1 in 2) se iščejo predlogi, ki bi bili najugodnejši in racionalni. Od opisanih metod sanacij plazov (v poglavju 3) je za omenjene lokacije plazov težko predvideti kaj ustrežnejšega kot masivne kamnite zložbe ali pilotne stene.

Na opisanih lokacijah smo omejeni s prostorom, saj so vsi plazovi na strmih pobočnih legah, kjer bi bili potrebni večji posegi v brežine, globine temeljenja oz. kompaktnega laporja, kamor je treba sidrati konstrukcije, velike in je potrebno globoko temeljenje.

Obravnavano območje plazov je v območju Kozjanskega regijskega parka (RP 2313), kar pomeni, da je treba uporabljati avtohtone materiale (kamen).

Vzrok plazenja je predvsem prisotnost zalednih vod, ki povzročajo zdrs na kontaktu laporja in vezljivih zemljin ali preperine.

4.2 Primer splazitve v km 14,600–14,700 cestnega odseka Črnllica - Lesično

4.2.1 Opis plazu

Od prikazanih plazov bomo podrobneje obdelali **Plaz IX**, v km 14,600 do km 14,700 zaradi možnosti prikaza primera podporne in oporne konstrukcije na kratkem odseku.

Obe brežini sta splazeli v letu 2000 v deževnem obdobju po rekonstrukciji oz. modernizaciji ceste oz. vozišča. Asfaltna cesta poteka v mešanem profilu v padcu proti Lesičnemu. Odvodnjavanje površinske vode je urejeno z asfaltno koritnico. Bočni odlomi na brežini in

izrivni rob plazu na brežini pod cesto niso izraziti, viden je nariv v spodnjem delu brežine. V območju plazu je cesta speljana med levo in desno krivino. Brežina nad in pod cesto je obdelana kot travnik.

V območju km 14+600, kjer cesta poteka v desnem useku, je splazela brežina nad cesto v širini 50 m, z odlomom 13 m nad cesto in izrivom v nivoju cestišča.

V območju km 14+700 pa je splazela brežina pod cesto, ki je poškodovala vozišče, zaradi aktiviranja plazu. Odlomni rob plazu je v levi polovici vozišča, delno sega tudi v levo brežino. Plaz, širok 30 m, poteka po celi širini cestišča.

Obstaja možnost uporabe avtohtonega materiala pri sanaciji, saj je brežina pod cesto manj strma, globina nosilne hribinske podlage dostopna – globina laporja je 3,0 do 5,1 m.

Zato se predlaga izvedba sanacije plazu s podporno konstrukcijo (vkopano kamnito zložbo) na desni brežini pod cestiščem in z oporno konstrukcijo (kamnito zložbo) na levi brežini.

4.2.2 Povzetek terenskih preiskav

V prilogi 1 je prikazana situacija plazišča v merilu 1:200, v kateri so vrisane lokacije sondažnih vrtin od V4 do V8. Rezultati sondažnih terenskih preiskav oziroma temeljnih tal so podani na prilogah 2 – 5 - geološki prečni profili in prilogah 6 do 7 - geološki vzdolžni profil.

Na pobočju pod cesto je bila na mestu porušitve opazna večja namočenost zemljin, razlog za to je konfiguracija terena in obstoječi cevni prepust, ki omogočata stekanje površinskih meteornih in pobočnih precejnih voda na to območje, kar je eden od razlogov za nastanek plazu.

Na območju nad cesto je pod humusno plastjo svetlo siv apnen lapor. Hribina je sicer kompaktna, vendar zaradi izpostavljenosti atmosferskim vplivom na površju močno preperela. Zaradi tega se občasno kruši, preperel material se zato nalaga ob vznožju brežine in obstaja nevarnost njegove splazitve na vozišče.

4.2.3 Ugotavljanje strižnih karakteristik zemljin s povratno analizo

Lastnosti slojev temeljnih tal niso bile preiskane v laboratoriju, zato smo dejanske strižne karakteristike ugotovili s povratno analizo. Ta postopek je bil izbran, ker je na obstoječem pobočju, ki je zdrsnilo, dovolj jasno viden zgornji odlomni rob in nariv na spodnjem delu pobočja. Pri obravnavanem plazu smo obdelali območje profila P 10, ki poteka po pobočju nad in pod cesto in profil P6, ki poteka po porušeni brežini nad cesto. Na podlagi tega smo v območju P10 določili lego desetih potencialnih porušnic, v P6 pa lego treh potencialnih porušnic.

Povratno analizo smo opravili z uporabo računalniškega programa JANBU (program za numerično analizo stabilnosti brežin z ravnimi porušnicami). Pri povratni analizi stabilnosti določamo tiste realne strižne karakteristike in nivoje talne vode, da dobimo za rezultat analize varnostni količnik $F \cong 1,0$ (labilno stanje ob poružitvi). Strižne karakteristike zemljin iz vrednotimo z upoštevanjem rezultatov analize pri ugotovljeni kritični potencialni porušnici (v našem primeru je predpostavljenih 10 porušnic – kritična porušnica je drsina z $F = 0,996$ (priloga 8) in v P6 kritična porušnica je drsina z $F=0,999$ (priloga 9)). Drsina v P10 poteka po kontaktu gline in preperine laporja, oz. po kontaktu laporja. Talna voda se pojavi v vrtinah V4 na globini 2,4 m (priloga 4), V7 in V8 na globinah 2,0 m in 2,80 m (priloga 7). Ob interpolaciji vrtin V5 in V6 ter vrtin V7 in V8 (priloga 4) smo dobili naslednje strižne trdnosti zemljin:

Podlaga: kohezijska trdnost 20 kPa,

kot notranjega trenja 30° .

Preperina: kohezijska trdnost 5 kPa,

kot notranjega trenja 28° .

