

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvorna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Mikec, K. 2013. Končna ureditev plazu Slano blato. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Majes, B., somentor Fazarinc, R.): 94 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Mikec, K. 2013. Končna ureditev plazu Slano blato. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Majes, B., co-supervisor Fazarinc, R.): 94 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
PROMETNA SMER**

Kandidatka:

KATJA MIKEC

KONČNA UREDITEV PLAZU SLANO BLATO

Diplomska naloga št.: 3298/PS

**THE FINAL REHABILITATION OF THE SLANO
BLATO LANDSLIDE**

Graduation thesis No.: 3298/PS

Mentor:

prof. dr. Bojan Majes

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

viš. pred. mag. Rok Fazarinc

Član komisije:

izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov

asist. Patricija Cotič

prof. dr. Bogdan Zgonc

asist. Darja Šemrov

Ljubljana, 26. 04. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana Katja Mikec izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Končna ureditev plazu Slano blato«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 8. 4. 2013

Katja Mikec

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	551.3:624.12/.13:632.125(497.4Slano blato)(043.2)
Avtor:	Katja Mikec
Mentor:	prof. dr. Bojan Majes
Somentor:	viš. pred. mag. Rok Fazarinc
Naslov:	Končna ureditev plazu Slano blato
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	94 str., 4 pregl., 78 sl., 14 en., 43 pril.
Ključne besede:	zemeljski plaz, Slano blato, sanacija plazov, odvodnjavanje

Izvleček

Zaradi pestrosti geološke zgradbe slovenskega ozemlja je le-to podvrženo številnim pojavom porušitve naravnega ravnovesja, med katere uvrščamo tudi plazove. Zato smo v prvem delu diplomske naloge predstavili osnovne značilnosti takega pojava in najpogosteje uporabljene sanacijske ukrepe za doseg trajne stabilnosti labilnih območij.

Osredotočili smo se na plaz Slano blato v Vipavski dolini, ki se je po večletnem mirovanju ponovno sprožil jeseni leta 2000. Predviden program sanacije še ni zaključen, vzdrževanje pa se ne izvaja redno, zato obstaja nevarnost, da bi nove splazitve izničile vložke in sanacijska dela iz minulih let. V nalogi smo predstavili že izvedene ukrepe in trenutno stanje plazov. Na podlagi Idejne zasnove sanacije plazov Slano blato nad Lokavcem (Majes, 2005d) in terenskega ogleda smo podali ukrepe, ki so še potrebni, da dokončno stabiliziramo labilno območje na pobočju Čavna. Najprej bi bilo potrebno površinsko preoblikovati izvorni del plazov nad linijo že obstoječih vodnjakov in zgraditi dodatne vodnjake, nato obnoviti in dokončati obstoječo površinsko odvodnjo, z dodatnimi podpornimi konstrukcijami pa bi bilo treba plaz razdeliti na krajša in bolj obvladljiva območja. Prav tako bi bilo potrebno obnoviti obstoječe gradbiščne poti ter na odseku med slapom in nadmorsko višino 420 m zgraditi novo pot, v zaključni fazi pa celotno območje še pogozditi.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	551.3:624.12/.13:632.125(497.4Slano blato)(043.2)
Author:	Katja Mikec
Supervisor:	Prof. Bojan Majes, Ph. D.
Co-supervisor:	Sen. Lect. Rok Fazarinc, M.Sc.
Title:	The final rehabilitation of the Slano blato landslide
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	94 p., 4 tab., 78 fig., 14 eq., 43 ann.
Key words:	landslide, Slano blato, landslide rehabilitation, draining

Abstract

Due to diversity of geological structure the Slovenian territory is subjected to a variety of instability phenomena, including landslides. In the first part of the thesis basic features of such an occurrence are described and then the most commonly used rehabilitation measures aiming to achieve lasting stability of unstable areas are presented.

We focused on the Slano blato landslide, which is situated in Vipava valley. After several years of stagnation Slano blato was reactivated in autumn 2000. Foreseen rehabilitation program is not yet complete and because maintenance is not performed regularly, there is a danger that new landsliding would occur and demolish stabilisation measures carried out so far. In the present thesis remediation measures performed in the last decade and the current state of the landslide will be described. Based on the »Remediation concept of the Slano blato landslide above Lokavec valley« (Majes, 2005d) paper and field visit, we set a plan of steps that are necessary to fully remediate and stabilize unstable slope. Firstly, it is necessary to transform the existing surface above the line of the wells - dowels and construct additional ones and then repair and complete the existing surface drainage. With additional large supporting structures Slano blato ought to be divided into smaller and more manageable areas. It would also be necessary to renew existing roads and construct a new one on the section between waterfall and altitude 420 m. In the final stage the entire area should be afforested.

ZAHVALA

Za vso pomoč in koristne nasvete ter razumevanje in potrpežljivost v času nastajanja te diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Bojanu Majesu in somentorju mag. Roku Fazarincu.

Za pomoč, vzpodbude, zaupanje in potrpežljivost hvala tudi ostalim sodelavcem v podjetju IZVO-R d.o.o.

Za brezmejno pomoč in usmeritve tako v času študija kakor pri pisanju naloge se zahvaljujem celotni ekipi podjetij Stia d.o.o. Novo mesto in Stia NGI d.o.o.

Hvala Niki za stalno vzpodbudo in kritiko ter Simoni za lektoriranje. Hvala ostalim prijateljem in sošolcem, ki so mi lepšali študijske dni.

Za vse tiste vsakodnevne, morda majhne stvari, a vendar v življenju tako pomembne, za življenjske vrednote, ki so mi v času študija vlivale voljo, veselje in optimizem – hvala moji družini.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PLAZOVI	3
2.1	DEFINICIJE PLAZENJA IN PLAZU	3
2.2	OSNOVNA DELITEV IN KLASIFIKACIJE PLAZOV	4
2.2.1	Osnovna delitev	4
2.2.2	Klasifikacija plazov	7
2.3	ZGRADBA PLAZU	9
2.4	VZROKI ZA NASTANEK ZEMELJSKIH PLAZOV	11
2.5	MEHANIKA PLAZENJA	12
2.6	SANACIJE PLAZOV	14
2.6.1	Prvi začasni sanacijski ukrepi	14
2.6.1.1	Monitoring	15
2.6.1.2	Raziskave in meritve na plazu	17
2.6.2	Sanacijski ukrepi za doseganje trajne stabilnosti	19
2.6.2.1	Pregrupiranje zemeljskih mas.....	19
2.6.2.2	Odvajanje površinskih vod in dreniranje	20
2.6.2.2.1	Površinsko odvajanje vode	20
2.6.2.2.2	Ukrepi za zniževanje talne vode v plazini	22
2.6.2.3	Pomožni in posebni sanacijski ukrepi.....	26
2.6.2.4	Gradbeni posegi	28
2.6.2.4.1	Enostavne podporne konstrukcije.....	28
2.6.2.4.2	Podporni zidovi	30
2.6.2.4.3	Površinske konstrukcije	30
3	BLATNI TOKOVI	32
4	PLAZ SLANO BLATO	34
4.1	SLANO BLATO V ZGODOVINSKIH ZAPISIH.....	35
4.2	PREGLED SPLAZITEV IN IZVEDENIH UKREPOV OD LETA 2000 DO 2012	36
4.3	POVRŠINSKA ODVODNJA PLAZU SLANO BLATO	55
4.3.1	Stanje obstoječe površinske odvodnje	56
4.4	SEKUNDARNI PLAZOVI.....	61
4.5	GEOLOŠKE RAZMERE NA PLAZU SLANO BLATO	62
4.5.1	Strukturni pogled na plaz	62
4.5.2	Geologija ožjega območja	64
4.5.2.1	Podrobnejši geološki opis	64

5	PREDLOG ZA NADALJNJO SANACIJO PLAZU SLANO BLATO	67
5.1	UPORABLJENI PROGRAMI IN PODATKI	67
5.2	UREDITEV POVRŠIN IN PODPORNİ UKREPI	68
5.2.1	Preoblikovanje terena in dodatni vodnjaki na območju 1	68
5.2.2	Nove pregrade na območju 3	71
5.2.2.1	Pregrada A	71
5.2.2.2	Pregrada B	72
5.2.2.3	Pregrada C	73
5.2.2.4	Dodatne ureditve na območju 3	73
5.2.3	Zadrževalni prostor na območju 4	73
5.2.3.1	Zadrževalni prostor	73
5.2.3.2	Dodatne ureditve na območju 4	74
5.3	DOSTOPNE POTI	74
5.3.1	Opis obstoječega stanja	74
5.3.2	Tehnični elementi	75
5.3.3	Opis variant	77
5.3.4	Ostali ukrepi	78
5.4	NADGRADNJA OBSTOJEČE POVRŠINSKE ODVODNJE	78
5.4.1	Dimenzioniranje odvodnikov	79
5.4.2	Prelivne sekcije pregrad	83
5.4.3	Cevni prepusti	84
5.5	VEGETATIVNA ZAŠČITA	85
6	ZAKLJUČEK	87
	VIRI	90

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Hitrost plazov in možnost reakcije	7
Preglednica 2: Preglednica registriranih večjih premikov na vrhu plazov v obdobju od novembra 2000 do novembra 2004.....	44
Preglednica 3: Tabelarni prikaz potrebnih in uporabljenih tehničnih elementov ceste	77
Preglednica 4: Prispevne površine in pripadajoče vodne količine	80

KAZALO SLIK

Slika 1: Karta verjetnosti pojavljanja plazov v Sloveniji.....	3
Slika 2: Porušitve v hribinah.....	5
Slika 3: Izpad blokov, skal in kamnov iz hribinskih sten.....	5
Slika 4: Zemljinski plaz po krožni drsini.....	6
Slika 5: Vrste premikanja plazov.....	8
Slika 6: Zgradba plazu.....	9
Slika 7: Oblike zgornjega odlomnega roba.....	9
Slika 8: Dimenzije plazu.....	11
Slika 9: Sile, ki delujejo vzdolž drsine.....	13
Slika 10: Odvod vode iz območja plazu po plastičnih ceveh.....	15
Slika 11: Lokalna preusmeritev plazine.....	15
Slika 12: Možnosti pregrupiranja zemeljskih mas.....	20
Slika 13: Dotekanje vode v plazino.....	20
Slika 14: Betonska koritnica za površinsko odvodnjo.....	21
Slika 15: Polovične PVC cevi za površinsko odvodnjo na plazu Macesnik.....	21
Slika 16: Zajem izvira na plazu Slano blato.....	22
Slika 17: Kombinacija drenaže in površinske odvodnje.....	22
Slika 18: Tipi drenaž.....	23
Slika 19: Vpliv cevne drenaže na znižanje podtalne vode.....	23
Slike 20, 21 in 22: Izdelava globoke drenaže.....	24
Slika 23: Drenažna rebra.....	25
Slika 24: Geotekstilni drenažni filc.....	25
Slika 25: Drenažni vodnjak opravlja funkcijo zniževanja talne vode.....	26
Slika 26: Učinki vegetacije.....	27
Slika 27: Kamnita zložba.....	29
Slika 28: Betonska armirana rešeta.....	30
Slika 29: Satelitski posnetek plazu Slano blato nad vasjo Lokavec.....	34
Slika 30: Obrambne zidove v koritu Grajščka je zgradila avstrijska oblast leta 1903.....	36
Slika 31: Območja na plazu Slano blato.....	37
Slika 32: Naravna stena, zadnja ovira drsečemu zemljišču, 30. 12. 2000.....	38
Slika 33: Zdrs blatnih mas prek slapa Grajšček aprila 2001.....	38
Slika 34: Kamnita pregrada za ustavitev drobirskih tokov nad vasjo Lokavec.....	40
Slika 35: Kamnita pregrada za ustavitev drobirskih tokov nad vasjo Lokavec z zapornico ...	40
Slika 36: Širitev plazu v obdobju 2000–2004.....	41

Slika 37: Prečni prerez plazuz s predvidenimi ukrepi iz leta 2004	41
Slika 38: Vzдолžni prerez plazuz s predvidenimi ukrepi iz leta 2004	42
Slika 39: Situacijski prikaz načrtovanih in premaknjenih AB moznikov – vodnjakov	43
Slika 40: Vzдолžni prerez načrtovanih in premaknjenih AB moznikov	43
Slika 41: Poškodbe primarne obloge vodnjaka M2	44
Slika 42: Močan dotok podzemne vode v AB vodnjak	44
Slika 43: Vzдолžni in prečni prerez prvotno zasnovanih AB moznikov	45
Slika 44: Ojačitev primarne konstrukcije AB moznika	46
Slika 45: Prikaz obodne drenaže v prerezu	47
Slika 46: Prikaz obodne drenaže v tlorisu	47
Slika 47: V prerezu je prikazana izvedba odvodnje iz zaledja skozi primarno oblogo	47
Slika 48: Končna izvedba premaknjenega vodnjaka M3	48
Slika 49: Prostorski prikaz AB moznika, prečni prerez in tloris	49
Slika 50: Sekundarna obloga moznika in drenažni beton za odvodnjo zaledne vode	49
Slika 51: Situacija centralnega dela plazuz s prvimi izvedenimi vodnjaki (bela barva), v drugi fazi izvedenimi štirimi vodnjaki na desnem boku v modri barvi in rdeče obarvanimi vodnjaki na levem boku, ki so bili izvedeni v zadnji fazi	50
Slika 52: Sanacija stare avstrijske pregrade	50
Slika 53: Stara avstrijska pregrada danes	51
Slika 54: Pogled na čelo strme razpokane kamnite brežine – slap Grajšček pred sanacijo ..	51
Slika 55: Karakteristični prečni prerez načrtovane podporne konstrukcije	52
Slika 56: Delno izvedena podporni konstrukcija pod slapom	52
Slika 57: Lokacije merskih mest na plazuz	53
Slika 58: Kamnit material, ki preprečuje spiranje blata iz zahodne brežine v vodnjake	55
Slika 59: Mlade črne jelše nad vodnjaki	55
Sliki 60 in 61: Prestavljene in poškodovane polovične cevi kanala 3	56
Slika 62 (levo): Prestavljene in poškodovane cevi pod zahodno brežino	57
Slika 63 (desno): Izvir vode, ki zamaka zemljino pod zahodno brežino	57
Slika 64 (levo): Zaradi splazitev zasut jarek J1	58
Slika 65 (desno): Poškodovana in razmočena zahodna brežina	58
Slika 66: Zamašena izpusta drenaž J2 in J3	59
Slika 67 (levo): Poškodovan obcestni jarek na desnem boku plazuz, dolvodno od stare avstrijske pregrade	60
Slika 68 (desno): Zaradi regresivne erozije porušena betonska brv in del ureditve Grajščka nad slapom	60
Slika 69: Plazenje desnega brega pod slapom, tj. na območju 4	61

Slika 70: Prve značilne oblike ob pojavu plazenja, ki jih lahko opazimo na grebenu na območju 3.1	62
Slika 71: Pogled na plaz in njegovo zaledje z vidno mejo Trnovskega pokrova.....	62
Slika 72: Digitalni model reliefa	63
Slika 73: A: Shematski geološki profil preko Velikega Modrasovca in Male Gore po fotografiji na sl. 66. B: Detajl strukturne kadunje.....	64
Slika 74: Denudacija fliša in volumske spremembe.....	65
Slika 75: Skica prvotno načrtovane odvodnje plazu	79
Slika 76: Parametri trapeznega prereza	82
Slika 77: Normalni prerez jarka z grobo kamnito oblogo	82
Slika 78: Skica pregrade s prelivno sekcijo	84

1 UVOD

Celotno ozemlje Slovenije je zaradi svoje pestre geološko-tektonske sestave in velike morfološke razgibanosti zelo dovzetno za različne pobočne procese, med katere uvrščamo tudi zemeljske plazove. Slednji s svojimi spremljajočimi pojavi ogrožajo približno tretjino Slovenije. Med bolj plazovita območja sodi Vipavska dolina, ki leži na ozemlju goriško-vipavskega sinklinorija, katerega severno mejo predstavlja narivni rob Trnovskega gozda. Ravno omenjeni nariv karbonatnih kamnin na flišne plasti, ki poteka na višini okrog 660 m n. v., je eden glavnih vzrokov za nastanek številnih plazov na tem območju (pleistocenski plaz pri Selu v Vipavski dolini, plazovito območje Rebrnice, Znosnice, Stogovce, Slano blato ...).

Najbolj znan plaz v Vipavski dolini je prav gotovo Slano blato, ki se nahaja na pobočju Čavna in po potoku Grajšček gravitira proti naselju Lokavec pri Ajdovščini. Slano blato je star plaz. Ustno izročilo, ki govori o njem, je staro že 400 let, prvi zapisi pa datirajo v pozno osemnajsto stoletje. Da bi omejili škodo, ki so jo ob koncu devetnajstega stoletja na kmetijskih površinah in na cesti povzročale splazitve in poplave Grajščka, so med letoma 1902 in 1908 plazovito območje sanirali in izvedli regulacijo potoka. Po zaključenih delih so na vplivnem območju plazu prepovedali vsakršno gradnjo in določili pogoje vzdrževanja. Vzdrževanje se je s časom opustilo, prav tako je bila pod vodstvom različnih oblasti dopuščena stanovanjska gradnja na zemljiščih, ki so jih pridobili na račun zožanja struge Grajščka.

Plaz se je po obilnih in dolgotrajnih jesenskih padavinah v novembru leta 2000 ponovno sprožil na nadmorski višini 570 m. Splazel je iz zgornjega dela ter dosegel dolžino 500 m in širino od 50 do 250 m. Količina splazelega materiala je bila tedaj še relativno majhna. Kasneje so se prožili še dodatni zdrsni na izvirnem delu ter vzdolž primarnega plazu, ob večjih padavinah pa so nastajali tudi blatni tokovi. Danes plaz meri v dolžino približno 1600 m, v širino do 300 m in zavzema 25 ha površine, volumen plazeče mase pa se ocenjuje na preko 1.000.000 m³. Pred aktivacijo plazu je celotno območje pokrival gozd, danes pa je ta površina popolnoma razkrita in predstavlja veliko rano na pobočju nad naseljem.

Takoj po splazitvi so se z namenom omejitve plazenja in zavarovanja prebivalcev Lokavca izvajala nujna intervencijska dela. Ta so zajemala predvsem zajetje izvirov in odvajanje vode na stabilne robove. Po umiritvi plazenja so bili med letoma 2002 in 2009 izvedeni še sledeči ukrepi:

- ureditev dostopov,
- pregrada za zadrževanje blatnih tokov,
- ureditev deponije in odvoz splazelega materiala,

- regulacija potoka Grajšček skozi naselje Lokavec,
- delna površinska in globinska odvodnja,
- površinsko preoblikovanje površine,
- delna zaščita kamnite brežine (slapu) ob vznožju plazu,
- ojačitev stare avstrijske pregrade,
- 11 globokih armiranobetonskih vodnjakov na izvirnem območju plazu.