Zemljinski material: kohezijska trdnost 0 kPa,

kot notranjega trenja 15° – dobljen s povratno analizo

in cestni nasip: kohezijska trdnost 0 kPa,

kot notranjega trenja 30° .

Ker sta obe brežini splazeli v letu 2000 v deževnem obdobju, obstaja verjetnost, da je bil takrat nivo talne vode drugačen kot ob izvajanju sondažnih vrtin leta 2003. Zato smo predpostavili, da je bil nivo talne vode v vrtinah v tistem trenutku 1,5 m višji kot ob izvajanju sondažnih vrtin. V primeru je predpostavljenih 10 porušnic – kritična porušnica je drsina z $F = 0,991$ (priloga 12). Dobili smo naslednje strižne trdnosti zemljin:

Podlaga: kohezijska trdnost 20 kPa,

kot notranjega trenja 30° .

Preperina: kohezijska trdnost od 5 kPa,

kot notranjega trenja 28° .

Zemljinski material: kohezijska trdnost 0 kPa,

kot notranjega trenja 20° .

in cestni nasip: kohezijska trdnost 0 kPa,

kot notranjega trenja 30° .

Sprememba oz. višji nivo talne vode nam pokaže, da nastopi zdrs tudi že pri boljših strižnih karakteristikah $\varphi = 20^\circ$ z razliko $\varphi = 15^\circ$ pri nižjem nivoju talne vode. Pri projektiranju sanacije je potrebno upoštevati nižji strižni kot φ kot nam ga izkaže porušitev ($\varphi = 20^\circ$), zato je bil upoštevan $\varphi = 15^\circ$.

4.2.4 Sanacija pobočja

Za analizo globalne stabilnosti pobočja, podprtega s kamnito zložbo, smo uporabili strižne karakteristike zemljin, ki smo jih dobili s povratno analizo. Način sanacije pobočja z kamnito zložbo smo izbrali predvsem zaradi naslednjih prednosti:

1. propustnost zložbe za precejno vodo,
2. sorazmerno enostaven način gradnje,
3. majhni transportni stroški, ker se lomljenec in drobljenec dovažata iz bližnjega lokalnega kamnoloma.

Stabilnostne analize smo izdelali s pomočjo računalniškega programa JANBU in LARIX.

Za sanacijo usada smo stabilnostno obdelali P4, v katerem je oporna konstrukcija zasnovana kot kamniti težnostni zid iz kamnitih blokov, povezanih z betonom. Za stabilnostno analizo opornega zidu smo uporabili program Larix. Opravili smo kontrolo prevrnitve, lege rezultante in nosilnosti temeljnih tal. Stabilnostne analize izkazujejo naslednje varnosti, faktor varnosti na prevrnitev 2,38, na zdrs pa 1,30. Maksimalne napetosti v temeljnih tleh znašajo 179 KN/m^2 , globalna stabilnost po Kreyu pa $F = 1,33$ (priloga 10).

Za sanacijo plazu pod cesto smo stabilnostno obdelali območje profila 8, ki poteka po pobočju nad in pod cesto. Skupno je bilo preverjenih deset drsin, ki od zgornjega odlomnega roba do izriva potekajo v različnih globinah. S stabilnostno analizo vkopane kamnite zložbe smo dobili najmanjši faktor varnosti $F = 1,341$ (priloga 11).

Opravili smo tudi stabilnostno analizo vkopane kamnite zložbe ob predpostavljenem višjem vodostaju in dobili najmanjši faktor varnosti $F = 1,583$ (priloga 13). Skupno je bilo preverjenih deset drsin, ki od zgornjega odlomnega roba do izriva potekajo v različnih globinah.

5 ZAKLJUČEK

Iz navedenih ugotovitev lahko razberemo, da je na območju Kozjanskega in vzhodnega dela celjske regije, in sicer v občinah Celje, Šentjur pri Celju, Kozje, Podčetrtek, Bistrica ob Sotli, Šmarje pri Jelšah in Laško ter na območju Kozjanskega regijskega parka možnost sanacije plazišč z vpetimi podpornimi konstrukcijami (konzolna ali sidrana pilotna stena), masivnimi podpornimi konstrukcijami (vkopanimi ali z vidnim licem), različnimi kombiniranimi tehnikami zavarovanj (zidani kamniti zid in prekritje zgornjega dela brežine s sistemom globoko sidranih jeklenih mrež), vpetimi piloti (z eno ali dvema vrstama) in z uporabo injicirnih sider.

Omejeni smo z avtohtonimi materiali in zelo globoko pod površjem kompaktno podlago, kamor je treba sidrati konstrukcije, da zagotovimo njihovo stabilnost.

Težko pristopimo k rešitvam sanacije plazov po pristopih, kot so sanacije z geotekstili ali obložnimi ploščami, s podpornimi konstrukcijami iz gabionov, ki smo jih opisali v tretjem poglavju.

Izbira načina saniranja plazišč je odvisna predvsem od sestave zemeljskega površja, reliefa, nivoja talne vode, možnosti obvoza za vozila, ki se vozijo po cesti, možnosti uporabe materialov, ki so primerni za gradnjo v neposredni bližini sanacije, kar je pogojeno z ekonomičnostjo in stroški sanacije.

Za omenjeni plaz IX, ki smo ga podrobneje obdelali, je možnost sanacije tudi z drugimi načini, ki smo jih opisali, ampak zagotovo niso racionalnejši kot izbrani način.

6 VIRI

Majes, B. 1996. *Vaje iz mehanike tal s temeljenjem*. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. str.95.

Rogač, R., Saje, F., Lozej, M. 1989. *Priročnik za dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcij po metodi mejnih stanj*. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo. str. 361.

Šuklje, L., 1984. *Mehanika tal*. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo Ljubljana. str.359.

Trauner, L. 1986. *Vaje iz mehanike tal in temeljenja*. Maribor, Fakulteta za gradbeništvo Maribor. str. 85.

* Macuh, B., Dobren, B., Vrecl – Kojc, H., Šketelj, E. 2001. *Sodobni pristopi k saniranju plazišč*. Maribor, Fakulteta za gradbeništvo Maribor.

Geotechnical design. 1997. Eurocode 7. Part 1- General rules.

Design of concrete structures. Eurocode 2. Part 1 – general rules and rules for Buildings .

Horvat, A., Papež, J., Černivec, J. 2006. *Utrjene brežine pomenijo več varnosti na cesti – priloga znanost (24. 8. 2006). Delo str. 22.*

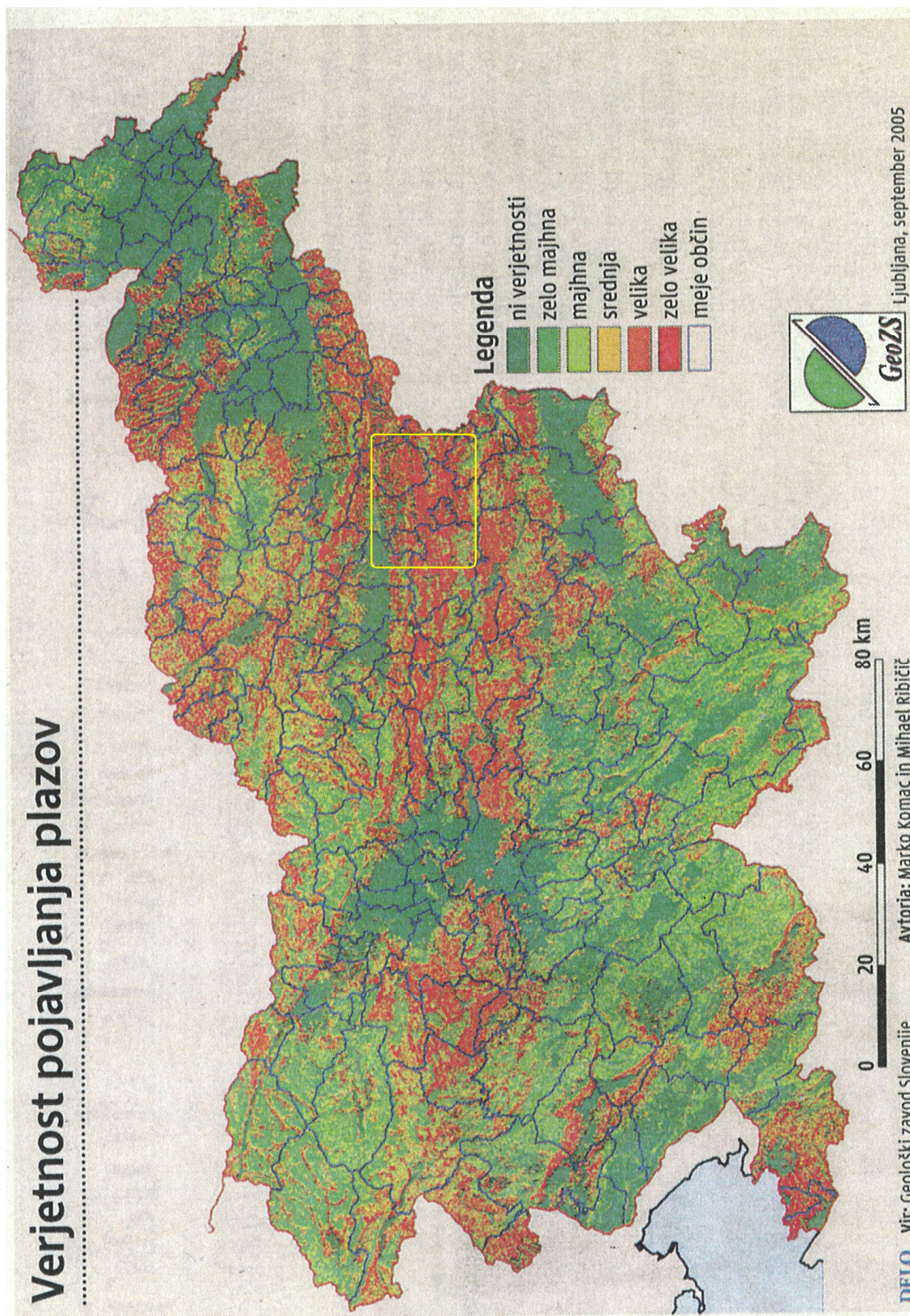
Hamova, M., Frangov, G., Zayakova, H. *Stabilization of a landslide section along a road passing through the Stara Planina mt., Bulgaria*. Zbornik 13. Podonavske evropske konference iz geotehničnega inženirstva. 2006. str. 911–914.

Frangov, G., Hamova, M. *Stabilization of a landslide using injection anchors in Bulgaria*. Zbornik 13. Podonavske evropske konference iz geotehničnega inženirstva. 2006. str. 899–903.

Flum, D., Rüegger, R. *Dimensioning of flexible surface stabilization systems made from high-tensile wire meshes in combination with nailing and anchoring in soil and rock*. Zbornik 13. Podonavske evropske konference iz geotehničnega inženirstva. 2006. str. 887–892.