Financiranje vseh del za odpravo posledic in ustalitev plazu je bilo leta 2002 določeno z zakonom, ki je predvidel dokončanje sanacije do leta 2005. Zaradi vremenskih razmer, ki so v tem času povzročile povečano intenziteto in obseg plazenja, je bilo sanacijo v tem roku nemogoče dokončati. Posledično je bila veljavnost zakona podaljšana do leta 2010, vendar sanacija zaradi zmanjšanja potrebnih sredstev ni sledila programu in še danes ni dokončana. Dodatno podaljšanje veljavnosti zakona je bilo sprejeto v zadnjem mesecu minulega leta. S tem je do leta 2020 določeno financiranje nadaljnje sanacije, ki je nujno potrebna, saj kljub številnim ukrepom, ki so bili načrtovani in izvedeni na plazu ter so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju te naloge, plazenje do danes še ni popolnoma zaustavljeno. Obseg labilnih površin se veča, plaz se še vedno širi v zaledje in boke. Da bi ohranili funkcije že izvedenih ukrepov, je potrebno sanacijo dokončati čim hitreje, saj bodo stroški ureditve vedno višji, obseg načrtovanih ureditev pa se lahko še poveča.

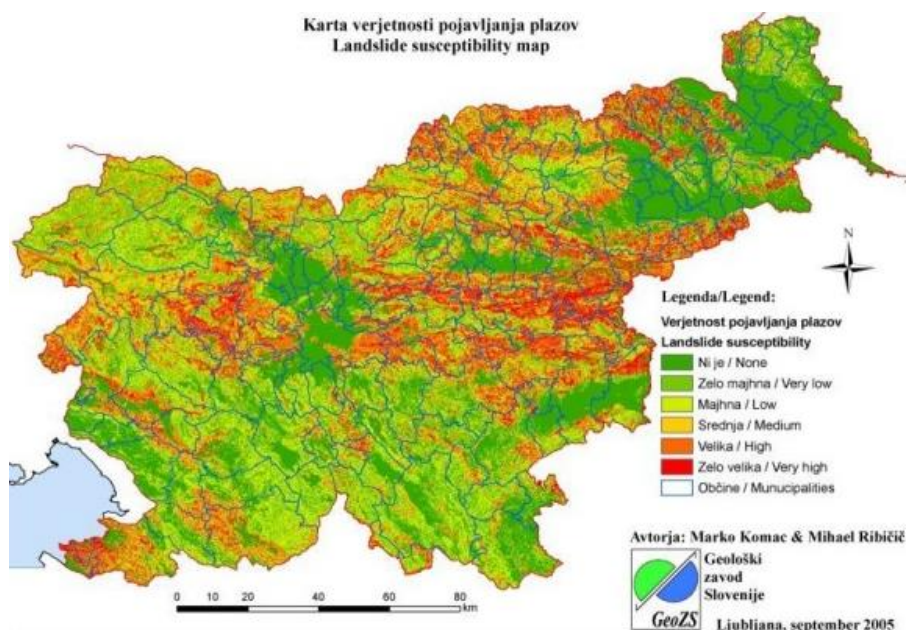
Ker je Slano blato plaz izjemnih dimenzij, njegova trajna sanacija z enim samim ukrepom ni mogoča. Z dodatnimi pregradami vzdolž plazu bi bilo potrebno Slano blato razdeliti na območja obvladljivejših dimenzij in manjših naklonov. Sanirati bi bilo potrebno obstoječo površinsko odvodnjo, kjer pa ta še ni urejena, je treba jarkom določiti zadosten prečni prerez in jih obložiti s kamnito oblogo. Na vrhu plazu je potrebno površino preoblikovati v bolj stabilno obliko, z dodatnimi vodnjaki in nadgradnjo obstoječih drenaž in jarkov pa poskrbeti za osuševanje zemljine. Obstoječe gradbiščne poti ob in na plazu imajo na nekaterih odsekih izredno strme naklone ali pa so zaradi sekundarnih splazitev zasute. Predno se bo sanacija nadaljevala, bo potrebno obnoviti in utrditi obstoječe poti oziroma na najstrmejšem odseku zgraditi novo. Dokončati bi bilo treba zaščito strme kamnite brežine oziroma slapu, sanirati vse sekundarne plazove ter na koncu celotno območje tudi pogozditi.

Predlog za nadaljnjo sanacijo plazu je predstavljen v 5. poglavju te naloge, pripadajoči grafični prikazi in hidravlični izračuni pa so podani v prilogah.

2 PLAZOVI

Vse procese, ki delujejo na zemeljskem površju in odnašajo gradiva z vzpetin v nižje lege, imenujemo pobočni procesi. Večinoma so le-ti posledica delovanja sile teže in eksogenih dejavnikov, predvsem vode. Uvrščamo jih med geomorfne procese, ki preoblikujejo zemeljsko površje in so v vzpetem svetu nekaj povsem običajnega. Glede na načine premikanja gradiva jih lahko delimo na tečenje, plazenje in padanje (Komac, Zorn, 2007).

V zadnjih letih smo v reliefno razgibani Sloveniji priča vse več pobočnim procesom, zlasti zemeljskim plazovom. Ugotovljeno je bilo, da slabih 7 % Slovenije pokrivajo območja, kjer je verjetnost pojavljanja plazov zelo velika. 17 % države pripada območjem, na katerih je pojavljanje plazov veliko, ter 10 % območjem, kjer je verjetnost pojavljanja plazov srednje velika. Vsa tri območja skupaj predstavljajo dobro tretjino površine Slovenije (Ribičič in sod., 2005). V Sloveniji naj bi bilo aktivnih med 7.000 in 10.000 plazov, od katerih kar četrtina ogroža infrastrukturo in/ali objekte (Komac, Zorn, 2008).



Slika 1: Karta verjetnosti pojavljanja plazov v Sloveniji

(Vir: Ribičič in sod., 2005: str. 9)

2.1 Definicije plazenja in plazu

Izraz zemeljski plaz ima več pomenskih razločkov, saj imajo posamezni izrazi v določeni stroki nekoliko drugačen pomen kot v drugi.

V geološkem terminološkem slovarju (Pavšič, 2006) je plaz oz. zemeljski plaz definiran kot območje preperine, usedline ali kamnine, ki se je hitro ali počasi premaknila s prvotnega kraja in ima vidno spremenjeno površje. Po stari definiciji je plazenje premikanje dela površinske zemeljske mase (zemljine ali hribine) po pobočju navzdol, ki ga povzroči delovanje gravitacije ob porušni ploskvi (drsini) z zmanjšano strižno trdnostjo (Ribičič, 2007).

V geografiji zemeljski plaz pomeni premikanje zemeljskih gmot s plazenjem ali premikanje sipkega preperinskega materiala, ki zaradi lastne teže in spolzke podlage zdrsi po pobočju, ko se ob dežju prepoji z vodo (Zorn, Komac, 2008). V najširšem smislu pa plazenje pomeni premik gmote kamenja, prsti ali preperine s polzenjem, plazenjem ali tokom. Pomeni tudi nanos gradiva, ki je nastal s plazenjem, označuje pa še vdolbino na območju in območje, kjer se pogosto sprožajo plazovi (Komac, Zorn, 2007).

Zemeljske in hribinske plazove obravnava kot obliki škodljivega delovanja voda tudi Zakon o vodah, ki med plazljiva območja uvršča zemljišča, kjer je zaradi pojava vode in geološke sestave tal ogrožena stabilnost zemeljskih ali hribinskih slojev. Izraza zemeljski in hribinski pa v zakonu nista natančneje opredeljena.

2.2 Osnovna delitev in klasifikacije plazov

Ko govorimo o zemeljskih plazovih, med katere uvrščamo številne pojave porušnja naravnega ravnovesja na zemeljskem površju zaradi delovanja gravitacije in procesov denudacije, nam beseda zemeljski pove, da je pojav vezan na zemeljske površinske sloje, za razliko od npr. snežnih (Ribičič, 2002b). V najširšem smislu (osnovna klasifikacija) jih delimo na hribinske in zemljinske plazove ter tokove (Ribičič, 2007).

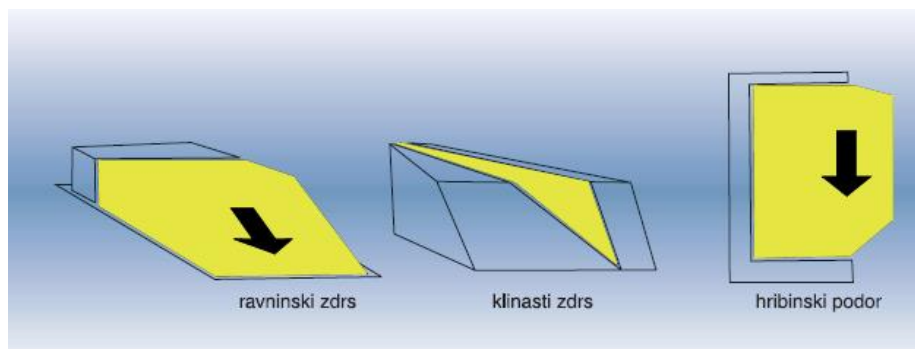
2.2.1 Osnovna delitev

Hribinski plazovi

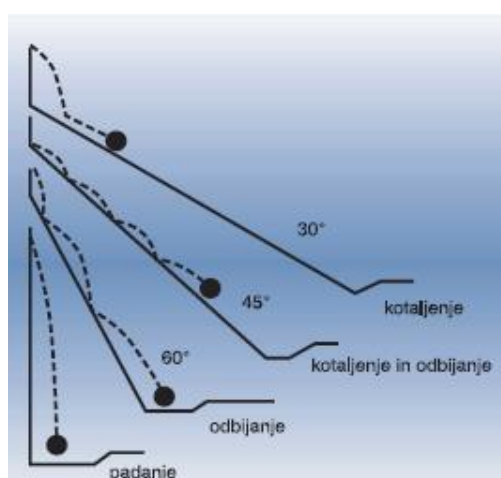
Osnovni pojavi naravne porušitve v hribinah so naslednji (Ribičič, 2002b):

- hribinski zdrsi po šibki ploskvi diskontinuitete v hribini (ravninski in klinasti);
- hribinski (kamninski) podori ob subvertikalnih stenah iz trdne kamnine;
- drsenje, prevračanje, kotaljenje in padanje posameznih blokov in kamnov ter zdrsi grušča prek strmih hribinskih brežin.

Hribinski pojavi porušitev ravnovesja so pogosti na alpskem in visoko hribovitem terenu, kjer so zemljinski plazovi redki.



Slika 2: Porušitve v hribinah
(Vir: Ribičič, 2002b: str. 261)



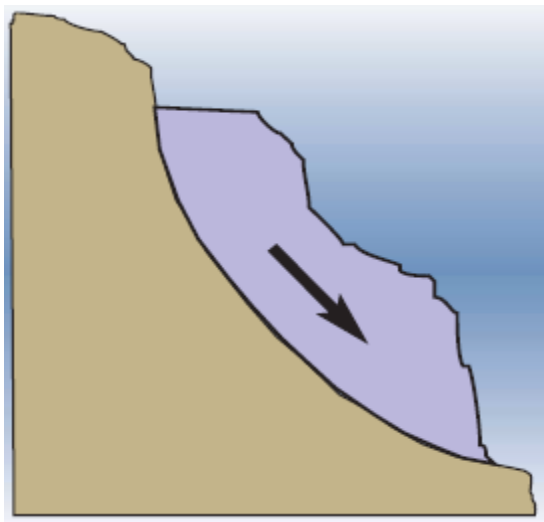
Slika 3: Izpad blokov, skal in kamnov iz hribinskih sten
(Vir: Ribičič, 2002b: str. 262)

Zemljinski plazovi

Telo plazu pri zemljinskih plazovih, ki se pojavljajo predvsem v nižje hribovitem in gričevnatem svetu, sestavljajo zemljine. Izraz zemljina definira površinske nevezane sloje, ki so nastali kot posledica preperavanja na mestu samem ali pa so transportirani iz višjih leg in odloženi kot pobočni sedimenti (Ribičič, 2002b). V Sloveniji so najpogostejši ravno preperinski plazovi. Debelina preperine je večinoma od enega do nekaj metrov, če pa vsebuje tudi deluvialne nanose, lahko meri več kot 10 m. Pomembno vlogo pri sprožitvi plazenja preperinskega pokrova igra voda s pornimi tlaki, tlaki precejajoče se vode ali tlaki zaradi nabrekanja mineralov gline (Mikoš in sod., 2004). Ob dobrih raziskavah je številne vrste plazenja zemljinskega pokrova moč napovedati.

Osnovni pojavi naravne porušitve v zemljinah so naslednji (Ribičič, 2007):

- Plazenje po pogojenih conah (ali ploskvah) v zemljini ali na stiku zemljine s podložno hribino (najbolj pogosto plazenje). Je počasen proces s hitrostjo od nekaj milimetrov do največ nekaj metrov na dan.
- Plazenje po (navadno krožni) drsni ploskvi, ki se formira v notranjosti sorazmerno homogenega zemljinskega materiala.



Slika 4: Zemljinski plaz po krožni drsni
(Vir: Ribičič, 2002b: str. 262)

Tokovi

Osnovni pojavi masnih tokov so naslednji (Ribičič, 2007; Ribičič in sod., 2005):

- Polzenje zemljinskih mas, ki iz izvora plazenja počasi polzijo po pobočju gravitacijsko navzdol (podobno kot med, če ga razlijemo po nagnjeni površini). Možno jih je napovedati po nastanku zemljinskega plazu, katerega plazina se lahko ob povečanju vsebnosti vode spremeni v viskozni blatni tok ali podoben pojav. Proces je srednje hiter, saj lahko napreduje tudi za več deset metrov na dan.
- Tokovi, ki tečejo s hitrostjo tekočin ter poleg vode in zraka vsebujejo znaten delež trdne drobne in/ali grobe frakcije zemljin. Tok je zelo hiter, po navadi s hitrostjo nekaj deset kilometrov na uro.

Realno večina plazov vsebuje več kot en tip premikanja, saj se lahko splazela masa pri gibanju navzdol preoblikuje v drug proces.

2.2.2 Klasifikacija plazov

Obstajajo številne klasifikacije (naštete so le nekatere), ki slonijo na različnih lastnostih plazenj. Tako lahko plazove delimo glede na hitrost premikanja in možnost človeške reakcije, sestavo splazele mase, debelino plazine, obliko drsne ploskve, stanje plazu, vrsto premikanja idr.

Hitrost premikanja in možnost reakcije

Preglednica 1: Hitrost plazov in možnost reakcije (Vir: Ribičič, 2007: str. 37 - Klasifikacije)

Kategorija	Hitrost	Človeška reakcija	Primer vrste plazenja
<i>Izjemno hiter</i>	do 200 km/h	ni možna	hribinski podor
<i>Zelo hiter</i>	5 m/s	ni možna	drobirski tok
<i>Hiter</i>	3 m/min	evakuacija	usad
<i>Srednje hiter</i>	1,8 m/uro	evakuacija	preperinski plaz
<i>Počasen</i>	13 m/mesec	sanacija	gruščnat plaz
<i>Zelo počasen</i>	1,6 m/leto	sanacija	glinast plaz
<i>Izjemno počasen</i>	16 mm/leto	ni možna	globok plaz

Zemeljski plaz se lahko giblje s prekinitvami, ki so po navadi odvisne od zunanjih dejavnikov, na primer padavin.

Sestava splazele mase

- Hribina (magmatska, metamorfna, karbonatna, klastična);
- polhribina (glinavci, meljevci);
- pobočni nanosi (deluvialni nanosi, grušči, vršaji, morene);
- zemljina (gline, melji, peski, grušči).

Debelina zdrselega materiala oz. globina drsne ploskve

- Zdrs humusa po površini (debeline nekaj decimetrov), ki nastane zaradi strmega pobočja;
- plitek plaz je zdrs preperinskega pokrova debeline do 2 m po kameninski podlagi (tipični preperinski plazovi);
- srednje globok plaz debeline 2 do 5 m;
- globoki plazovi globine 5 do 10 metrov. Ti nastopajo v peskih in peščenjakah, ki imajo lastnosti zemljin.

- Zelo globoki plazovi (regionalni plazovi) z globino drsenja več deset, pa tudi preko 100 metrov. Značilni so za polhribine in so vezani na narivne zgradbe, tektonske in litološke meje, nagnjene v smeri pobočja.

Oblika drsne ploskve

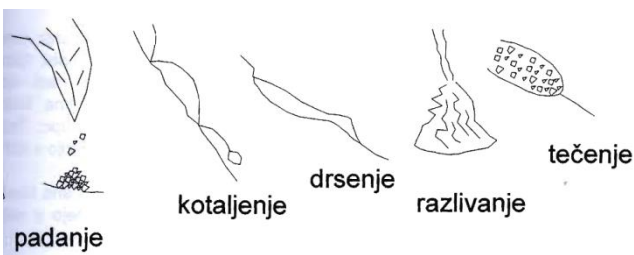
V grobem razlikujemo med rotacijskimi in translacijskimi zemeljskimi plazovi. Rotacijski zemeljski plazovi se oblikujejo v notranjosti sorazmerno homogenega zemljinkega materiala (glinastih in meljastih zemljinah) in imajo značilno krožno drsno ploskev. Za translacijske plazove je značilna linijska drsna ploskev, ki je približno vzporedna s pobočjem. Nastanku te vrste plazov so podvržena območja v flišu, apnenčastih laporjih ali metamorfnih skrilavcih (Mikoš in sod., 2004). Poleg krožne in linijske drsne ploskve razlikujemo še kombinirano drsno ploskev, ki je značilna za kombinirano oziroma sestavljeno plazenje (npr. zgornji del ploskve je krožen, spodnji pa raven), podolgovato drsno ploskev, ki nastane pri globokih in dolgih plazovih, ter nepravilno drsno ploskev, značilno za velike in globoke plazove.

Stanje plazov

- Aktivni plaz je še v fazi premikanja. Lahko se premika neprestano (leze) ali pa se giblje s prekinitvami (le ob večjih in dolgotrajnejših deževjih).
- Umirjeni plaz ne kaže več znakov premikanja (npr. po sanaciji).
- Fosilni plaz je starejši plaz, ki je viden le iz morfologije (nagubano in grbinasto pobočje). Na območju takega plazov so pogosti manjši lokalni površinski zdrsi.
- Potencialni plaz je del pobočja, kjer je glede na geološko sestavo, hidrogeološke, inženirsko-geološke (preperevanje in erozija) in morfološke razmere možno plazenje.

Vrsta premikanja

- padanje
- kotaljenje
- drsenje
- razlivanje
- tečenje

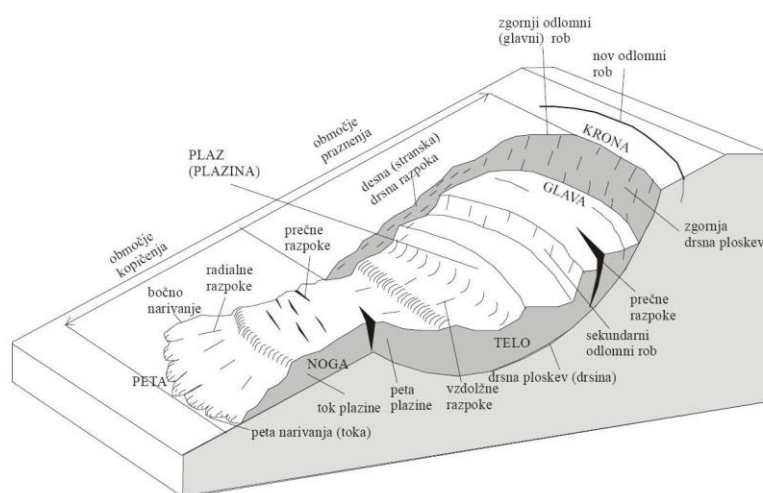


Slika 5: Vrste premikanja plazov

(Vir: Ribičič, 2007: str. 39 - Klasifikacije)

2.3 Zgradba plazu

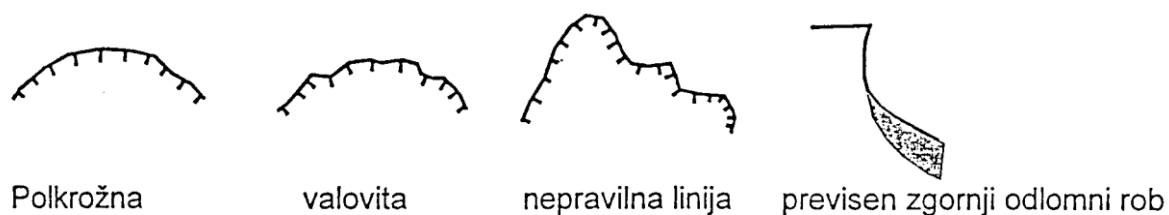
Zemljinski plaz ima nekatere značilnosti (Ribičič, 2007), po katerih ga lahko razlikujemo od drugih pobočnih procesov. Sestavljen je iz treh poglavitnih delov, in sicer glave, telesa in noge plaz. Del pobočja, kjer se plazovi ter labilna in porušena območja nahajajo, se imenuje plazišče (Mikoš in sod., 2004). Vplivno območje plazišča je v Zakonu o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazov večjega obsega iz let 2000 in 2001 definirano kot površina, na kateri je zaradi neposredne ogroženosti ali zaradi posrednih posledic zemeljskega plaz omejena raba prostora.



Slika 6: Zgradba plaz

(Vir: Ribičič, 2007: str. 26 – Elementi plaz)

Prva reliefna oblika, ki nastane pri plazenju, je izrazit zgornji odlomni rob, ki je večinoma strm, včasih celo previsen, in predstavlja najvišji del drsne ploskve. Nad njim se pogosto pojavljajo natezne sekundarne odlomne razpoke različnih oblik in obsega. Deli tal, ki mejijo na te razpoke, se odlomijo, in na ta način se odlomni rob širi po pobočju navzgor, razpoke pa pri tem površje razdeljujejo v grude. Tlorisno gledano je zgornji odlomni rob polkrožna, valovita ali pa nepravilna linija.



Slika 7: Oblike zgornjega odlomnega roba

(Vir: Ribičič, 2007: str. 27 – Elementi plaz)

Glava plazuz je zgornji del plazuz ob stiku plazuzine z zgornjim odlomnim robom. Krona (tudi teme) je nepremaknjen material na najvišjem območju, kjer je prišlo do odloma.

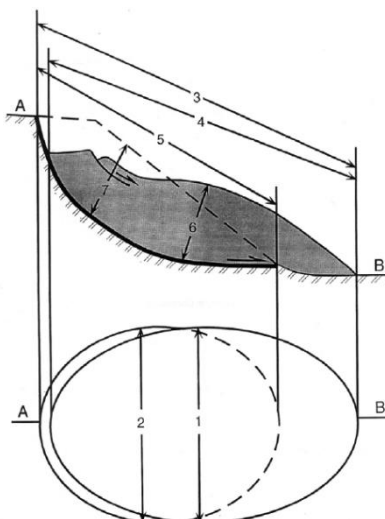
Telo plazuz je od prvotnega mesta odtrgana nestabilna masa, ki prekriva drsno ploskev med zgornjim odlomnim robom in spodnjim robom drsne ploskve ter se premika navzdol. Omejujeta ga bočna odlomna robova. Glede na opazovalno točko, tj. mesto nad zgornjim odlomnim robom, je stranski odlomni rob lahko levi ali desni. Znotraj telesa se lahko nahajajo izbokline in kotanje, izviri, mlake, zamočvirjenosti, odlomi, narivi ipd. Stranski odlomni robovi so bolj ali manj vidni, kar je odvisno od oblike površja, kjer je plaz nastal, pa tudi od hitrosti in načina njegovega premikanja. Na smer premikanja kažejo razpoke različnih oblik vzdolž stranskih odlomnih robov. Razpoke lahko potekajo vzporedno s smerjo plazenja, lahko pa se širijo navzven in s tem povečujejo območje plazuz.

Noga plazuz je del plazuz, ki se je premaknil naprej od spodnjega roba drsne ploskve in je zdrsel preko prvotne površine terena. Peta plazuz, tj. območje izravnega roba plazuz, se lahko nariva na podlago in nastane narivni rob, lahko se valovito razlije po podlagi ali pa podlago izrine. V primeru, da plazuzina vsebuje veliko vode, se peta plazuz lahko oblikuje v obliki jezika in ustvari možnost nastanka sekundarnega drsenja. Na peti plazuz se gradivo kopiči, pri čemer se poveča trenje, kar povzroči spremembo oblike gradiva, nastanek razpok in gubanja.

Drsna ploskev je ploskev, po kateri plaz drsi, in je identična porušni ploskvi. Je tudi meja med nestabilno maso in stabilno podlago, ki lahko poteka v enem ali več slojih. Plazeča gmota je lahko različnih oblik, kar je odvisno od podlage ter vrste, plastičnosti, trdnosti in namočenosti gradiva. Pri narivanju se mehko gradivo naguba, trdo razpoka, gruščnata plazuzina pa se prilagodi podlagi.

Dimenzije plazuz, ki se uporabljajo pri opisovanju plazuz, so prikazane na naslednji sliki, kjer imajo posamezne oznake sledeč pomen:

- 1 ... širina premaknjenega materiala,
- 2 ... širina drsne ploskve,
- 3 ... skupna dolžina (največja razdalja med temenom in dnom plazuz),
- 4 ... dolžina premaknjenega materiala (največja razdalja med vrhom in dnom plazuz),
- 5 ... dolžina drsne ploskve (najmanjša razdalja od temena plazuz do konca drsne ploskve),
- 6 ... globina premaknjenega materiala,
- 7 ... globina drsne ploskve.



Slika 8: Dimenzije plazu

(Vir: Ribičič, 2007: str. 23 – Elementi plazu)

2.4 Vzroki za nastanek zemeljskih plazov

Porušitev ravnotežja in zdrs dela pripovršinske kamnine ali hribine se zgodi na območjih, kjer hkrati deluje več neugodnih eksogenih (preperevanje, cikli zmrzovanja in taljenja, dolgotrajne padavine, erozija potokov in rek, precejanje podtalne vode) in endogenih sil (tektonika).

Vzroki za pobočne procese so dejavniki, ki dalj časa delujejo na območje sprožitve in krhajo ravnovesje, tisti dejavnik, ki ga dokončno podre, pa je povod. Tako so izjemni dogodki, kot so potresi ali močne padavine, lahko eden od vzrokov, ki počasi načenjajo stabilnost pobočja, v večini primerov pa so le sprožitelj oziroma povod geomorfnege procesa. Erozijski procesi in procesi preperevanja (večanje debeline slabših slojev, slabšanje mehanskih lastnosti) so tisti dejavniki, ki na dolgi rok krhajo ravnovesje, zato jih štejemo med vzroke plazenja. Zelo redko je vzrok plazenja en sam. Plaz nastane na območju, kjer se seštejejo za plazenje neugodne naravne danosti, od katerih so najpomembnejše geološka zgradba, oblikovanost terena, hidrogeološke razmere in prisotnost geodinamičnih procesov, ter še dodatni prispevek človeka, ki posega v okolje (urbanizacija, raba tal, industrializacija). Poglavitni povodi za nastanek zemeljskih plazov so vremenska dogajanja (ekstremne padavine, nenaden dvig podtalnice, poplave), hitre temperaturne spremembe (taljenje snega), potresi, antropogeni posegi (spodkopavanje pobočij in gradnja usekov, povečanje naklona pobočij, sečnja gozdov, preobtežitev pobočja z objekti ali nasutji, miniranje) (Komac, Zorn, 2007; Mikoš, Ribičič, 2002).

Med vsemi naštetimi vzroki in povodi so najpogostejši sprožitelj plazenja obilne in dolgotrajne padavine, ki premočijo preperino, kar poveča vzgonski tlak in zmanjša medzrnske sile vzdolž

drsne ploskve. S tem se poruši ravnovesje sil na pobočju in poveča možnost zdrsa. Zunanje sile, ki na sistem delujejo, ga pripeljejo do labilne ravnotežne lege. Po sprožitvi se na območju vzpostavi novo ravnovesje, ki vztraja toliko časa, dokler vzroki ne privedejo sistema do novega praga sprožitve. Sprožitev plazov ni nujno neposredno povezana z nivojem podtalnice, ima pa začetna vsebnost vode v tleh pomembno vlogo pri sprožitvi, saj zmanjša potrebno mejno količino padavin. Povprečna letna količina padavin vpliva na plazenje le v kombinaciji s kratkotrajnimi intenzivnimi padavinami. Mejna količina padavin za sprožitev plazenja je v Sloveniji od 100 mm do 150 mm pri 24-urnih padavinah in od 130 mm do 180 mm pri 48-urnih padavinah (Komac, Zorn, 2007).

Da bi lahko plazove kontrolirali ali pa se jim morda celo izognili, moramo vzroke plazenja dobro razumeti.

2.5 Mehanika plazenja

Za splazenje sta pomembna zlasti dva faktorja. Prvi je gravitacija, drugi pa notranja trdnost kamnine oz. gradiva. Zemeljska težnost teži k premikanju gradiva v nižje lege, notranja trdnost pa to preprečuje.

Do porušitve naravnega ravnovesja oziroma zdrsa pride, če je strižna (notranja) odpornost izčrpana oz. preseže največjo možno strižno napetost znotraj nekega zaključenega področja tal, znotraj zaključenega pasu tal, ali pa vzdolž sklenjene ploskve temeljnih tal. Ravnovesje med aktivnimi silami, ki delujejo na togo zemljinsko telo, omejeno s površjem tal in potencialno drsno ploskvijo ter reaktivnimi silami vzdolž drsne ploskve, je izkazano pri mobilizirani (računsko potrebni) strižni odpornosti tal. Ta pa je lahko manjša od dejanske strižne odpornosti tal (varno proti zdrsu), enaka dejanski strižni odpornosti tal (mejno ravnovesje) ali pa je večja od dejanske strižne odpornosti (v tem primeru nastopi zdrs). Razmerje med dejansko in mobilizirano strižno odpornostjo definiramo kot količnik varnosti napram zdrsu tal (Majes, 2003).

$$F = \frac{\tau}{\tau_m} \quad (1)$$

F ... količnik varnosti

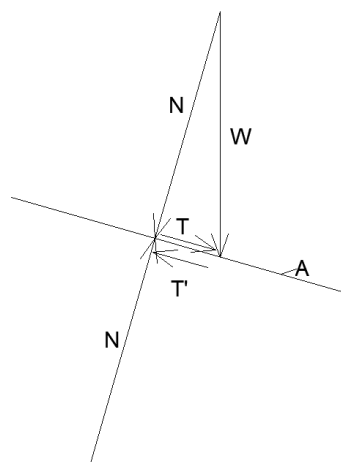
τ ... dejanska strižna trdnost

τ_m ... mobilizirana strižna trdnost

Če se iz različnih vzrokov na neki ploskvi povečujejo aktivne sile, se vzporedno z njihovim naraščanjem mobilizira tudi ustrezen strižni odpor, a je to možno le do maksimalne strižne

trdnosti materiala na opazovani ploskvi (Ribičič, 2007). Namesto da se povečujejo sile težnosti (zaradi dodatne obremenitve pobočja), se lahko iz različnih vzrokov znižuje maksimalni notranji strižni odpor (zaradi dolgotrajnega delovanja eksogenih sil, ki povzročajo preperevanje kamnine), ali pa oba dejavnika delujeta istočasno. Notranji odpor določenega materiala proti strižnemu prestrigu po ploskvi se izraža s strižnim kotom zemljin oz. kotom notranjega trenja (φ') in kohezijo (c), pri nevezanem materialu pa samo s kotom notranjega trenja.

V idealnem materialu poteka porušitev po drsini, ki je blizu krožni. Ker pa so v naravi idealni pogoji redki, se porušitev zgodi po ploskvi, na kateri je strižni odpor v tleh najmanjši. Sile, ki se pojavljajo vzdolž drsine, so prikazane na spodnji sliki:



Slika 9: Sile, ki delujejo vzdolž drsine

Sila teže celotnega materiala nad drsno ploskvijo (W) je vsota normalne (N) in vzporedne komponente (T) vzdolž drsne ploskve. Sili T se upre strižni odpor T' , ki se mobilizira na izbrani ploskvi (A). Mobilizirani strižni odpor T' je omejen z maksimalnim strižnim odporom T'_{max} , ki je po Coulombovem zakonu porušitve definiran z naslednjo enačbo:

$$T'_{max} = c \times A + N \times tg\varphi \quad (2)$$

Zgornjo enačbo se lahko ob predpostaviti sil v elementu zemeljske gmote ali kamnine na izbrano ploskev A izrazi z napetostmi:

$$\tau_{max}(\tau_f) = c + \sigma_N \times tg\varphi, \quad (3)$$

kjer je τ_{max} največja strižna trdnost vzdolž ploskve in σ_N normalna napetost na porušni ploskvi. Do porušitve v preperini in do zdrsa pride, ko je strižna napetost τ zaradi teže materiala večja od maksimalne strižne trdnosti vzdolž ploskve τ_{max} (Ribičič, 2007).

Na nastanek plazov močno vpliva tudi voda, ki zelo zmanjša notranji odpor. Voda na stiku dveh površin zmanjša normalno silo za silo vzgona (Komac, Zorn, 2008). Zmanjša se celotna strižna trdnost in velja t. i. Mohr-Coulombov efektivni strižni zakon oziroma kriterij porušitve:

$$\tau_f = c' + \sigma' \times \operatorname{tg} \varphi' \quad (4)$$

$$\tau_f = c' + (\sigma - u) \times \operatorname{tg} \varphi'$$

τ_f ... porušna strižna napetost

σ' ... efektivna normalna napetost

u ... poreni tlak

σ ... totalna normalna napetost

Plazenje po Tarzaghiju razdelimo v več faz. Najprej se pojavi lezenje oz. deformacija z lokalnimi nastanki strižnih razpok. V tej fazi je hitrost premikov zelo majhna. Sledi predplazenje, kjer se nastale deformacije združijo v drsno ploskev. Nato nastopi pravo plazenje s premiki vzdolž drsne ploskve, ko so hitrosti največje, varnostni količnik pa je manjši od ena. V fazi stabilizacije se pobočje izravna oz. plazeča masa suši (Ribičič, 2007).

2.6 Sanacije plazov

Zemeljski plaz pogosto vpliva na človeka, saj so zaradi porušanja naravnega ravnovesja neredko ogrožene stavbe ali infrastruktura, in čeprav vedno znova prihajamo do spoznanja, da je preventiva boljša kakor odstranjevanje posledic, je najpogostejši način ukrepanja ob tej vrsti naravnih nesreč še vedno sanacija. S sanacijo ublažimo posledice plazenja in skušamo zagotoviti trajno stabilnost. Izbira sanacijskih ukrepov je odvisna od vzroka in obsega splazitve.

2.6.1 Prvi začasni sanacijski ukrepi

Ko pride do ogrožajočega pojava in nastanejo izredne razmere, odločitve o nujnih ukrepih sprejema občinski poveljnik Civilne zaščite ob strokovni pomoči geologa, hidrotehnika, geomehanika ter drugih strokovnjakov. Skupaj predvidijo najverjetnejše nadaljnje gibanje plazov in predlagajo nujne ukrepe, ki so vezani na zaščito ogroženega prebivalstva in objektov, ob izvajanju le-teh pa se vzpostavi še monitoring plazov. Med prva začasna dela za zmanjšanje obsega in upočasnitev plazenja sodijo naslednji ukrepi (Ribičič, Mikoš, 2002):

- Odvodnja vode in preusmeritev dotokov površinskih voda s telesa plazov na stabilne robove zunaj območja plazenja. Površinske vode se lahko zajema v odprte jarke in

kanale, ki pa jih je zaradi gibanja plazine treba pogosto vzdrževati in popravljati. Uporabimo lahko tudi odvod vode po plastičnih ceveh.

- Prekritje plazu s folijo, ki prepreči nadaljnje omočenje plazine. Ukrep se izvaja na manjših plazovih, pri katerih obstaja nevarnost spremembe v blatni tok.
- Lokalna zemeljska dela na območjih, kjer plaz ogroža objekte.
- Lokalna preusmeritev plazine.
- Zaščita objektov z lesenimi deskami in odri.



Slika 10: Odvod vode iz območja plazu po plastičnih ceveh
(Vir: Kovač, 2000/2001: str. 127)



Slika 11: Lokalna preusmeritev plazine
(Vir: Ribičič in sod., 2005: str. 23)

Začasni izredni ukrepi se po navadi izvajajo, dokler vladajo neugodne vremenske razmere, oziroma dokler je plazina v hitrem premikanju. Kadar plazenje zajema večje gmote, začasni ukrepi ne morejo bistveno upočasniti plazenja, zato lahko k sanaciji pristopimo šele po umiritvi premikov. Ker ima vsak plaz svoje značilnosti, le dobro poznavanje problematike plazov in izkušnje omogočajo optimalno izbiro prvih ukrepov.