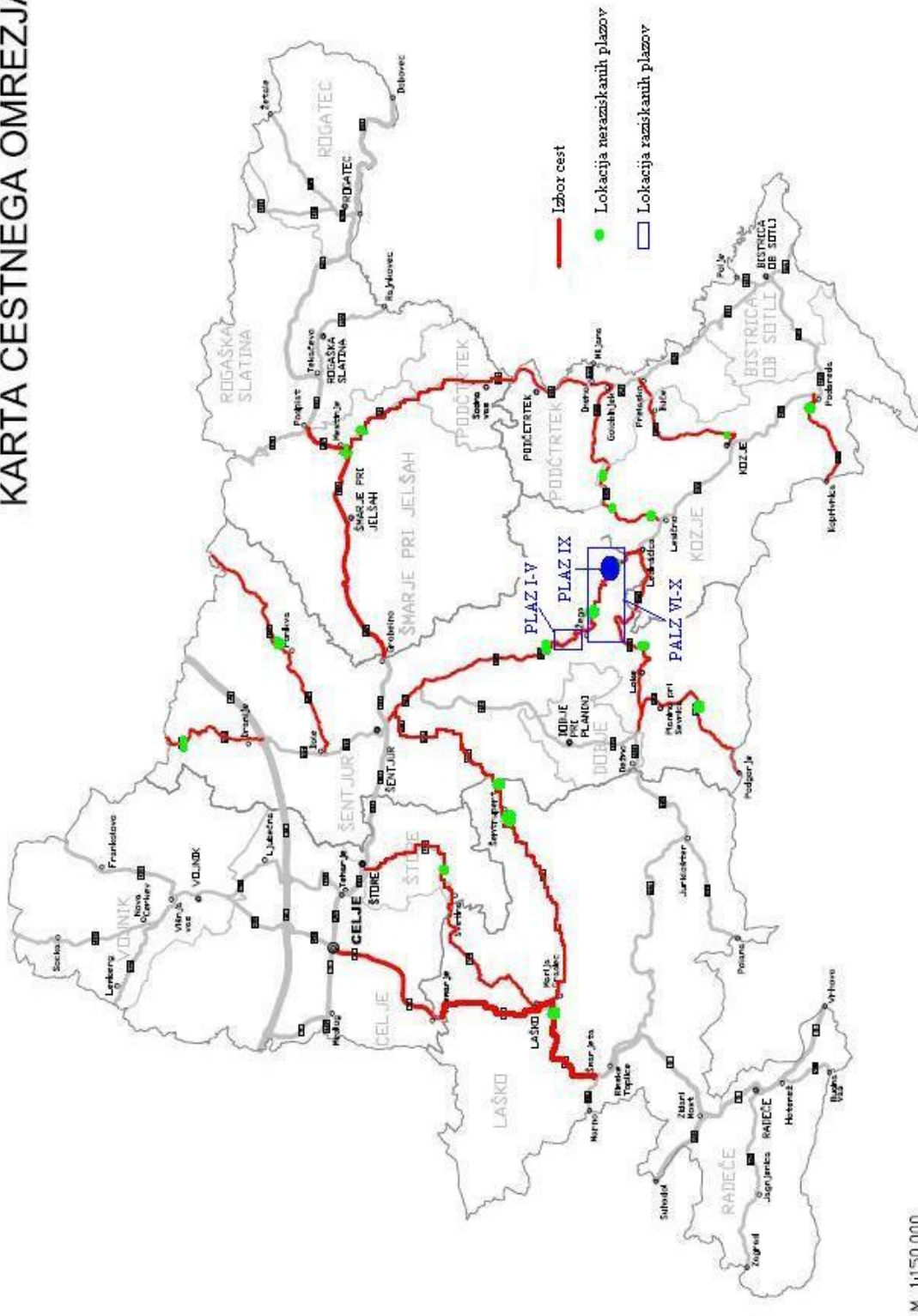
7 PRILOGE

PRILOGA A

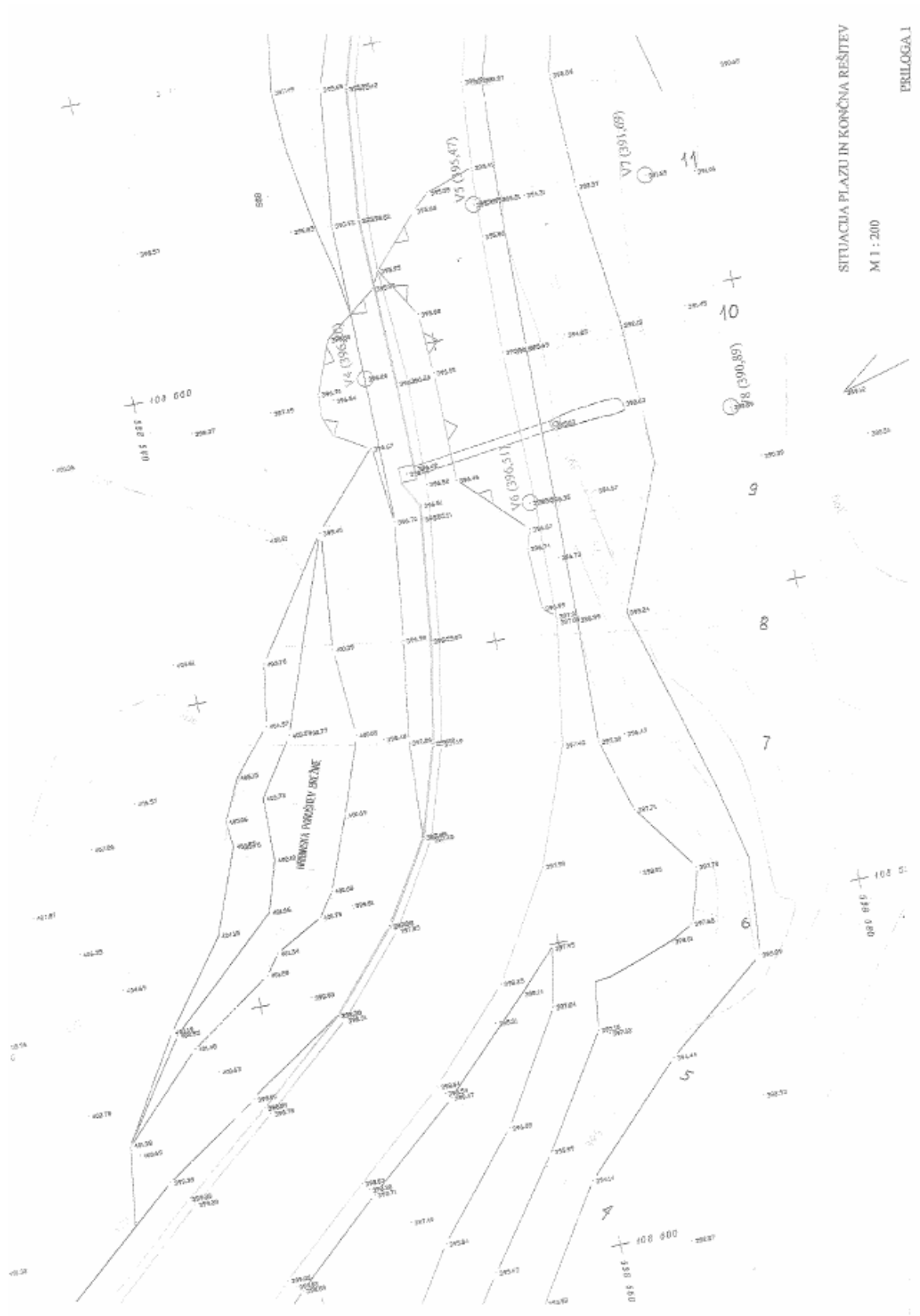