2.6.1.1 Monitoring

Ob izvajanju prvih ukrepov se vzpostavi monitoring plazu, ki je podpora alarmnemu sistemu. Slednji se vzpostavi nemudoma, ko začne delovati Civilna zaščita. Lahko ga razdelimo na operativni del, ki ga izvajajo člani Civilne zaščite, ter strokovni del, katerega opravljajo

strokovnjaki z ustrezno opremo. Med operativne naloge sodi opazovanje in beleženje širjenja razpok, širjenja plazu, pogostosti pojavljanja intenzivnejšega rušenja in padanja kamenja, intenzitete padavin, pojavljanja in trajanja drobirskih tokov, povezanih s pojavi plazenja tal itd. V sklop strokovnega dela monitoringa, katerega vsebina je vezana na predhodne raziskave, pa sodijo geološki, geodetski, geotehnični in hidrogeološki monitoring. Rezultati takih monitoringov so npr. odločitve o izselitvi prebivalcev (Ribičič, Mikoš, 2002). Obsežnega monitoringa ni mogoče opravljati, če ne izvedemo nekaterih predhodnih raziskav (glej poglavje 2.6.1.2).

Geološki monitoring obsega inženirsko-geološko opazovanje plazu, njegovega gibanja in značilnosti. Sem spada morebitno napredovanje plazu na zgornjem odlomnem robu, naraščanje razpok, širjenje pete plazu, obnašanje ob deževjih itd. Namen tega monitoringa je napovedovanje nadaljnjega plazenja. Spremembe na plazu lahko ugotavljamo tudi s stacionarnimi kamerami, postavljenimi na stabilnih točkah ob plazu.

Geotehnični monitoring v morebitno izvedenih vrtinah na plazu in njegovem vplivnem območju ugotavlja premike plazine po globini z inklinometri in meri nivo podzemnih voda s pomočjo piezometra. Z monitoringom se ugotavlja možnost spremembe plazečega materiala v viskozne blatne tokove ali celo drobirski tok (Ribičič, 2007). Namen geotehničnih raziskav je določitev mehanskih lastnosti materialov v tleh, talnega profila, globine drsne ploskve in značilnosti gibanja podzemne vode.

Geološko-geotehnične raziskave dopolnijo sliko terenskih razmer, ki jo ob površinskem pregledu in geološkem kartiranju določijo geologi. V geološko-geotehničnem poročilu se poskuša s kombinacijo rezultatov preiskav, izvedenih na terenu in v laboratoriju, čim bolj natančno opisati vzroke, ki so pripeljali do plazu, trenutne razmere na plazu ter predvideti druge možne pojave, ki bi lahko na plazu nastopili (Petkovšek, 2000/2001).

Geodetski monitoring obsega občasne meritve pomikov plazu, in sicer meritve v prečnih merskih prerezih preko plazu ali meritve pomikov stabiliziranih točk na plazu in referenčnih točk v njegovem stabilnem zaledju. Meritve se lahko izvajajo s klasičnimi geodetskimi inštrumenti ali pa z laserskimi inštrumenti, ki omogočajo pogostejše meritve tudi na razdalji okoli 2 km. Slednje so sicer manj natančne in odvisne od odbojnih lastnosti površine, a omogočajo takojšnjo obdelavo sprememb prostornin in določitev najbolj aktivnih območij (Ribičič, Mikoš, 2002).

Hidro(geo)loški monitoring obsega občasne meritve pretokov površinskih in izvirnih voda. Meritve se lahko nadgradijo z lokalnimi meritvami padavin. Običajno se izbere dežemeter, vendar je najbolje uporabiti avtomatsko vremensko postajo, ki poleg intenzitete in količine dežja omogoča tudi meritve hitrosti in smeri vetra, temperature zraka in energije sončnega sevanja (Ribičič, Mikoš, 2002).

2.6.1.2 Raziskave in meritve na plazu

Preden se odločimo za končne sanacijske ukrepe, moramo plaz raziskati. Med najbolj pogoste terenske raziskave in instrumentalna merjenja na plazovih sodijo (Ribičič, 2007):

Površinske raziskave:

- inženirsko-geološko posnemanje in kartiranje s popisom značilnosti plazenja;
- geodetske meritve;
- geofizikalne meritve;
- meritve deformacij na površini plazu.

Globinske raziskave in raziskave v vrtinah:

- meritve nivojev vode;
- meritve za določitev globine plazenja;
- meritve z inklinometri;
- testi vodoprepustnosti;
- geomehanska raziskava na jedrih vrtine;
- geomehanska raziskava *in situ*.

Terensko inženirsko geološko posnemanje in kartiranje plazu

Posnemanje plazu pomeni izdelavo načrta plazu z vsemi njegovimi značilnostmi na za to pripravljeni geodetski podlagi v merilu 1 : 100 do 1 : 2000. Kartiranje plazov pomeni pregled celega območja z več plazovi, po navadi v merilu 1 : 10000, 1 : 5000 ali 1 : 2000, ter hkratno ugotavljanje splošnih vzrokov za nastanek plazov, posledic plazenja itd. Podlaga za kartiranje je lahko topografska karta, ali še bolje, geološka karta v enakem merilu. Zelo dobra pomoč pri kartiranju in posnemanju velikih plazov pa so letalski posnetki.

Geodetske meritve

Geodetske meritve predstavljajo nabor tehnik, s katerimi določamo koordinate objektov v prostoru in izračunavamo premike v izbranih časovnih obdobjih. V zvezi z meritvami aktivnosti plazov delimo geodetske metode v tri skupine:

- Referenčne geodetske metode, med katere sodijo klasične geodetske (tahimetrične) ter GPS meritve in jih uporabljamo za ugotavljanje koordinat manjšega števila posameznih točk, ki jih lahko izmerimo z visoko natančnostjo.
- Geodetske brezkontaktno metode za masovne zajeme, s katerimi lahko na terenu v kratkem času izmerimo veliko število točk. To so fotogrametrične metode ter metoda laserskega skeniranja.
- Druge geodetske metode, ki jih lahko uporabljamo kot dopolnilne, so satelitska snemanja ipd.

Geofizikalne meritve

Z geofizikalnimi metodami, kot so geoelektrika, seizmika, karotaža, gravimetrija in magnetometrija, želimo ugotoviti razmere v notranjosti plazine in v njeni podlagi. Geofizikalne metode služijo večinoma kot pomožna metoda za:

- določitev oblike in globine drsine,
- prostorsko definiranje ločenih blokov ali medsebojnih razpok,
- proučevanje geoloških pogojev, pri katerih je prišlo do drsenja.

Meritve nivojev vode

Nivo vode v plazzu moramo spremljati tako dolgo, da ocenimo nihanje podtalne vode v sušnih in deževnih razdobjih. Meritve izvajamo v vrtinah, ki so opremljene kot piezometri.

Meritve za določitev globine plazenja

Obstaja več metod različnih avtorjev. Ena izmed mnogih je meritev prekinitve električnega toka v traku električnih kablov. Na izbranih mestih traku izdelamo prevodne mostičke. Trak spustimo v izvrtano vrtino in jo zacementiramo s slabim cementom. Z ampermetrom ugotavljamo, na kateri globini je plaz pretrgal trak.

Meritve z inklinometri

Prednost meritev z inklinometri je to, da lahko izmerimo deformacije v telesu plazzu po celotni dolžini vrtine v dveh pravokotnih smereh. Inklinometre uporabimo pri plazovih s počasnim

razvojem deformacij. V vrtino vgradimo posebno cev z žlebovi. Žlebove usmerimo vzporedno in pravokotno na vpadnico pobočja. Inklinometer v rednih časovnih razdobjih spuščamo v vrtino in odčitavamo odklone od vertikale. Rezultate interpretiramo glede na nično začetno meritev.

Testi vodoprepustnosti

Kadar želimo plaz sanirati z izvedbo drenažnega sistema, moramo poznati koeficient prepustnosti materialov, ki sestavljajo telo plaz. Takrat v vrtinah izvajamo klasične vodoprepustne teste.

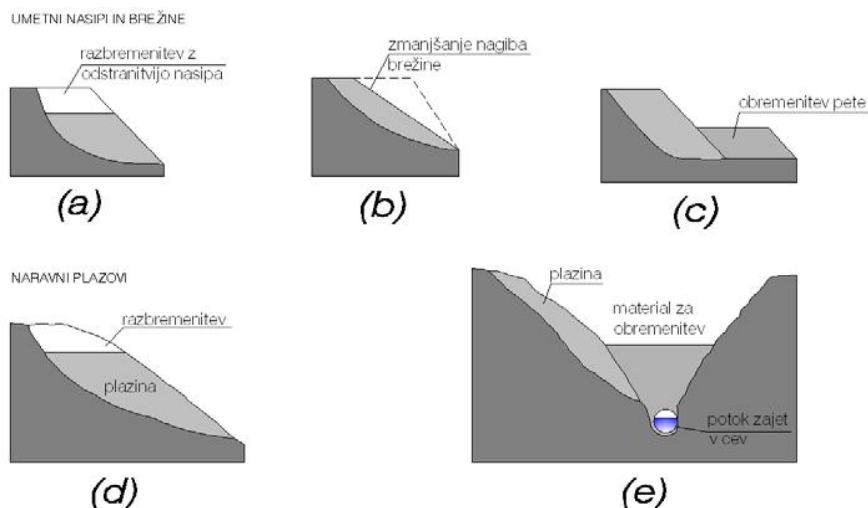
2.6.2 Sanacijski ukrepi za doseganje trajne stabilnosti

Na osnovi naštetih raziskav določimo značilnosti plazenja, tj. obliko, hitrost, geomehanske lastnosti plazine in podlage ter nivo podtalne vode, predvidimo nadaljnji potek plazenja ter se lotimo končne sanacije plaz. Sanacijskih ukrepov ne izvajamo le na že splazelih, ampak tudi na potencialno ogroženih območjih za izboljšanje lokalnih razmer. Namen tega je preprečevanje sproženja plaz. Za končno sanacijo se izdelava projekt sanacije, v katerem je potrebno s stabilnostnimi analizami dokazati stabilnost terena po izvedeni sanaciji.

Sicer je nemogoče naštetati vse možne načine sanacije, vendar na naslednjih straneh kljub temu podajamo najbolj pogosto uporabljene načine, med katere sodijo pregrupacija zemeljskih mas, odvajanje površinskih vod in dreniranje, vegetativna zaščita in izvedba podpornih konstrukcij. Pri sanaciji vedno poskušamo kombinirati različne ukrepe (npr. dreniranje in podporne zidove) tako, da ob vloženih finančnih sredstvih dosežemo maksimalni učinek sanacije.

2.6.2.1 Pregrupiranje zemeljskih mas

Pregrupiranje mas je eden izmed najpogosteje uporabljenih sanacijskih ukrepov. Njegov cilj je pregrupirati zemljinske mase v stabilnejše stanje. Najpogostejše je dodajanje materiala (skal) na peto plaz, s čimer onemogočimo njegovo premikanje. S pregrupacijo splazelega gradiva zmanjšamo nagib pobočja, z odstranitvijo pa razbremenimo zgornji del plaz. Pri izdelavi projekta sanacije je vedno potrebno izdelati stabilnostno analizo, s katero določimo faktor varnosti po pregrupaciji (Ribičič, 2007).



Slika 12: Možnosti pregrupiranja zemeljskih mas

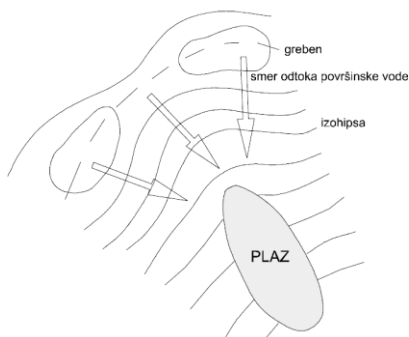
(Vir: Ribičič, 2007: str. 51 – Sanacija)

2.6.2.2 Odvajanje površinskih vod in dreniranje

Ker zemeljski plazovi največkrat oblikujejo konkaven relief in je površje pogosto mokrotno, je to največkrat uporabljen in najbolj učinkovit sanacijski postopek. Ukrepe delimo na tiste, s katerimi preprečujemo zatekanje vod v telo plazju in na ukrepe, ki znižujejo nivo vode v samem telesu plazju.

2.6.2.2.1 Površinsko odvajanje vode

Nivo talne vode v telesu plazju je odvisen od dotekanja vode v plazino (Q_{dot}) in od izcejanja (Q_{odt}) iz nje, zato želimo s površinsko odvodnjo preprečiti napajanje plazine z vodo in s tem izboljšati razmerje Q_{dot}/Q_{odt} .



Slika 13: Dotekanje vode v plazino

(Vir: Ribičič, 2007: str. 52 – Sanacija)

Ker plazovi večinoma nastajajo na območjih z morfološko obliko, ki omogoča lokalno stekanje vode v telo plazu, le-to preprečimo s površinskim lovilnim jarkom, ki ga lociramo na stabilen teren nad najvišjim odlomnim robom. Lovilni jarek mora biti lociran tako, da ne predstavlja nevarnosti širjenja plazu navzgor. Kjer se na površini plazu pojavljajo izviri in močila, namestimo začasne koritnice za zajem vode. Zgrajene morajo biti tako, da lahko sestavne elemente popravljamo ob napredovanju plazenja, ki povzroči njihovo premikanje. Vodi, ki jo zajamemo s kaptažami in lovilnimi jarki, moramo z zadostnim padcem zagotoviti hiter odtok in preprečiti njeno zastajanje. Zbrano vodo po odvodnem jarku, katerega dno mora biti neprepustno, na bokih plazu odvedemo izven nestabilnega območja. Na samo izvedbo jarka vpliva velikost plazu in morfologija terena. Pri dimenzioniranju jarka upoštevamo količino vode, ki lahko priteče iz zaledja. Zato izločimo lokalne razvodnice, izračunamo površino zaledja in ocenimo površinski odtok ob močnih nalivih.

Najkvalitetnejša izvedba jarkov so prefabricirane betonske koritnice in polovične PVC cevi. V primeru zemeljskega jarka se njegovo dno izolira z neprepustnim materialom (glino).



Slika 14 : Betonska koritnica za površinsko odvodnjo
(Vir: Fazarinc, 2004)



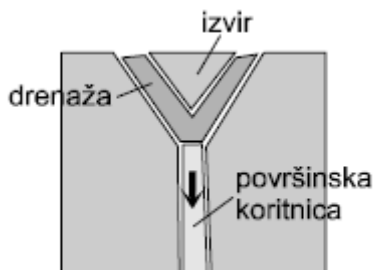
Slika 15 : Polovične PVC cevi za površinsko odvodnjo na plazu Macesnik
(Vir: Fazarinc, 2003)



Slika 16: Zajem izvira na plazu Slano blato
(Vir: Mikec, 2012)

2.6.2.2.2 Ukrepi za zniževanje talne vode v plazini

Ko se plazenje umiri, lahko začnemo v telo plazu posegati še z drenažami, ki omogočajo znižanje nivoja talne vode v plazini in zmanjšanje vzgona. Prepustnost zemljine, ki gradi plazino, vpliva na gostoto drenaž in uspešnost dreniranja. Kadar osušujemo površinsko zamočvirjena območja ali okolico izvirov in močil, drenaže pogosto kombiniramo še s površinsko odvodnjo. V odvisnosti od pogojev se za dreniranje plazine najpogosteje uporablja odprte drenažne jarke, cevne drenaže, globoke drenažne zaseke, drenažna rebra, dreniranje z drenažnimi geosintetiki, drenažnimi vodnjaki, horizontalnimi drenažnimi vrtinami in drenažnimi rovi (Ribičič, 2007).



Slika 17: Kombinacija drenaže in površinske odvodnje
(Ribičič, 2007: str. 53 – Sanacija)

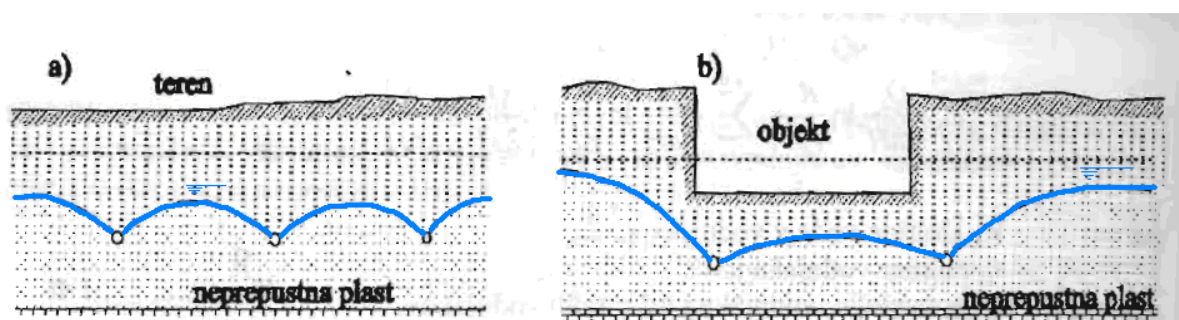
Drenažni jarki in klasične cevne drenaže

Do globine cca 2,5–3 m izvajamo običajne drenažne jarkove. V odvisnosti od prepustnosti zemljine lahko v smeri padnice pobočja izvedemo enega ali več vzporednih drenažnih jarkov. Smer jarkov prilagodimo lokalni morfologiji, tako da zajamemo tudi območja depresij. Pred samo izvedbo izravnamo površino plazu in z glino zalijemo vse razpoke. Jarke izkopavamo strojno ali ročno, če dostop stroja ni mogoč. Kakšen tip drenaže bomo vgradili, je pogojeno s prepustnostjo zemljine, globine drenaž, pogojev dela itd.



Slika 18: Tipi drenaž

(Vir: Ribičič, 2007: str. 54 – Sanacija)



Slika 19: Vpliv cevne drenaže na znižanje podtalne vode

(Vir: Steinmann, 1999: str. 274)

Globoki drenažni zaseki – globoke drenaže

Globoki drenažni zaseki so globoki od 3–4 m pa do prek 10 m, odvisno od globine, na kateri je stabilna kamnita podlaga. Tehnologija izvajanja je drugačna kot pri plitvejših drenažah, saj se po navadi zaradi preprečitve možne splazitve vsaj delno izvajajo z razpiranjem. Na primernih razdaljah vgradimo revizijske jaške, ki omogočajo dostop do drenažne cevi za potrebe vzdrževanja.



Slike 20, 21 in 22: Izdelava globoke drenaže
(Vir: Fazarinc, 2003)

Drenažna rebra

Izdelava drenažnih reber je podobna izvedbi klasičnih drenaž, le da izkopani jarek zasujemo z večjimi skalami, s čimer utrdimo območje plazov in tako pripomoremo k zmanjšanju premikov materiala. Vgrajujemo jih tudi na še ne popolnoma stabiliziranih plazovih, ker drenažna rebra opravljajo svojo funkcijo dreniranja tudi po večjih premikih. Na dnu drenažnih reber se lahko vgradijo drenažne cevi, pogostejša pa je uporaba geosintetika, s katerim pred nasutjem skal pokrijemo jarek (Ribičič, 2007).

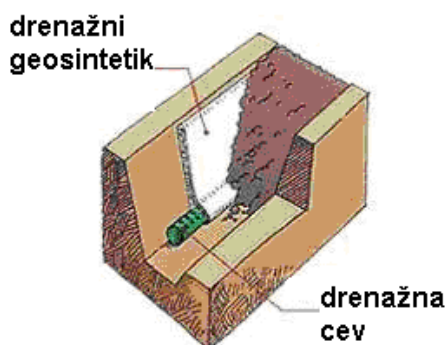


Slika 23: Drenažna rebra

(Vir: Gradnja vkopov, 2012: str. 10)

Drenažni geosintetiki

V ozke odkopane jarke vgradimo posebne drenažne geosintetike, čigar zunanja stran in jedro sta iz mrežaste strukture, ki odvaja vodo. Na spodnjem delu ti filci ovijejo drenažno cev, v katero se ujame voda.



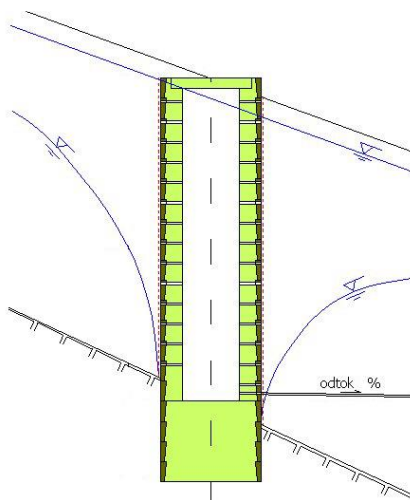
Slika 24: Geotekstilni drenažni filc

(Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Landslide_mitigation (3. 10. 2012))

Drenažni vodnjaki

Drenažni vodnjaki omogočajo odvodnjavanje umirjene plazine, kadar imamo opravka z materialom srednje prepustnosti na neprepustni podlagi. Pogosto jih kombiniramo z drugimi drenažnimi sistemi. Vodo, ki se nabere v vodnjakih, črpamo na površino ali pa spuščamo v urejene odvodnike pod plazom ali na njegove robove. Gradimo jih kot vertikalne jaške s sprotnim oblaganjem sten z betonsko oblogo, ki v fazi izkopa preprečuje bočno porušitev

izkopa. Ko dosežemo želeno globino, dno vodnjaka zabetoniramo. Vodnjake se lahko tudi zapolni z drenažnim kamnitim zasipom (Globoko temeljenje, 2012).



Slika 25: Drenažni vodnjak opravlja funkcijo zniževanja talne vode
(Vir: Majes, 2005a: str. 20)

Dreniranje s horizontalnimi vrtinami

Blago nagnjene vrtnine velike gostote, iz katerih voda odteka samostojno, brez črpanja, se uporabljajo za odvajanje vode iz srednje prepustnega gradiva predvsem v peti plazju. Če so stene vrtnine obstojne, vstavimo drenažno cev brez cevljenja, v nasprotnem primeru pa vstavimo začasno kolono in jo nato preko vstavljene drenažne cevi izvlečemo.

Drenažni rovi

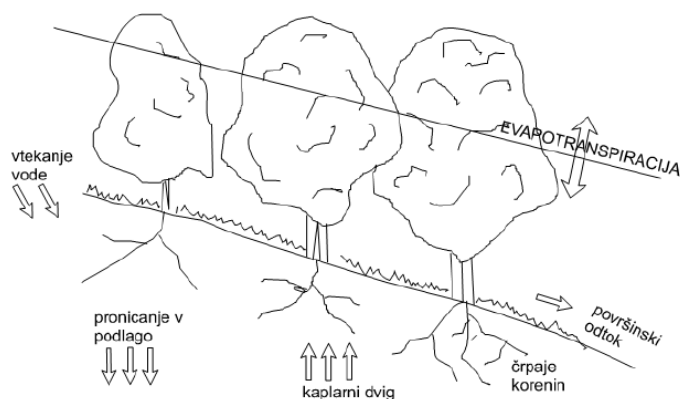
Izvedba drenažnih rogov je mogoča na večjih, že umirjenih zemeljskih plazovih, po navadi na območju rudnikov, kjer je glavni vzrok plazenja napajanje srednje prepustnega materiala s podzemno vodo. Izdelavo drenažnega rova izvedemo v kompaktni podlagi pod drsno ploskvijo v kombinaciji z vertikalnimi ali strmo nagnjenimi drenažnimi vrtinami, izvrtanimi iz njega. Na globokih in dokaj kompaktnih plazovih lahko drenažni rov izvedemo tudi po dnu plazine, a v tem primeru opravlja enako funkcijo kot drenaža.

2.6.2.3 Pomožni in posebni sanacijski ukrepi

Vegetativna zaščita

Vsaka končna ureditev plazju mora predvideti ponovno zasaditev vegetacije, če je bila ta s plazenjem odnesena ali pa smo jo odstranili pri izvajanju interventnih ukrepov. Z zasaditvijo

vegetacije – poleg estetske vloge zmanjšanja vidnih ran v okolju – v veliki meri pripomoremo k stabilnosti pobočij. Vegetacija namreč zaščiti preperinski pokrov pred delovanjem atmosferilij, sonca, dežja in temperaturnih sprememb, zmanjšuje moč vetra in tako slabi vetrno erozijo. Z nadzemnimi deli rastline zavarujejo tla pred neugodnimi in neposrednimi učinki nalivov, saj zmanjšujejo in uravnavajo površinski odtok padavinske vode ter slabijo njeno erozivno moč. Prav tako zmanjša pronicanje vode v tla ter jo osušuje tako, da s koreninami iz tal črpa vodo, ki jo porabi v svojem metaboličnem procesu ter jo nato skozi liste spusti v atmosfero (transpiracija) (Ribičič, 2007; Brilly, Šraj, 2005). Vegetacija spremeni tok vode iz smeri, ki je vzporedna pobočju, v črpanje oziroma zmanjšanje toka podzemne vode (hidravlični efekt). Črpalni učinek rastline je odvisen od vrste le-te in znaša od 10 do 50 barov. Ozelenitev golih, neporaščenih površin ima tako enak osuševalni učinek kakor vgradnja dragih drenažnih sistemov (Begemann, Schiechl, 1986). Vloga gozda se kaže tudi v zadrževanju vode v krošnjah. Tako v gozdu več kot četrtnina padavin izhlapi nazaj v ozračje že med padavinami (evaporacija), preostale pa enakomerneje odtekajo na tla, s čimer je tudi boljše izkoriščena sprejemna zmogljivost tal (Zorn, Mikoš, 2010).



Slika 26: Učinki vegetacije

(Vir: Ribičič, 2007: str. 60 – Sanacija)

Vloga vegetacije se kaže tudi v mehanski vezavi gornjega preperinskega sloja s koreninami in posledično povečave trdnosti preperine. Drevesa z globljim koreninskim sistemom preprečujejo usade in plitvejšje zemeljske plazove, tako je pomen rastlinskega pokrova za stabilnost preperine najboljše razviden iz dejstva, da se številni plazovi sprožijo ravno po odstranitvi vegetacije (goloseki) (Ribičič, 2007; Zorn, Mikoš, 2010).

Najpogosteje se plazovito območje po izravnavi površin zatravi, še boljše rezultate pa daje zasaditev hitrorastočih grmovnic ali listnatih dreves, ki črpajo veliko vode (Ribičič, 2007). Za erozijsko zaščito so najbolj primerne rastline z dolgimi in razraščeni koreninami, kot so topol, vrba, evkaliptus, črna in zelena jelša, črni gaber, gaber, jesen, breza, brogovita in

navadna krhlika. Za tovrstne ukrepe je najpogosteje uporabljena vrba, ki je razmeroma nezahtevna glede kakovosti tal. Pred rekultivacijo degradiranega območja se naredi popis vegetacijskih vrst na obravnavanem območju ter se v skladu s tem izbere najprimernejše avtohtone drevesne vrste za zasaditev (Vovk Korže in sod., 2011). Takoj po izvedbi je osuševalni učinek minimalen, vendar se sčasoma, ko se koreninski sistem ustrezno razraste, temu primerno poveča.

V primeru zelo strmega pobočja, na katerem se vegetacija ne bi obdržala, izvedemo vodno setev z dodatkom rastne pulpe. Na ta način lahko zelo strma kamnita pobočja ozelenimo z malo ali popolnoma brez humusa. Nanos rastne pulpe s pobrizgom s topom ali cevjo omogoča, da se doseže in zatravi tudi težje dostopna mesta, kot so skalni žepi, razpoke in police. Osnovni medij rastne pulpe je voda, kateri se nato doda semensko mešanico, ki ustreza terenu in ravnim razmeram, organsko gnojilo, organski material za zastirko, vezivno sredstvo ter razne dodatke za izboljšanje tal (Horvat, Maričič, Papež, 2005). Metodo se učinkovito kombinira z zasaditvijo grmovnic in dreves, varovalnimi mrežami in ostalimi protierozijskimi ukrepi.

Zabijanje lesenih kolov ali tračnic

Zabijanje lesenih kolov je primerno za razmeroma rahle plazine do 1,5 m globine. Stabilnost povečamo z ročnim ali strojnim (bager) zabijanjem skozi plazino, vsaj 1 m globoko v podlago, večinoma v spodnji polovici plazju ali pa v enakomerni mreži (Ribičič, 2007).

2.6.2.4 Gradbeni posegi

2.6.2.4.1 Enostavne podporne konstrukcije

Kamniti zidovi

Kamniti zidovi brez veziva, zidani iz naravnega kamna, so zelo primerni za lokalno izvedbo manjših podpornih zidov. Zelo dobro se prilagodijo okolici in so deformabilni (prenesejo velike deformacije), a je njihova gradnja zelo zamudna in prenesejo le majhne zaledne sile. Pogosto jih gradijo v nizih, ki pobočje razdeli v posamezne terase in tako razbije preperinski pokrov v manjše enote ter s tem prepreči erozijo (Ribičič, 2007).

Gabioni

Pri saniranju manjših nestabilnosti ob cestah in potokih pogosto uporabimo tip težnostnega zidu v obliki kocke, ki je izdelan iz žične ali plastične mreže, v katero je ovit gruščnat ali

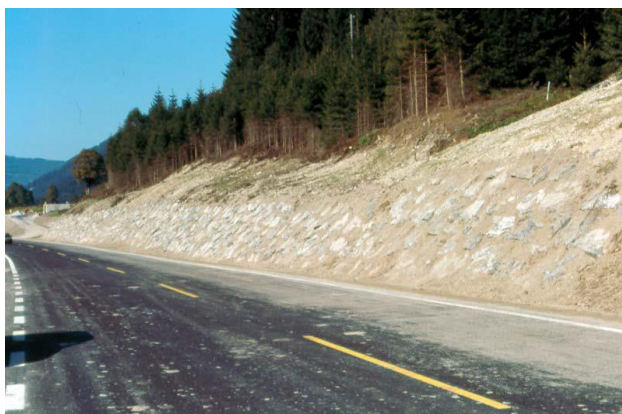
prodni material. Na tak način oblikovane kocke kamnitega materiala okvirne velikosti do 1 x 1 x 4 m so nato zložene v podporno konstrukcijo. Omogočajo zelo hitro gradnjo in takoj prevzamejo svojo funkcijo, saj ni treba čakati, da doseže svojo polno trdnost. Prenesejo zelo velike deformacije, poleg tega pa že same predstavljajo drenažni material, zato dodatno odvodnjavanje ni potrebno (Ribičič, 2007).

Kašte

Kašte so gibke podporne konstrukcije iz prefabriciranih armiranobetonskih, kovinskih ali lesenih elementov, ki predstavljajo ogrodje kamnitemu polnilu. So prepustne za vodo in jih veliko uporabljamo pri zagotavljanju stabilnosti manjših plazov, kjer je zaželena gibka konstrukcija (Oporne in podporne konstrukcije, 2012).

Kamnita zložba

Je zložba iz kamna nepravilnih oblik v betonu ali brez veziva. Kamnite zložbe v ožjem pomenu besede so brez betona ali z minimalno količino betona, zato so gibke in tako primerne za sanacije manjših plazov. So tudi prepustne za vodo in jih zato voda ne obremenjuje s hidrostatskimi tlaki. Med kamni se sčasoma ustvari humus in požene rastlinje. Pri večjem deležu kamna veljajo značilnosti kamnitega podpornega zidu, v kolikor pa prevladuje beton, obravnavamo tako konstrukcijo kot nearmiran betonski zid (Oporne in podporne konstrukcije, 2012).



Slika 27: Kamnita zložba

(Vir: <http://sl.scribd.com/doc/58676963/Osnove-geomehanike> (7. 10. 2012))

2.6.2.4.2 Podporni zidovi

Izvajajo se v glavnem sledeče podporne konstrukcije:

- gravitacijski masivni zidani ali betonski zidovi;
- armiranobetonski zidovi s sidranjem ali brez sidranja;
- armiranobetonski zidovi z režami (razbijači in sejalniki za drobirske tokove);
- armirana zemljina;
- pilotne stene, katerih prednost je to, da se lahko izvedejo še preden odkopljemo material v peti plazine, s čimer preprečimo morebitno aktivacijo plazju, ki predstavlja nevarnost pri klasičnih AB zidovih;
- stene iz vodnjakov;
- jet grouting sidrane stene.

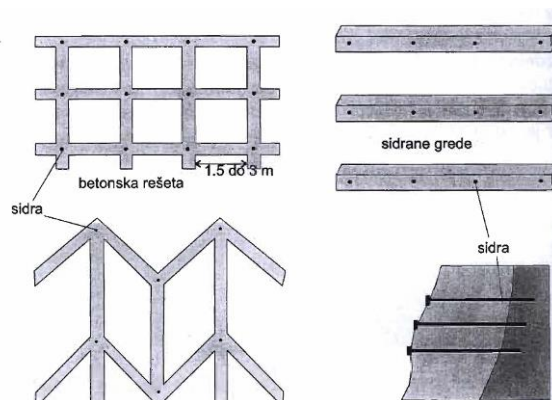
Obliko zidu vedno prilagodimo morfologiji terena oziroma silam, ki jih mora prevzeti, zato so zidovi med seboj različni, obvezno pa moramo za vsakim zidom izvesti dreniranje.

2.6.2.4.3 Površinske konstrukcije

Površinske konstrukcije se uporabljajo v hribinah, ki hitro preperevajo in na njih ostaja nestabilen pokrov preperine, ki lahko zdrsi po strmem pobočju. S površinsko konstrukcijo preprečimo nadaljnje preperevanje in istočasno utrdimo pripovršinski del hribine.

Betonska armirana rešeta

Strma pobočja ali brežine iz laporjev ali podobnih kamnin zavarujemo s sidranimi betonskimi rešeti različnih oblik in dimenzij.



Slika 28: Betonska armirana rešeta
(Vir: Ribičič, 2007: str. 69 – Sanacija)

Sidrane stene iz brizganega betona

Če imamo opravka s hribino, ki počasi prepereva, jo pokrijemo s pocinkano mrežo, ki jo sidramo na zgornji strani in obložimo z betonskimi bloki. Ob večji labilnosti, ali pa če želimo steno popolnoma zaščititi pred preperevanjem, mrežo prekrijemo s tankim brizanim betonom debeline med 10 in 30 cm. V tem primeru izvedemo sistematično sidranje celotne stene.

3 BLATNI TOKOVI

Med pobočne procese uvrščamo tudi blatne tokove. Natančneje sodijo med masne zemeljske tokove. Lahko se razvijejo kot posledica predhodnega plazenja tal. Plast razrahljane zemljine na pobočju se lahko sproži in spremeni v blatni tok, kadar vrednost vode v zemljini preseže kritično vrednost (Kmetec, 2002), pri čemer je polna zasičenost zemljine z vodo nujen, ne pa tudi zadosten pogoj za nastanek blatnega toka. Da pride do njegovega nastanka, se morajo razmakniti zrna zemljine, ki so v plazeči se zemljini v medsebojnem stiku, pri čemer se struktura zemljine podre, ob podiranju strukture pa se zrna zemljine porazdelijo in razpršijo v fluidu. Fluid je lahko podzemna voda, voda iz zasičenih por zemljine, voda iz površinskega vodotoka ali meteorna voda, ki je v času gibanja plazju vdrla skozi razpoke v plazju v telo plazeče se mase (Petkovšek, 2000/2001). Po definiciji je blatni tok heterogen sistem, ki se sestoji iz trdne in tekoče komponente. Ko gre za visokoturbulentne tokove, lahko vsebuje še zrak. Trdno komponento sestavljajo delci gline in melja ter manjši odstotek delcev večje velikosti (Kmetec, 2002). Blatni tokovi vsebujejo nad 80 % glinastih delcev (Komac, Zorn, 2007). Pri opredeljevanju vrste tokovnega pojava je pomembna tudi hitrost gibanja. Blatni tokovi razvijejo hitrosti od 1 m/min do 2 m/s (Mikoš in sod., 2004). Po začetnem sproženju je hitrost blatnega toka majhna. Sčasoma se hitrost povečuje in premo sorazmerno z njo tudi rušilna moč toka. Vzrok za povečano rušilno moč toka je v trdni fazi. Blatni tok se namreč bistveno razlikuje od obnašanja trdnih delcev v navadnih tokovih. V slednjih je vsebnost trdnih delcev zanemarljiva in kinetična energija se prenaša preko vode. V blatnih tokovih, kjer je vsebnost trdnih delcev dosti večja, pa se kinetična energija prenaša preko le-teh (Kmetec, 2002).

Blatni tok je plastičen tok in se razvije v zmesi sedimentov in/ali preperine z določeno stopnjo kohezije in vode, ki je lahko posledica deževja, taljenja snega ali taljenja ledenika. Če material nima kohezije, se bo tok tudi ob popolnem zasičenju z vodo obnašal kakor zrnski tok. Z večanjem deleža vode se kohezijska strižna trdnost materiala postopno zmanjšuje do določene koncentracije, po njeni prekoračitvi pa se hitrost upadanja strižne trdnosti hitro zmanjša in plastični tok preide v tekočinskega. Ta točka oz. količina vode v materialu je odvisna od porazdelitve velikosti zrn v njem in mineralne sestave drobnozrnate glinaste frakcije. V debelejšem zrnatem in boljše sortiranem materialu je za prehod potrebna manjša količina vode, pri čemer je prehod ostrejši kot v slabše sortiranem in/ali drobnozrnatem materialu.