PRILOGA B

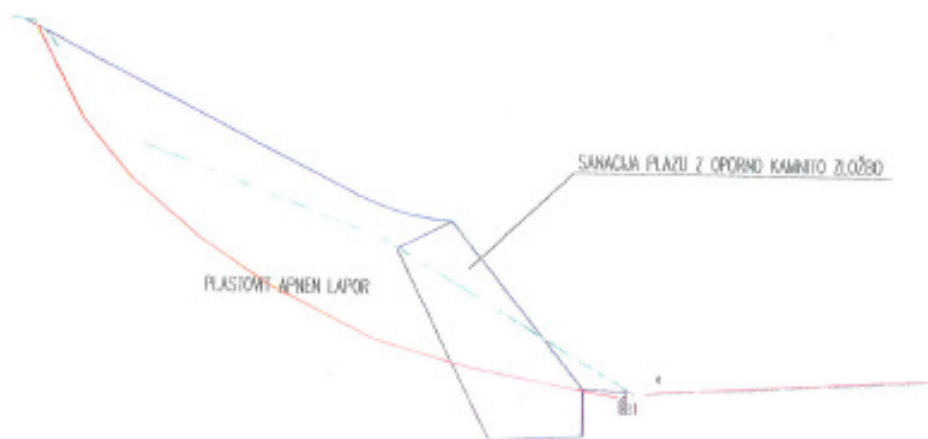
KARTA CESTNEGA OMREŽJA



PRILOGA 1



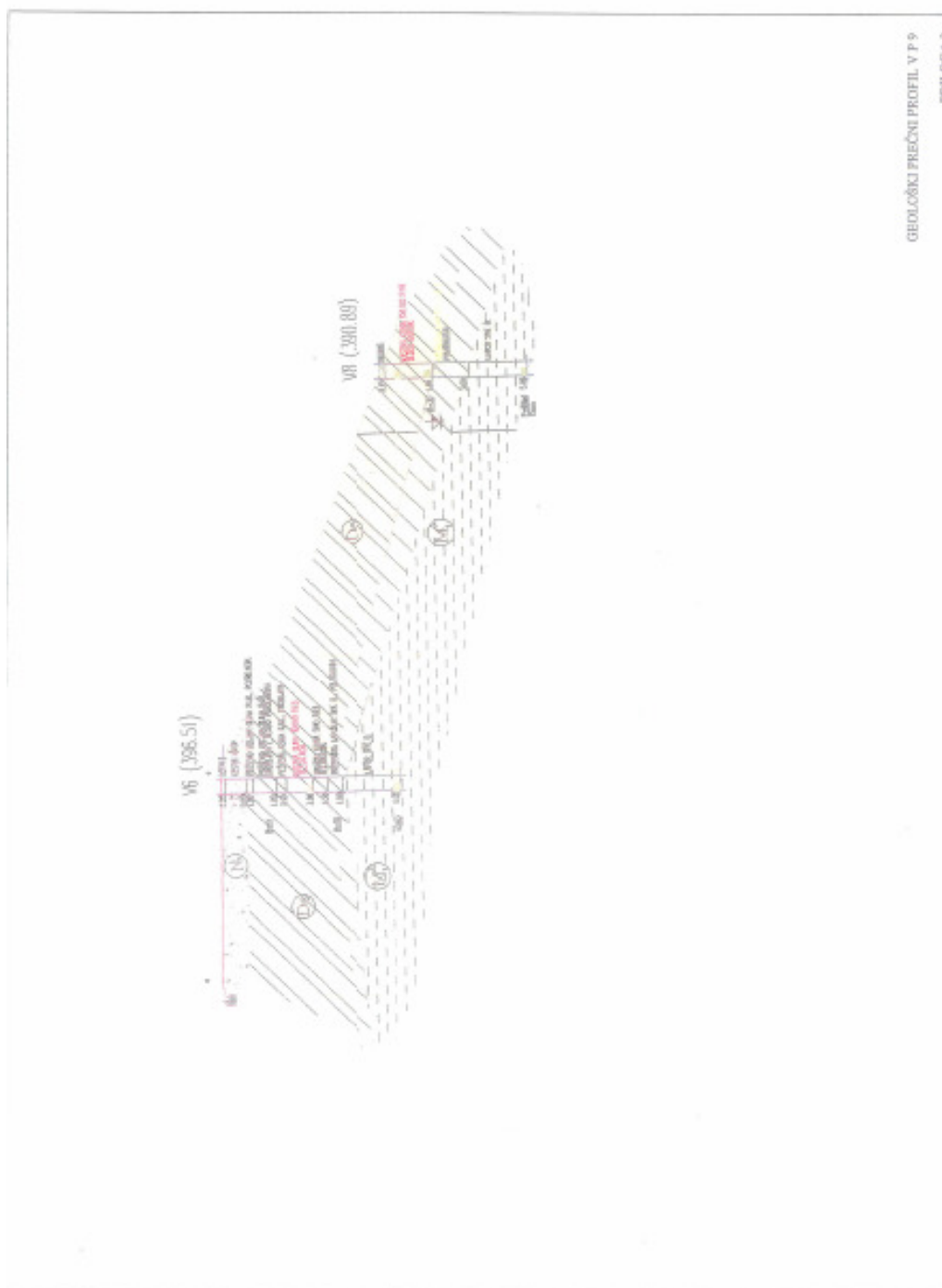