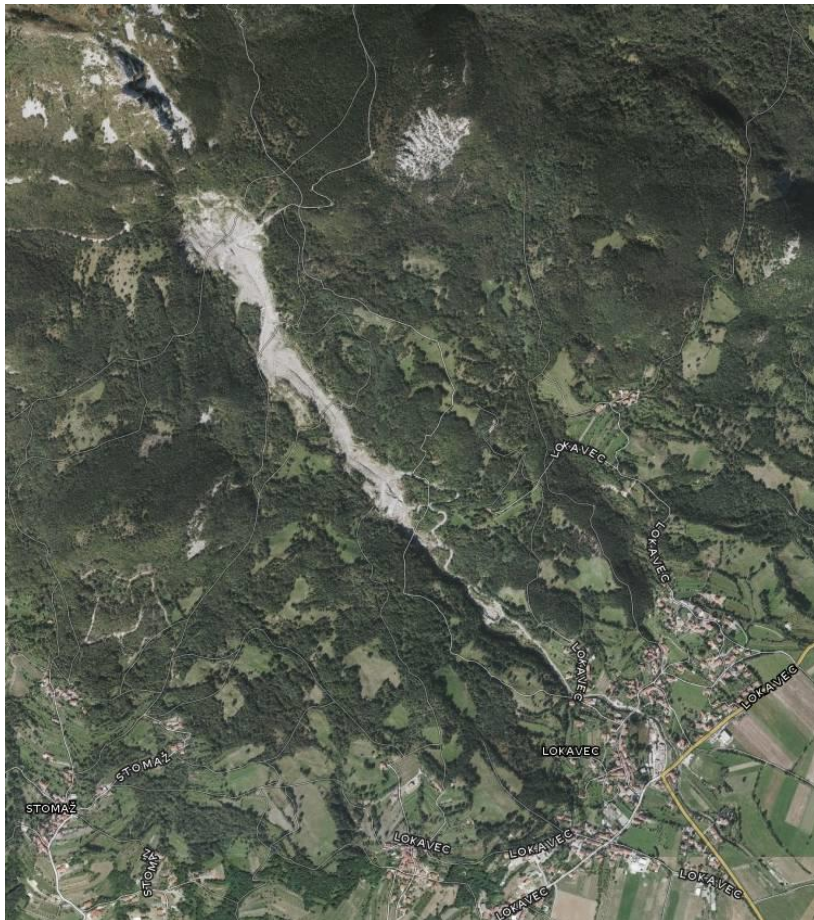
V blatnem toku prevladujejo plastične Binghamove sile (kohezijska strižna trdnost in viskoznost). To so sile, ki s pomočjo povišanega pornege tlaka, ki presega hidrostatičnega,

ter s pomočjo vzgona, velikih hitrosti tokov, trkov med zrn in turbulence uspejo v suspenziji prenašati tudi večje skalne bloke. V primeru, da teža slednjih preseže suspenzijsko zmožnost blatnega toka, se lahko le-ti gibljejo v njem v obliki talnega premikanja. Blatni tok teče, dokler težnostne sile še premagujejo kohezijsko strižno trdnost materiala. Pri tem lahko posamezni deli ali celotni tok »zmrzne«, delci se med seboj relativno ne gibljejo več. »Zmrznjena« gnota se še lahko premika po vedno ožjih strižnih conah in drsnih ploskvah, tako da se blatni tok spremeni v plaz. V subaeralnih pogojih se material po ustavitvi konsolidira glede na hitrost dreniranja pornih vod, ki izpirajo tudi drobnozrnati muljasti material (Skaberne, 2000/2001).

4 PLAZ SLANO BLATO

Plaz Slano blato, ki se nahaja nad vasjo Lokavec pri Ajdovščini, je eden največjih in zgodovinsko najboljše opisanih plazov v Sloveniji. Lociran je pod Malo goro (1034 m n. v.), na pobočju Čavna (1186 m n. v.), grebena, ki na južni strani omejuje obsežni narivni pokrov Trnovski gozd. Razteza se na dolžini približno 1600 m (merjeno od pregrade nad vasjo do zgornjega odlomnega roba) in širini do 300 m med višinama 230 m n. v. in 640 m n. v. Plaz gravitira po potoku Grajšček in njegovih pritokih proti naselju Lokavec.

Plaz, ki ga omenja že 400 let staro ustno izročilo (Benko, 2011), se je ponovno sprožil po obilnem deževju novembra 2000 in je od takrat tudi strokovno neprestano spremljan. V gibanju je okoli 1.000.000 m³ zemljine. V sušnih obdobjih se plaz giblje v obliki medsebojno neodvisnih, počasi premikajočih se zemeljskih plazov, v deževnem obdobju pa se lahko spremeni v hitro gibajoči se blatni tok (Maček in sod., 2011). Sanacija, ki še ni dokončana, se je izvajala do leta 2009. Od takrat naprej se na plazju Slano blato izvajata samo monitoring in georadarske raziskave odlomnega roba (Benko, 2011).



Slika 29: Satelitski posnetek plazju Slano blato nad vasjo Lokavec
(Vir: www.zemljevid.najdi.si (1. 11. 2012))

4.1 Slano blato v zgodovinskih zapisih

Ljudsko izročilo navaja zgodbo o Svetem Urbanu, ki naj bi gradbeni material, namenjen za gradnjo cerkve, čez noč premaknil na novo lokacijo. Krajanji so si dogodek razlagali kot svetnikovo voljo in na tem mestu postavili cerkev, ki še vedno stoji. Prvi uradni zapis, katerega avtor je Balthasar Hacquet (1739–1815), zdravnik, alpinist in naravoslovec, je iz leta 1789. Hacquet v zvezku *Oryctographia Carniolica* poroča, da se je spomladi 1786 od Čavna odtrgal velik kos gore in zgrmel v Vipavsko dolino. Pri tem naj bi iztekala voda z okusom po mineralih. Hacquetove analize so pokazale, da je njen okus posledica visoke vsebnosti Glauberjeve soli (natrijev sulfat), ki je plazu tudi dala ime »Slano« blato. Hacquet je še zapisal, da so tovrstni dogodki na tem območju stalni pojav. Plaz je bil vrisan že v francoskih vojaških kartah iz obdobja 1763 do 1787 (Rajšp in Ficko, 1997; cit. po Benko, 2011), kjer je Grajšček imenovan Blashi potok (nabreklijiv potok), ozemlje v okolici pa Miesen Raish (zgubljena zemlja) (Benko, 2011).

Prvi dokumentiran zapis o zdrsuh, objavljen 17. 2. 1887 v reviji *Soča*, poroča, da je dne 20. 10. 1885 blatni tok preplaval polje in v dolžini 30 m odnesel državno cesto Ajdovščina – Gorica, ki je bila od Lokavca oddaljena 2 km. Manj kot tri leta pozneje, točneje 28. 6. 1888, je Grajšček poplaval državno cesto na območju od Lokavca do Ajdovščine in vse njive do vasi Ustje ter tako povzročil ogromno škode. Lokavšček je poplaval Ajdovščino. Zapis o dogodku je iz revije *Soča* z dne 6. 7. 1888. Avgusta istega leta je občina prosila deželni zbor, naj naroči izdelavo načrta regulacije Grajščka. Načrt so v Beljaku izdelali 7. 2. 1892, a je bilo leta 1898 določeno, da ga je potrebno popraviti, saj so se priprave na gradnjo zavlekle in razmere na plazu v tem času spremenile. V naslednjih poplavah, 26. 2. 1902, se je na plazu odtrgalo 200.000 m³ materiala. Revija *Soča* 22. 3. 1902 poroča, da so si plaz, ki je bil od vasi oddaljen 1 km, ogledali strokovnjaki iz Celovca in da s Čavna proti Lokavcu drsi 300.000 m³ materiala.

11. 7. 1902 je v veljavo stopil zakon, ki je odredjal višino pomoči za regulacijo in odpravo nevarnosti ter določil, da letno vzdrževanje objektov izvaja v ta namen ustanovljena Vodna zadruga. Po zakonu naj bi se vsakih 5 let izvedla tudi obsežnejša vzdrževalna dela. Med leti 1902 in 1908 so sledila obsežna sanacijska dela, ki jih je izvajal gozdno-tehnični oddelek iz Beljaka. V sklopu sanacije struge Grajščka in Lokavščka je bilo zgrajenih 18 kamnitih pregrad. Naklon terena med pregradami ni presegal 15°. Pregrade so zadrževale blato in drobir ter vodi zniževale energijo. Na zgornjem delu plazu so uredili izvir. Tlakovali so tudi strugo Grajščka, vendar samo v njegovem hribovitem predelu, saj načrt za dolinski del ni bil narejen. Sanacija je zahtevala tudi odprtje treh manjših kamnolomov in izgradnjo železnice

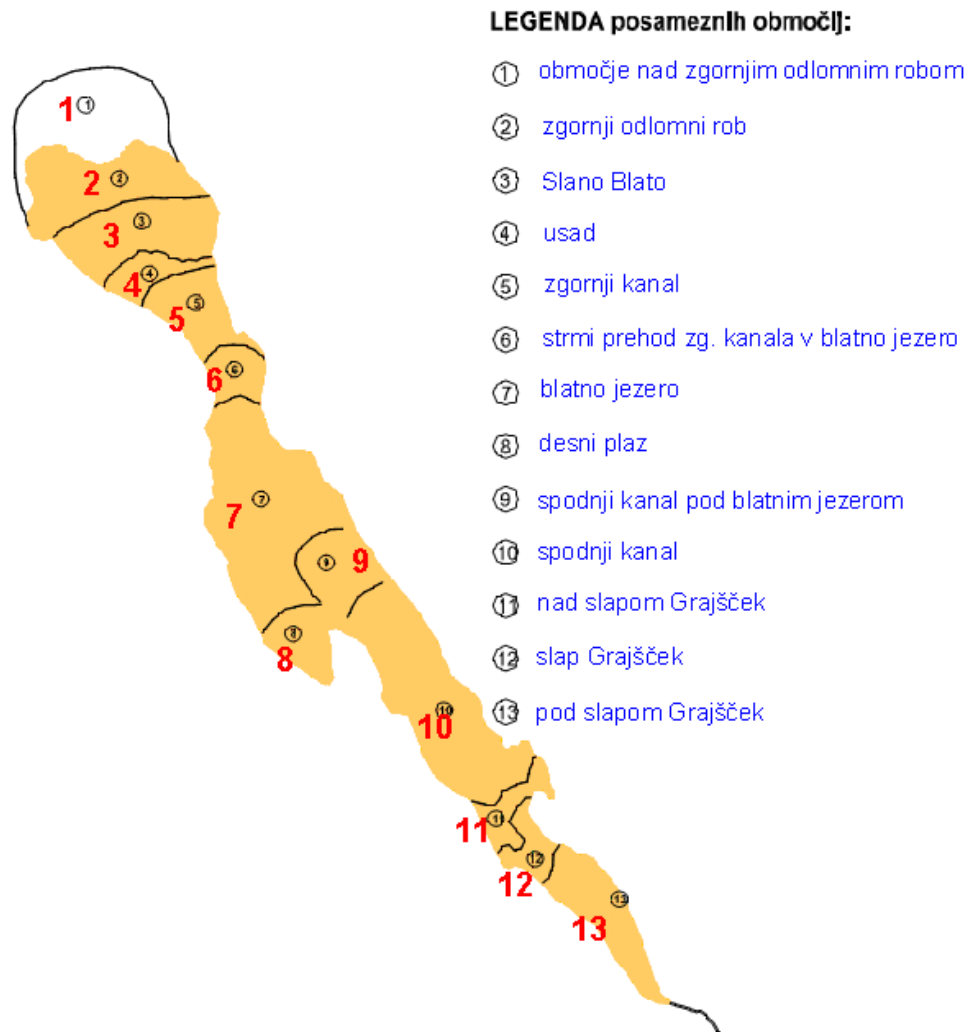
za dovoz materiala, ki je bil potreben za gradnjo enostavnih pregrad za zaustavitev židke mase (Kmetec, 2002). Po končani sanaciji je bila na vplivnem območju plazuz prepovedana kakršna koli gradnja. Sčasoma in pod vodstvom različnih oblasti so bili ukrepi na Slanem blatu pozabljeni in zato nevdrževani. Po prvi svetovni vojni je bila Primorska priključena Italiji. Leta 1933 je takratna oblast hotela porušiti staro cerkev in zgraditi novo. Nova cerkev sv. Lovrenca je bila tako na vplivnem območju plazuz zgrajena že leta 1935. Po drugi svetovni vojni so strugo Grajščka skozi vas regulirali tako, da so jo iz 35 m zožili na 2,5 m, strugo Lokavščka pa iz 60 m na 2,5 m. Z regulacijo so na vplivnem območju plazuz pridobili zemljišča, na katerih je bila nato dopuščena stanovanjska gradnja. V naslednjih letih so se vzdrževalna dela izvajala le na delu struge, ki poteka skozi Lokavec (Benko, 2011).



Slika 30: Obrambne zidove v koritu Grajščka je zgradila avstrijska oblast leta 1903
Fotografirano 30. decembra. (Vir: Kovač, Kočevar, 2000/2001: str. 123)

4.2 Pregled splazitev in izvedenih ukrepov od leta 2000 do 2012

Do ponovnega plazenja na tem območju je prišlo 17. novembra 2000, ko so domačini v Lokavcu opazili kalno vodo v potoku Grajšček. V noči z 22. na 23. november je plaz opazil lovski čuvaj in od takrat naprej je plaz neprestano spremljan tudi strokovno (Kovač, Kočevar, 2001). Vzrok za ponovno aktivacijo zemeljskih mas je bil v izjemnih padavinah, ki so novembra 2000 dosegle 592 mm, medtem ko je letna vsota padavin za Lokavec znašala 1845 mm, povprečna letna višina korigiranih padavin med leti 1971 in 2000 pa je 1800–2000 mm. Skupno je na tem območju v septembru, oktobru in novembru padlo 982 litrov dežja na m² (ARSO, 2011). Zaradi dolgotrajnih intenzivnih padavin so bile kamnine popolnoma prepojene z vodo, kar je botrovalo poslabšanju strižnih karakteristik, povečanju pornih tlakov in teže gruščnatega materiala na neprepustni flišni podlagi.



Slika 31: Območja na plazu Slano blato
(Vir: Fifer Bizjak, Ribičič, 2004: str. 299)

Odlomni rob plazu je nastal v močno zaglinjenem grušču iz preperelega fliša in apnenca na mestu, kjer je bil teren zamočvirjen, saj naj bi območje zaradi že nekaj let poškodovane kaptaže iz začetka 20. stoletja zamakala izvorna voda. Po sprožitvi plazu na območju usada na koti 570 m je material splazel iz zgornjega dela plazu in zgornjega kanala ter se ustavil na območju terase na koti 460 m. Plaz je na tej točki dosegel dolžino 500 m, globino do 16 m, v širino pa je meril od 60 do 250 m. V tej fazi so bile na levi strani plazu (brez desnega kraka) v gibanju razmeroma majhne mase z volumnom okoli 50.000 m³. Obilne padavine 24. in 25. novembra in upočasnjeno plazenje na trdem grebenu so na območju terase povzročile nabiranje vode. Območje je zato dobilo ime Blatno jezero. Zaradi velikih pritiskov splazele mase iz ozadja se je plaz na grebenu peščenjaka na območju terase razcepil na levi in desni krak. Levi krak je začel plazeti z začetno hitrostjo 60–100 m/dan, ki se je v nekaj dneh zmanjšala na nekaj metrov dnevno. Napredoval je za skupnih 300 m in se ustavil na višini 380 m. Zmanjšanje količine padavin v decembru (skupna intenzivnost je do 20. 12. znašala

približno 100 mm) je vplivalo tudi na zmanjšanje intenzivnosti plazenja. Jesensko vključevanje vedno novih mas v plazenje, ki so se pri drsenju skozi zgornji kanal razmočile v blato in kopičile na območju Blatnega jezera, se je sicer zmanjšano intenzivnostjo nadaljevalo tudi čez zimo. 29. novembra je bilo opravljeno prvo aero snemanje območja.

Na območju Blatnega jezera je bilo marca 2001 nakopičenih okoli 170.000 m³ blatne mase, kar je tudi kritična masa, ki jo je bilo to območje sposobno akumulirati. Posledično je ob povečani intenzivnosti padavin dne 20. 3. 2001 prišlo do ponovnega plazenja spodnjega dela plazu. Čelo plazu je potovalo po spodnjem levem kanalu proti slapu Grajšček s hitrostjo nekaj deset metrov dnevno in 25. 4. 2001 pod slapom zaključilo svojo 330 m dolgo pot. V gornjem delu se je plaz v tem času širil navzgor in v boke, prihajalo pa je tudi do drsenja zemljin v podlagi (Ribičič, Kočevar, 2002; Kovač, Kočevar, 2000/2001; Kočevar, Ribičič 2002; Benko, 2011; Ribičič, 2002a).



Slika 32: Naravna stena, zadnja ovira drsečemu zemljišču, 30. 12. 2000

(Vir: Kovač, Kočevar, 2000/2001: str. 128)



Slika 33: Zdrs blatnih mas prek slapa Grajšček aprila 2001

(Vir: Ribičič, 2002a: str. 338)

Na celotnem plazju je bilo petnajst manjših plazov. Po zaustavitvi čela plazju je prišlo do premikanja mas znotraj plazju. Julija in avgusta 2001 je bilo opaženo zelo aktivno plazenje v spodnjem delu. Material iz črpališča je v celoti zdrsel in drsni kanal je ostal prazen. Septembra 2001 se je na vrhu plazju sprožilo dodatnih 80.000 m³ materiala, skupno pa ga je bilo v gibanju 900.000 m³. Pri tem so nastajali tudi blatni in drobirski tokovi, ki so po strugi potovali skozi Lokavec (Benko, 2011; Kočevar, Ribičič, 2002a).

Prvi ukrepi za upočasnitev in ustavitev plazenja so obsegali zajetje izvirov in nadzorovano odvajanje vode na desni strani odlomnega roba, črpanje vode iz jezera na koti 450 m, izdelava obvoda za odvajanje vode na koti 370 m, izkop kanala od jezera na koti 460 m navzdol na levi strani plazu. Uvedeni so bili tudi stalni obhodi plazu in tedenske geodetske meritve premikov posameznih točk na plazu (Kovač, Kočever, 2000/2001).

Junija in julija 2001 so bile v minimalnem okviru izvedene geološko-geomehanske raziskave, ki so obsegale terensko kartiranje, raziskovalno vrtanje (10 vrtin), *in situ* preiskave v vrtinah, geomehanske laboratorijske preiskave in kabinetno obdelavo podatkov. Geofizikalne meritve zaradi slabega seizmičnega in električnega kontrasta niso bile opravljene. Na osnovi ugotovitev naštetih raziskav je bil določen program intervencijskih sanacijskih ukrepov z namenom preprečitve vdora plazečih mas na območje Lokavca. Program ukrepov je zajemal izdelavo kamnite pregrade za ublažitev udarnega vala blatnega toka nad vasjo, interventni odvoz materiala na deponijo, izravnavo površine in zatesnitev odprtih razpok s pregrupacijo mas v območju odlomnega roba in zgornjega dela plazu, izdelavo odvodnjevalnih kanalov in drenaž predvsem v okolici odlomnega roba ter zajetje izvirov v okolici odlomnega roba in na usadu (Kočever, Ribičič, 2002).

Leta 2002 je plaz obsegal območje dolžine okoli 1300 m ter širine od 70 do 250 m (Ribičič, 2002a). Za interventni odvoz materiala, izgradnjo kamnite pregrade za zadrževanje blatnega toka ter za razširitev struge Grajščka skozi vas so tega leta začeli na vznožju plazu graditi gradbiščno cesto. Gradnja ceste je bila zaključena v letu 2003 (Benko, 2011). Za odvoz plazine na deponijo na severni strani letališča v Ajdovščini je bila razširjena cesta med Lokavcem in deponijo ter zgrajena dostopna cesta na lokacijo deponije. Z namenom, da bi zavarovali 74 objektov v naselju Lokavec in obvarovali državno cesto R3-609, je bilo v letih 2002 in 2003 iz vznožja plazu na deponijo interventno odpeljanih 260.000 m³ plazine (Majes, 2005d).

Ponovno večje aktiviranje zemeljskega plazu Slano blato se je zgodilo tudi v noči iz 28. na 29. december 2002, ko se je na plazu sprožil blatni tok višine pribl. 1–1,5 m, a se je zaustavil na novozgrajeni pregradi (320 m n. v.). Posledično je po strugi potoka Grajšček skozi vas odtekla le zgoščena blatna voda. Manjši blatni tokovi so se pojavljali na celotnem območju plazu (od avstrijske pregrade dolvodno). Zgornja vzhodna stran odlomnega roba se je razširila približno 50 m proti pobočju Čavna in premaknila pot za cca 20–30 m. Na pobočju so bile vidne tudi drsne plasti. Intenzivno premikanje plazu se je zaključilo meseca marca 2003 (Jamšek, 2011).

Na kamniti pregradi, ki lahko v akumulacijskem prostoru zadrži do 5.000 m³ materiala (Logar et al., 2005), je bila v letu 2003 izvedena zapornica za zadrževanje, umiritev sunkov in nadzorovano spuščanje blatnih tokov, ki so tekli po strugi Grajščka skozi Lokavec in ga poplavno ogrožali. Z namenom, da se skozi naselje varno prevajajo hitri blatni tokovi s plazu, je bila struga potoka Grajščka poglobljena, razširjena in obložena s kamnom na območju od hiše Rustje, ki je najbližja vznožju plazu, skozi Lokavec in do mostu na državni cesti. Ob hiši Rustje ter ob poslovnem objektu Lokavec 41a sta bila zgrajena višja in daljša varovalna armiranobetonska zidova. Od kamnite pregrade do izliva Grajščka v Lokavšček je bil z namenom povečanja prevodnosti potoka izveden posek drevja v in ob strugi. Na vplivnem območju plazu je bil vzpostavljen sistem avtomatičnega opazovanja plazu s stacionarno nameščenimi snemalnimi kamerami. Prav tako se je izvajalo redno spremljanje premikov v inklinometrih in nivojev vode ter meritve padavin in pretokov vode. Napredovanje plazu je uničilo večino inklinometrov in piezometrov. Na vrhu plazu se je izvajala začasna površinska odvodnja, globoka drenaža in oblikovanje površja, vse z namenom preprečevanja širjenja plazu, povečevanja volumna plazine in vtoka površinske vode v plazino ter nastanka blatnih tokov (Majes, 2005d).

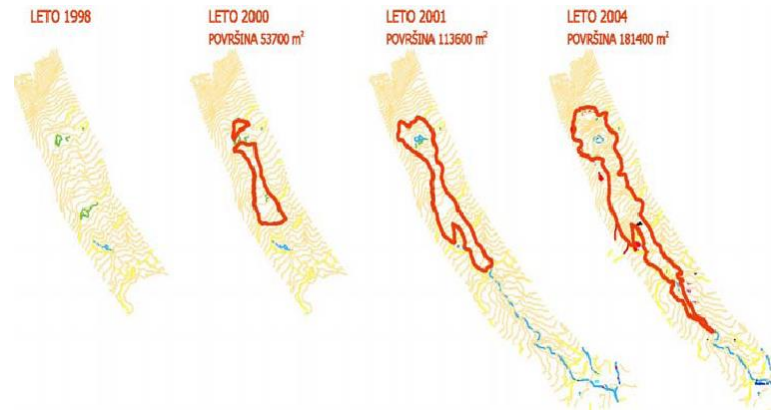


Slika 34: Kamnita pregrada za ustavitev drobirskih tokov nad vasjo Lokavec
(Vir: Logar et al., 2005: str. 450)



Slika 35: Kamnita pregrada za ustavitev drobirskih tokov nad vasjo Lokavec z zapornico
(Vir: Mikec, 2012)

Kljub izvajanju interventnih ukrepov se je območje plazu neprestano širilo. Na naslednji sliki je prikazano večanje površine plazu med leti 2000 in 2004. Prostornina plazeče mase se je iz 50.000 m³ povečala na 650.000 m³ (Majes, 2005b). Danes površina plazu meri 25 ha.

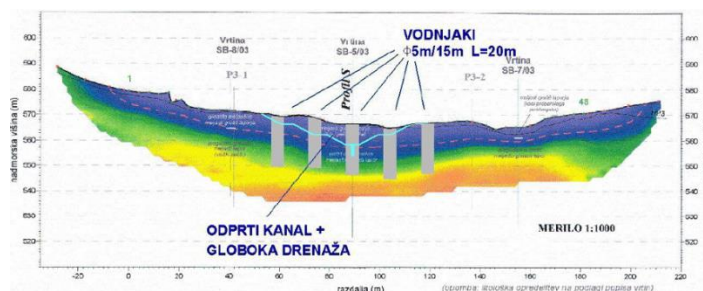


Slika 36: Širitev plazu v obdobju 2000–2004

(Vir: Majes, 2005b: str. 3)

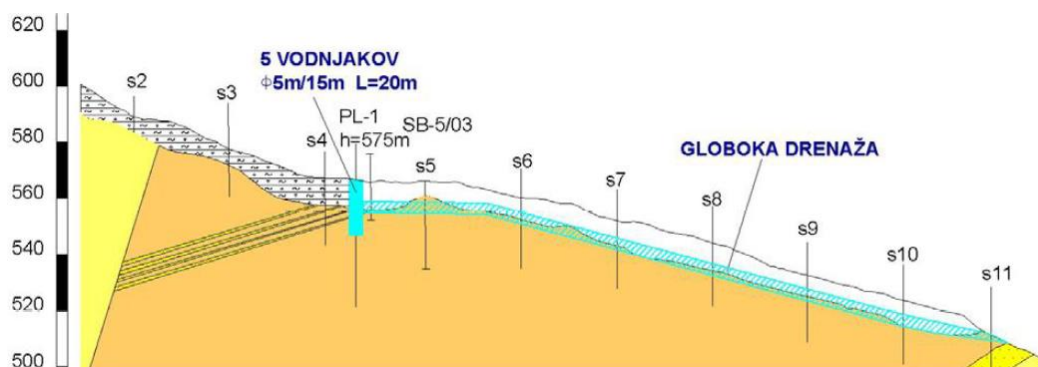
Na žarišču plazu, tj. na usadu plazu na koti 570 m n. v., so s sondažnimi raziskovalnimi vrtinami in geofizikalnimi metodami ugotovili kotanjo hribinske podlage pod 10–12 m debelo plazino (meljasti grušč laporja, gline in preperine fliša). Ob intenzivnih padavinah in ob močnih dotokih talne vode v kotanjo se je plazina na tem območju razmočila, se premaknila preko roba hribinske kotanje in začela potiskati nižje mase plazine proti vznožju plazu. Izviri talne vode pod robom hribinske kotanje so premikajoče se mase plazine dodatno omočili in spreminjali v počasni viskozni tok. Na račun mas plazine, ki so se premaknile preko hribinske kotanje, pa so se v nastali prazen prostor prožile nove mase iz bokov in vrha usada. Močni izviri na brežinah nad usadom so poslabševali stabilnostne razmere. Površinska voda, ki je na teh brežinah izvirala, je na drugih mestih nekontrolirano poniknila v plazino. Zaradi delovanja erozije so propadale prej stabilne flišne brežine in se spreminjale v razmočeno plazino (Majes, 2004).

Na podlagi analiz, študij, opazovanj gibanja plazu in prognoze nadaljnje širitve plazu Slano blato je bila konec avgusta 2004 izdelana idejna študija in inženirske skice za izvedbo petih armiranobetonskih moznikov – vodnjakov, namenjenih podpiranju in dreniranju, ter izvedbo globoke drenaže pod linijo vodnjakov.



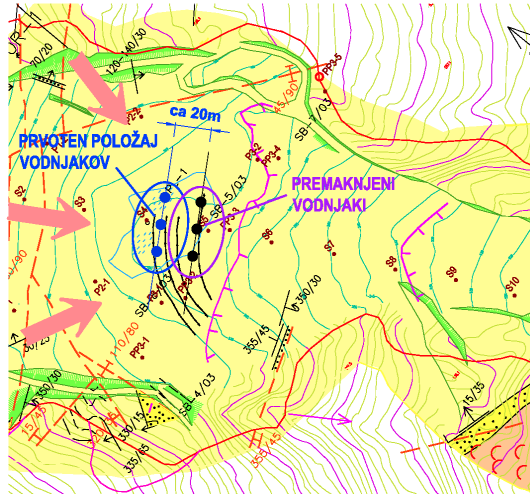
Slika 37: Prečni prerez plazu s predvidenimi ukrepi iz leta 2004

– vodnjaki in globoka drenaža (Vir: Majes, 2005a: str. 23)

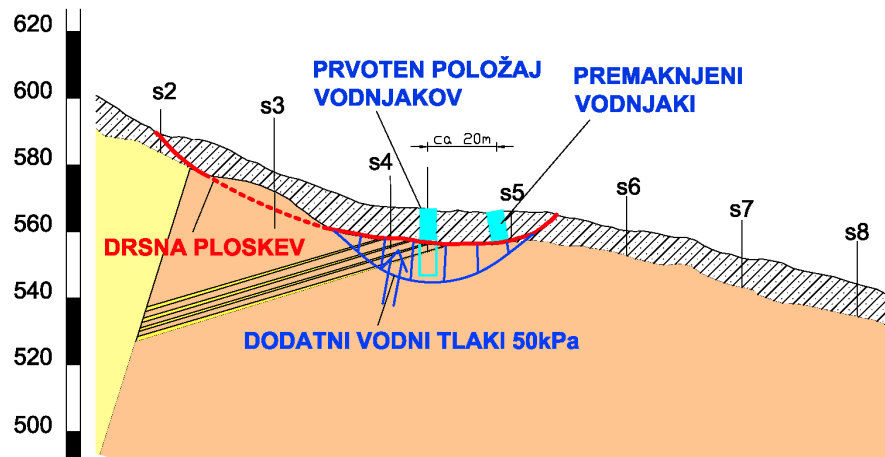


Slika 38: Vzdolžni prerez plazju s predvidenimi ukrepi iz leta 2004
– vodnjaki in globoka drenaža (Vir: Majes, 2005a: str. 23)

Oktober 2004 se je pričela gradnja treh od načrtovanih petih AB moznikov. Izkop plazine in izvedba primarne obloge moznika – vodnjaka je potekal v korakih po 1 m. Najprej se je izvedel izkop, sledila je izvedba obodne drenažne zavese iz geosintetika in intaktno betoniranje betonskega obroča (primarna obloga) vodnjaka. 29. 10. 2004 sta bila izkopana dva vodnjaka M4 in M3 do globine –9 m (do dna plazine oz. predvidenega vrha hribinske kotanje), tretji vodnjak M2 (skrajno desni, gledano po plazju navzdol) pa je bil izkopan do globine –6 m. Njegovo dno je seglo komaj do polovice plazine. Po intenzivnih padavinah v času gradnje, tj. konec oktobra 2004 in 1. novembra 2004, sta velika količina površinskih voda in močni dotoki talne vode v hribinsko kotanje pod AB vodnjake povzročila hipen premik plazju, ki se je zgodil v noči od 1. 11. na 2. 11. 2004. AB vodnjaki so se v tej noči premaknili translatorno za več kot 10 m. V torek, 2. 11. 2004, so se dopoldne začele geodetske meritve premikov vodnjakov (3-krat dnevno) in vplivne okolice. Že 6. 11. 2004 so se pomiki vodnjakov zelo zmanjšali, od 6. 11. do 16. 11. 2004 pa so bili registrirani premiki v velikosti nekaj mm. Ugotovljeno je bilo, da so se AB mozniki skupaj s plazino premaknili za približno 20 m (Majes, Pulko, Kuder, 2004).



Slika 39: Situacijski prikaz načrtovanih in premaknjenih AB moznikov – vodnjakov
(Vir: Majes, 2004: str. 2)



Slika 40: Vzdolžni prerez načrtovanih in premaknjenih AB moznikov
(Vir: Majes, 2004: str. 32)

Ugotovljeno je bilo, da so vsi trije vodnjaki tudi nagnjeni. Po terenskih izmerah je bil premik dna vodnjaka M4 večji od premika vrha vodnjaka za cca 1,10 m v vzdolžni smeri in za cca 0,2 m v prečni smeri. Premik dna vodnjaka M3 je bil večji od premika vrha vodnjaka za pribl. 0,8 m v vzdolžni smeri in za pribl. 0,4 m v prečni smeri. Skrajno desni vodnjak M2 je bil v prečni smeri tako močno deformiran, da je iz krožnega tlorisa nastal eliptičen. Primarna obloga (v povprečju 25 cm debel betonski plašč) je bila močno poškodovana in razpokana. Vodnjaka M3 in M4, ki sta bila izkopana do globine –9 m, v prečni smeri nista bila deformirana, so pa na primarni oblogi nastale lokalne lasaste razpoke.

V vse tri vodnjake so se v obdobju od 31. 10. 2004 – 6. 11. 2004 stekale izjemno velike količine podzemne vode, ki je bila ves čas iz vodnjakov tudi črpana. V tem obdobju se je gladina vode v posameznem vodnjaku od dna izkopa vodnjaka dvignila za 5 do 6 m v

dvanajstih urah. To pomeni od 98 do 118 m³ vode v posameznem vodnjaku v času 12 ur ali vodno količino 2,27 do 2,73 l/s (Majes, Pulko, Kuder, 2004).



Slika 41: Poškodbe primarne obloge vodnjaka M2

(Vir: Majes, Pulko, Kuder, 2004: str. 6)



Slika 42: Močan dotok podzemne vode v AB vodnjak

(Vir: Majes, Pulko, Kuder, 2004: str. 6)

Takoj po splazitvi so bile opravljene povratne stabilnostne analize (dokaz premika plazju in izvedenih AB moznikov – vodnjakov). Rezultati so ob upoštevanju polne zasičenosti plazine in dodatnih tlakov vode na plazino ob stiku s hribinsko podlago pokazali, da je na Slanem blatu prišlo do hipnega zdrsa. Iz primerjave količin padavin, trajanja in velikosti premikov v obdobju od novembra leta 2000 do novembra leta 2004, kar je prikazano v spodnji preglednici, je razvidno, da bi v danih naravnih pogojih sicer prišlo do plazju, vendar bi bili premiki plazju brez vodnjakov (v gradnji) bistveno večji.

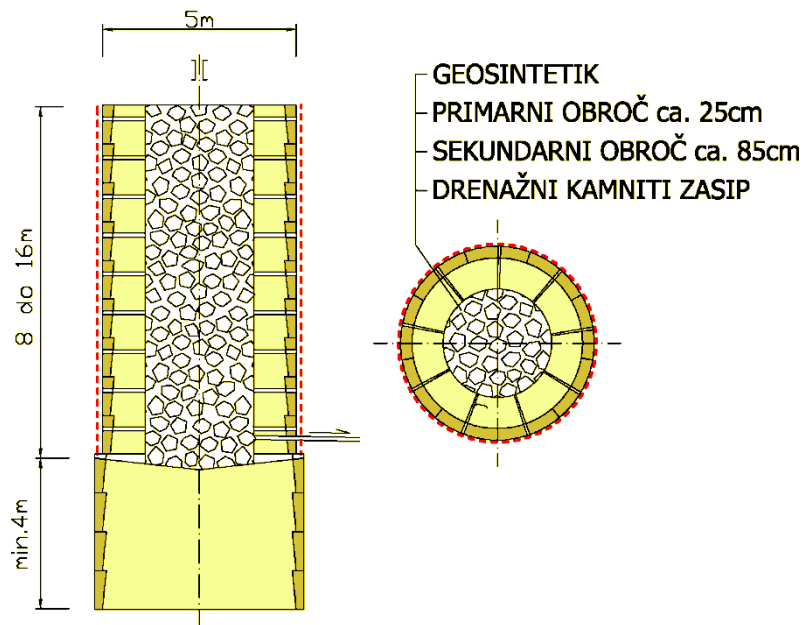
Preglednica 2: Preglednica registriranih večjih premikov na vrhu plazju v obdobju od novembra 2000 do novembra 2004 (Vir: Majes, 2005a: str. 22)

	pričetek	konec	čas premikanja (dni)	premik (m)	hitrost premikov (m/dan)	mesečne padavine	
						(l/m ²)	mesec
1	18. 11. 2000	15. 12. 2000	27	300	11,1	591	nov. 2000
2	14. 3. 2001	20. 4. 2001	37	110	3,0	334	mar. 2001
3	24. 9. 2001	10. 10. 2001	16	30	1,9	336	sept. 2001
4	10. 11. 2001	4. 12. 2001	24	70	2,9	82	nov. 2001
5	19. 11. 2002	10. 1. 2003	52	100	1,9	246	nov. 2002
6	15. 12. 2003	31. 12. 2003	16	30	1,9	241	nov. 2003
7	29. 10. 2004	16. 11. 2004	18	20	1,1	320	okt. 2004

Iz podane preglednice je razvidno sledeče:

- Pri skoraj enaki količini mesečnih padavin marca 2001, oktobra 2001 in oktobra 2004 je bil premik najmanjši leta 2004.
- Novembra leta 2001 in leta 2002 so se pri manjši mesečni količini padavin aktivirali večji premiki kot novembra leta 2004.
- Decembra 2003 so se pri 25 % nižji količini mesečnih padavin aktivirali 50 % večji premiki kot novembra 2004.