PRILOGA 2



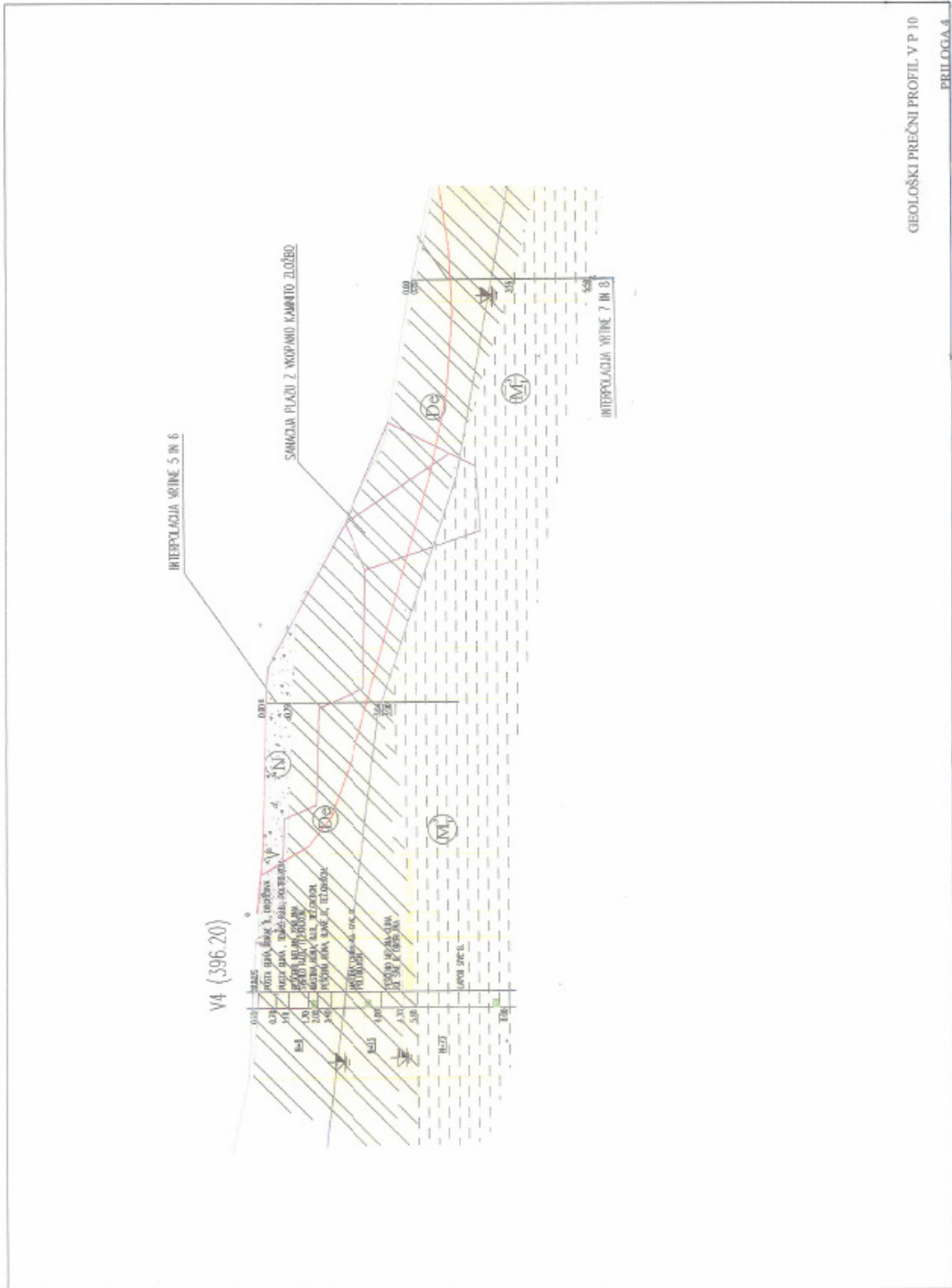
GEOLOŠKI PREČNI PROFIL V P 6

PRILOGA 2

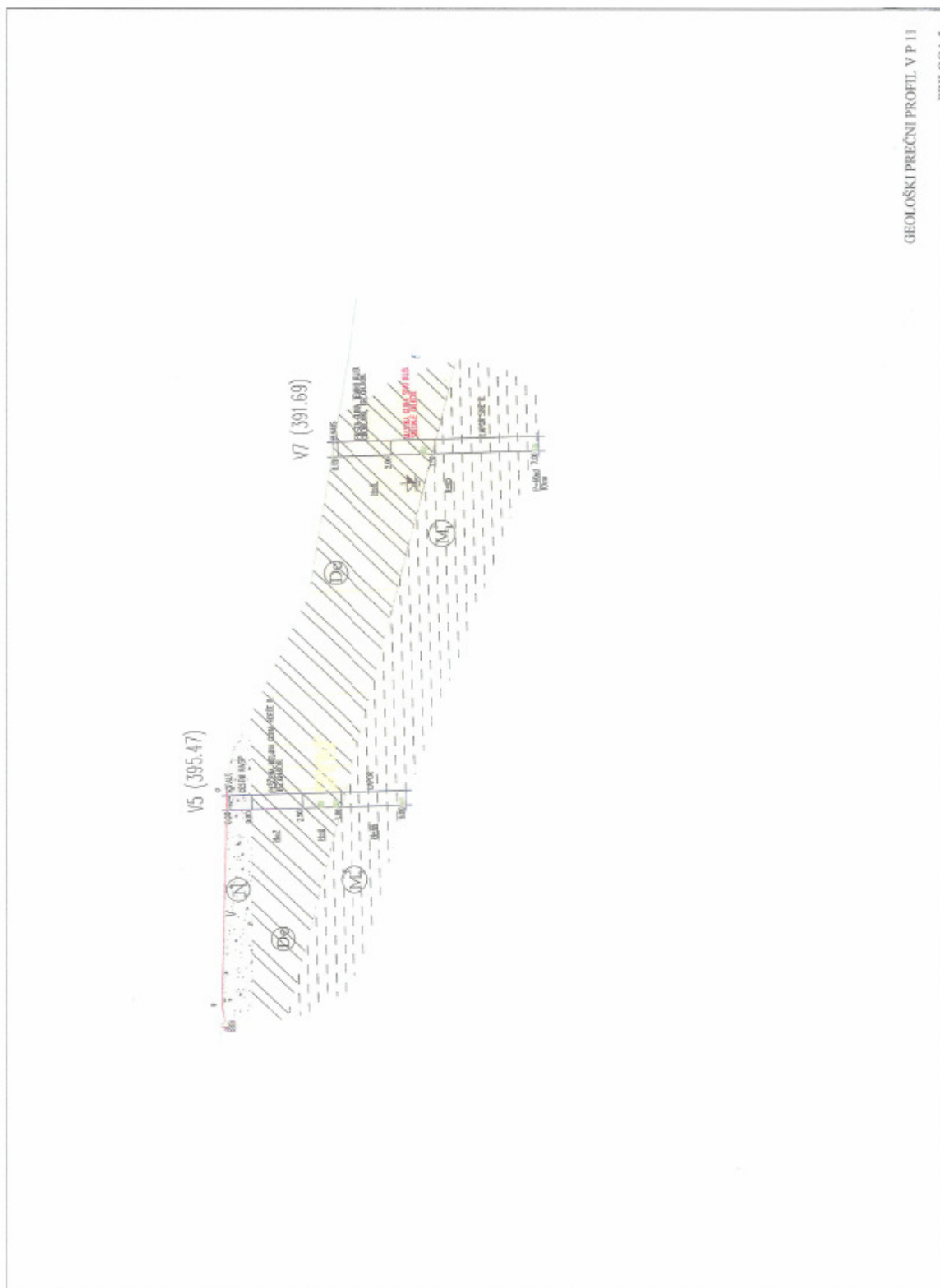
PRILOGA 3



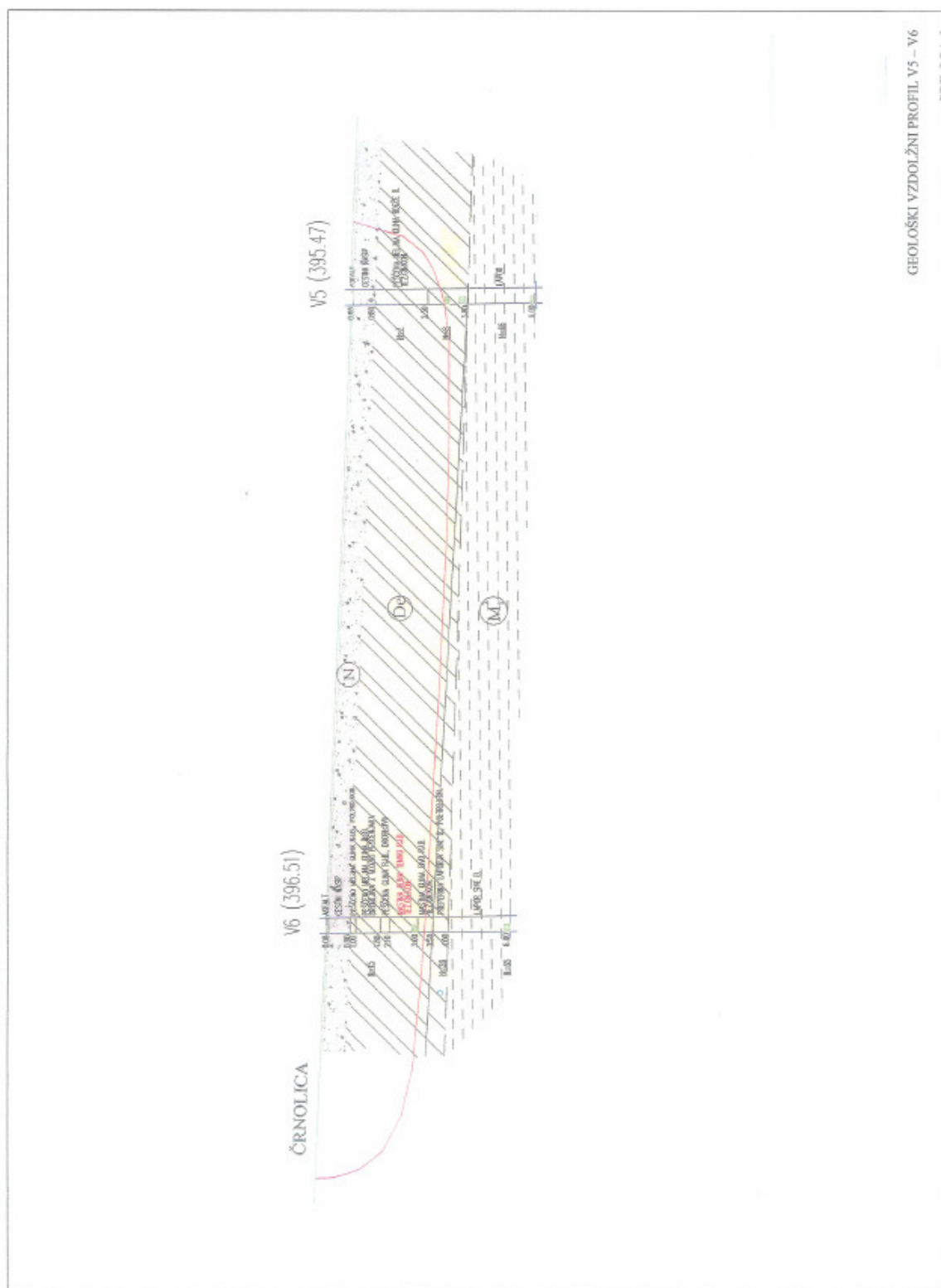
PRILOGA 4



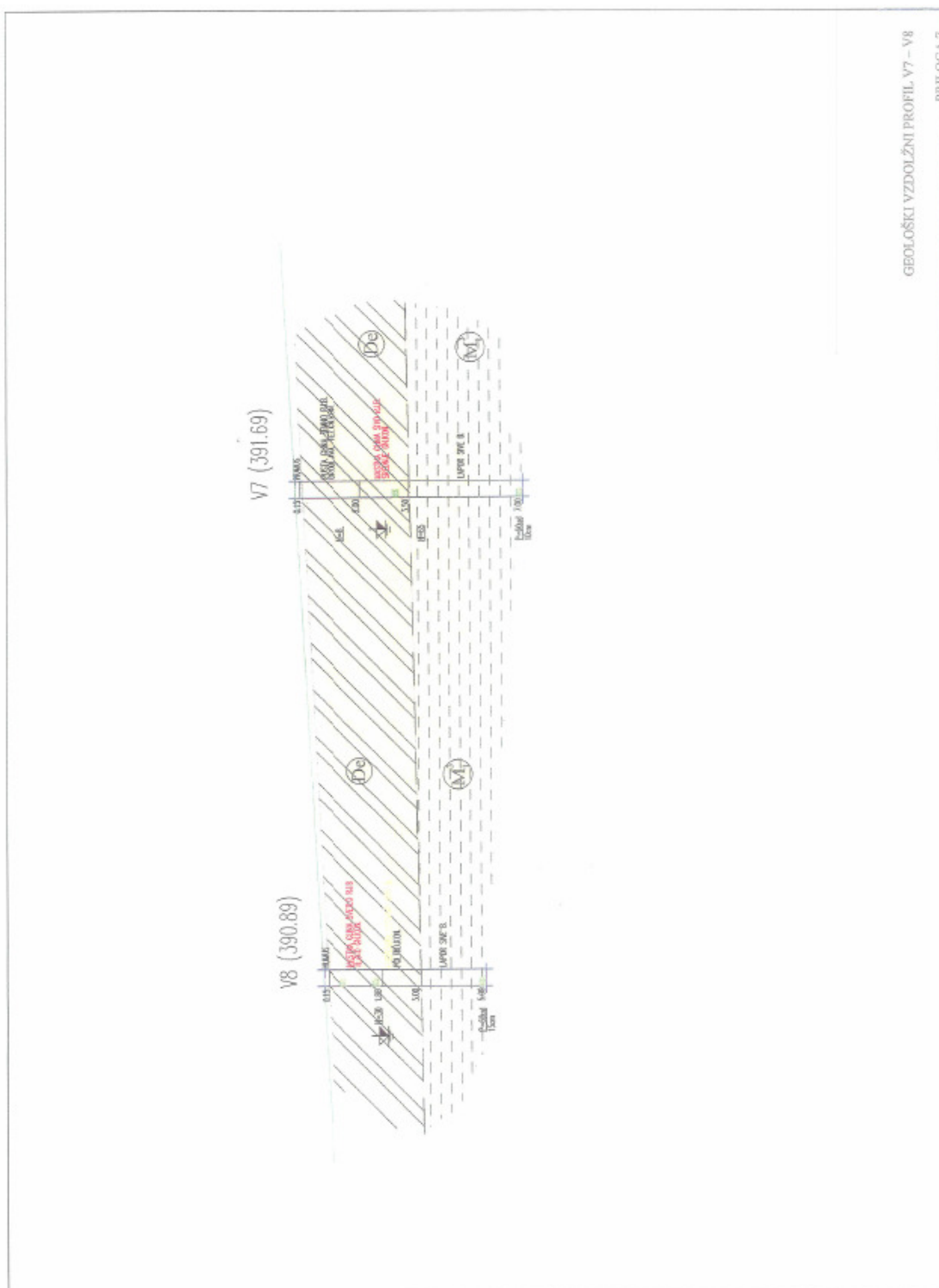
PRILOGA 5



PRILOGA 6



PRILOGA 7



PRILOGA 8 do 13 v tiskani verziji