Zasnovano in začeto izvedbo AB moznikov – vodnjakov, ki je prikazana na spodnji skici, je bilo potrebno po premiku le-teh spremeniti oziroma izpopolniti.



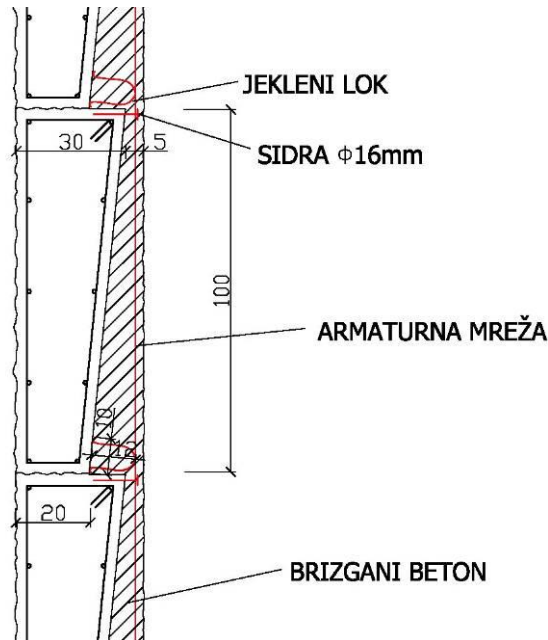
Slika 43: Vzdolžni in prečni prerez prvotno zasnovanih AB moznikov

(Vir: Majes, 2004: str. 7)

Izkop vodnjaka M2, ki je bil močno poškodovan, je bil začasno zapolnjen s kamnitim materialom. Stanje ostalih dveh vodnjakov je zahtevalo izvedbo dodatne ojačitve že izdelane primarne konstrukcije in nato nadaljnji izkop do načrtovane globine –20 m (Majes, 2004).

Prvotna primarna obloga vodnjaka je sestavljena iz armiranobetonskih obročev. Obroči so po višini spremenljive debeline – od 30 cm (zgoraj) do 20 cm (spodaj) – in višine 100 cm. Zaradi lokalnih poškodb primarne obloge devetih izvedenih obročev na vodnjakih M4 in M3 je bila predvidena njena ojačitev. Po ojačitvi devetih že izvedenih obročev se je nadaljeval izkop za izvedbo preostalih osmih obročev ter v končni fazi še 3 m debele armirano betonske temeljne plošče. V centralnem delu temeljne plošče so bile po vsej debelini plošče puščene

tri cevi $\phi = 150$ mm za kasnejšo izvedbo treh cevnih vodnjakov za razbremenjevanje morebitnih vodnih tlakov pod dnom AB moznika (Majes, Pulko, Kuder, 2004).



Slika 44: Ojačitev primarne konstrukcije AB moznika

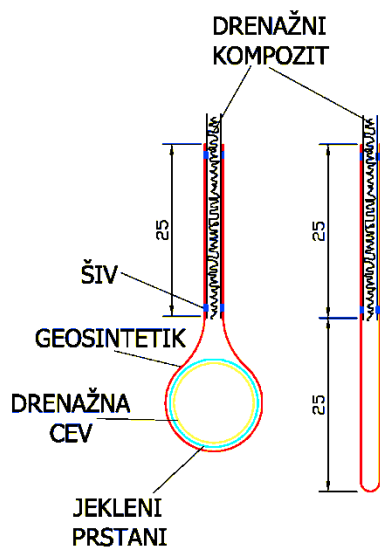
(Vir: Majes, Pulko, Kuder, 2004: str. 9)

Sekundarna obloga je bila po prvotnih načrtih prav tako sestavljena iz armiranobetonskih obročev. Obroči so bili po višini spremenljive debeline od 90 do 80 cm, tako da bi skupna debelina stene vodnjaka znašala 110 cm. Predvidena višina posameznega obroča je bila 100 cm. Zaradi spremenjenih terenskih razmer je bilo potrebno močneje armirati sekundarno oblogo. Ker je bila z ojačitvijo primarne obloge z brizganim betonom vertikalno izravnana notranja površina primarne obloge, se je sekundarna obloga izvajala v segmentih višine 3 m. Po vsej višini sekundarne obloge (in v delu temeljne plošče) vodnjaka M3 se je vgradilo cev $\phi = 150$ mm za kasnejšo izvedbo vrtnice za inklinometer.

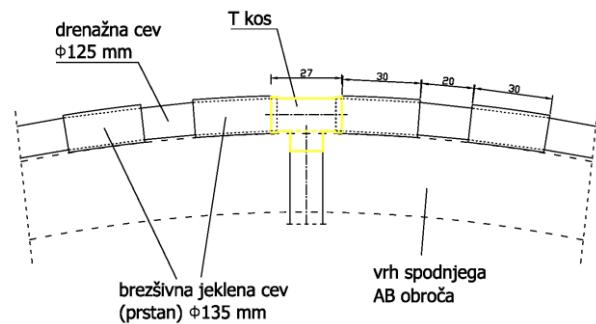
Po premikih je bilo zaradi boljše kontrole vtokov zaledne vode v notranjost vodnjaka, boljše kontrole gravitacijske odvodnje iz vodnjaka in vzdrževanja kompletne odvodnje opuščeno polnjenje prostora med sekundarno oblogo vodnjaka s kamnitim materialom, ki je bilo predvideno v prvotnih načrtih. Posledično je bilo treba predvideti tudi drugačno tehnologijo opaženja sekundarne obloge in pokrov na vrhu vodnjaka.

Za prepuščanje vode iz zaledja v AB moznike – vodnjake so le-ti na zunanji strani primarne obloge oviti z drenažnim kompozitom. Zaledna voda se preceja skozi zunanji geosintetik in se zbira v prepustnem drenažnem jedru. Na treh višinah vodnjaka je izvedena posebna

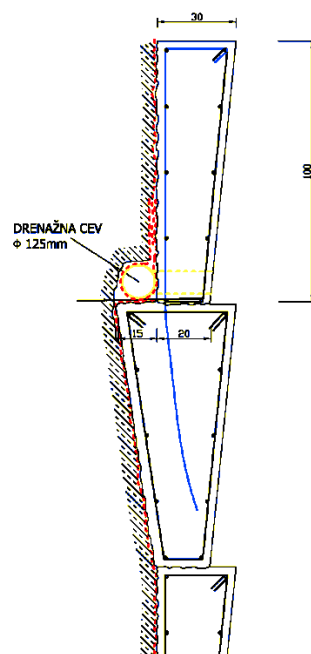
obodna drenaža z izpustom preko primarne in sekundarne obloge konstrukcije v prazno notranjost AB moznika. Drenaža iz debelostenske alkatene cevi premera $\phi = 125$ mm je podprta s spodnjim razširjenim armiranobetonskim obročem primarne obloge. Ob obodu temeljne plošče ni drenažnega kompozita, ampak je plošča intaktno betonirana na steno izkopane hribine. Zaledna voda, ki se je nabrala v vodnjaku, je bila 50 cm nad vrhom temeljne plošče gravitacijsko odvajana preko uvtane debelostenske alkatene cevi $\phi = 160$ mm v začasno površinsko odvodnjo na plazu oz. na njegov rob.



Slika 45: Prikaz obodne drenaže v prerezu
(Vir: Majes, Pulko, Kuder, 2004: str. 13)

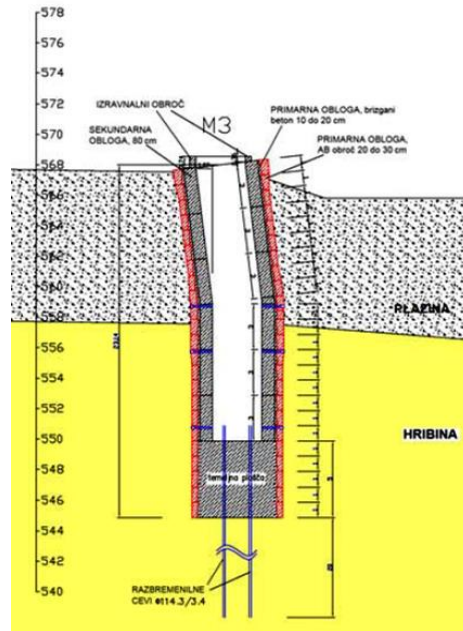


Slika 46: Prikaz obodne drenaže v tlorisu
(Vir: Majes, Pulko, Kuder, 2004: str. 13)



Slika 47: V prerezu je prikazana izvedba odvodnje iz zaledja skozi primarno oblogo: med 10. in 11. obročem, med 13. in 14. obročem ter med 17. obročem primarne obloge in temeljno ploščo vodnjaka
(Vir: Majes, Pulko, Kuder, 2004: str. 14)

Januarja 2005 sta bila vodnjaka M3 in M4 v centralnem delu plazų dokončana. Nad odlomnim robom vrhnjega dela plazų je bila v tem času izvedena obodna površinska odvodnja, površje plazų pa je bilo preoblikovano. Izviri podzemne vode so bili na površju zajeti in kontrolirano odvedeni z začasnimi zemeljskimi odvodnimi jarki (Majes, 2005b).



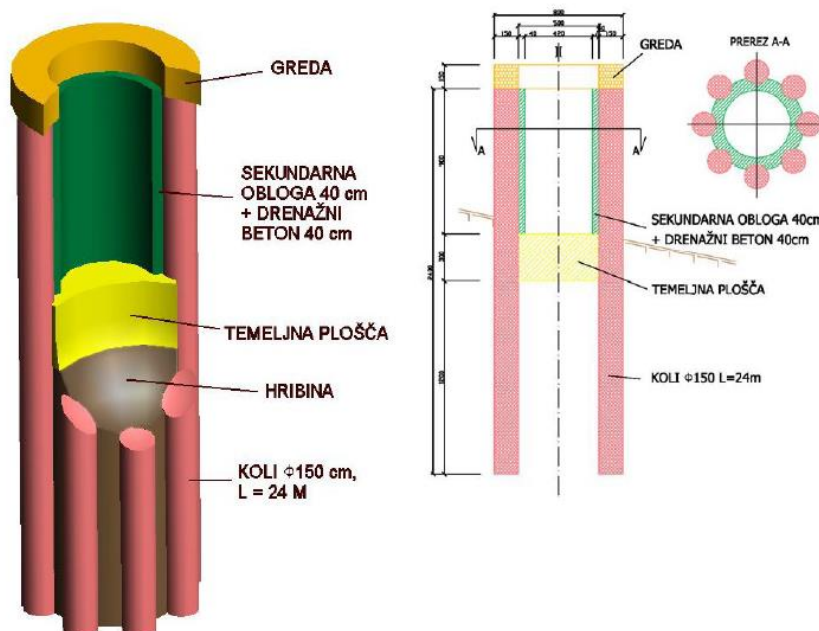
Slika 48: Končna izvedba premaknjenega vodnjaka M3

(Vir: arhivsko gradivo Strokovnega odbora za velike plazų)

Kljub do tedaj izvedenim ukrepom so bili na desnem boku plazų registrirani veliki, na levem boku plazų pa manjši premiki plazine. Obstajala je možnost, da bi material na desnem delu plazų ob prvih intenzivnejših padavinah splazel mimo izvedenih moznikov, enako pa bi se lahko zgodilo tudi na levem boku. Da bi preprečili zdrs plazine na desnem boku vrhnjega dela plazų in novo progresivno širjenje plazų navzgor in v desno, so se začeli marca 2005 na desnem boku plazų po novi tehnologiji izvajati štiri AB vodnjaki. Po tej tehnologiji je bil sočasno saniran tudi vodnjak M2 (Majes, 2005a).

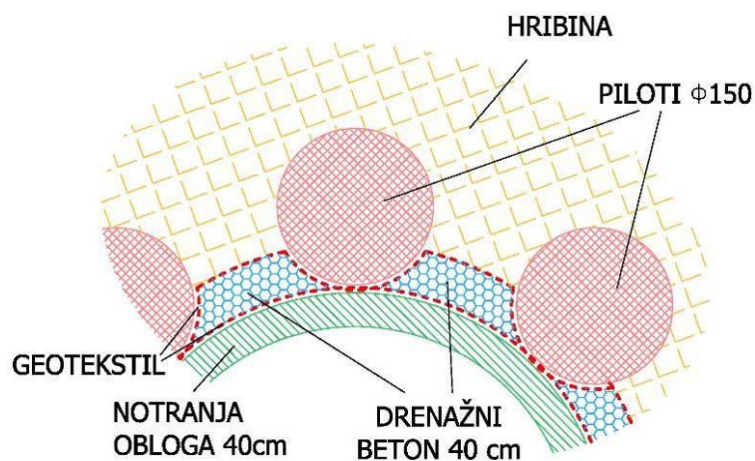
V prvi fazi se je izvedla primarna obloga moznika – vodnjaka iz osmih armiranobetonskih kolov premera 150 cm, ki so na vrhu povezani z armiranobetonsko gredo višine 2 m. Središče kolov je na krožnici s premerom 6,5 m, tako da je notranji premer primarne obloge 5 m. V drugi fazi se je med koli dolžine 24 m izvedel izkop do globine –15 m. Na tej globini je dno 3 m debele AB temeljne plošče vodnjaka. Po vsej globini izkopa med AB koli je bila v tej fazi izvedena sekundarna obloga v debelini 80 cm. Pred izvedbo sekundarne obloge je bila izvedena še odvodnja zaledne vode z drenažnim betonom. Na stiku med zemljino in drenažnim betonom ter na stiku med drenažnim betonom in sekundarno oblogo je položen

filtrski geosintetik. Za iztok zaledne vode iz drenažnega betona skozi sekundarno oblogo slušijo PVC cevi premera 100 mm.



Slika 49: Prostorski prikaz AB moznika, prečni prevez in tloris

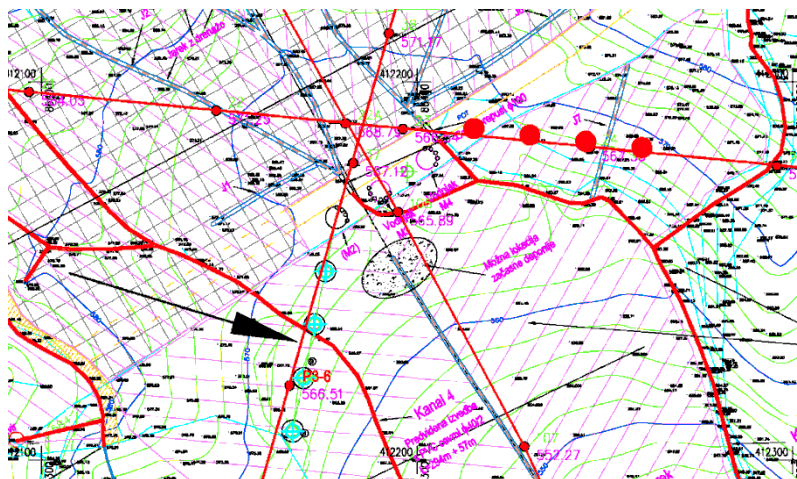
(Vir: Majes, 2005a: str. 27)



Slika 50: Sekundarna obloga moznika in drenažni beton za odvodnjo zaledne vode

(Vir: Majes, 2005a: str. 27)

Ker so bili premiki zemljine zabelešeni tudi na levem boku plazų, je bila predlagana izvedba še štirih vodnjakov na severovzhodni strani.



Slika 51: Situacija centralnega dela plazu s prvimi izvedenimi vodnjaki (bela barva), v drugi fazi izvedenimi štirimi vodnjaki na desnem boku v modri barvi in rdeče obarvanimi vodnjaki na levem boku, ki so bili izvedeni v zadnji fazi.
(Vir: Majes, 2005b: str. 4)

Izvedba vseh devetih vodnjakov, izdelanih po novi tehnologiji, je bila dokončana leta 2007. Naloga vodnjakov je preprečevanje širjenja plazu navzgor in v boke ter zniževanje vodnih tlakov v okoliški plazini. Vsi vodnjaki so na dnu med seboj povezani s kanalizacijsko cevjo $\phi = 160$ mm, tako da se vsa zbrana voda zbira v vodnjaku M3. Iz slednjega pa je z uvrtno kanalizacijsko cevjo izvedena gravitacijska odvodnja, ki se priključi na osrednji odvodni kanal.

V marcu 2005 je bila od izvedenih AB moznikov pa do stare avstrijske pregrade po srednjem delu plazu na globini 4,5 m pod glavnim odvodnim jarkom izvedena globoka drenaža. Iztok drenaže je izveden skozi ojačano staro avstrijsko pregrado.



Slika 52: Sanacija stare avstrijske pregrade
(Vir: arhivsko gradivo Stokovnega odbora za velike plazove)



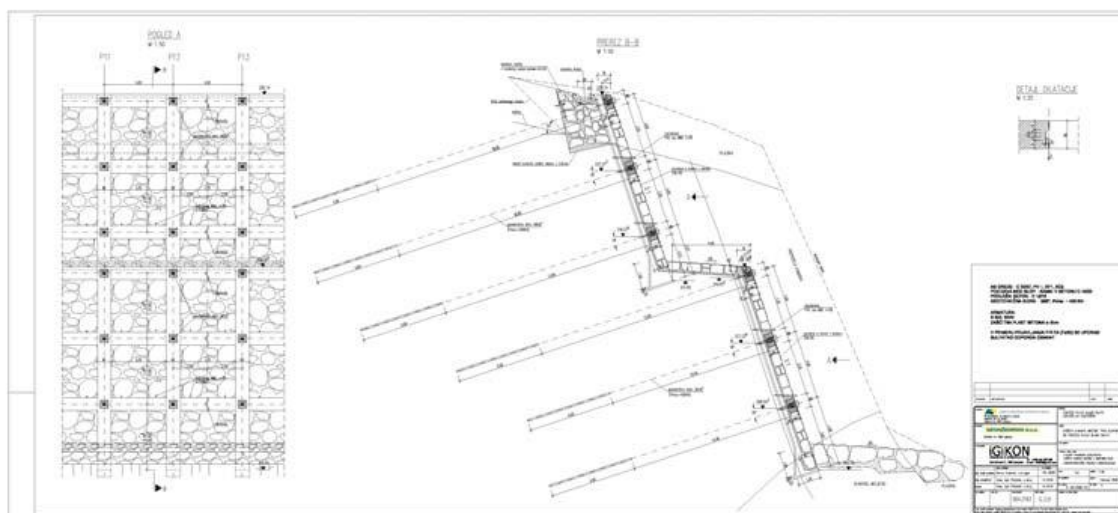
Slika 53: Stara avstrijska pregrada danes
(Vir: Mikec, 2011)

Na nadmorski višini okoli 300 m je pod platojem, do katerega je izvedena gradbiščna cesta, 12 m visoka strma kamnita brežina – slap Grajšček. Prek te brežine je tekla glavna površinske vode s plazišča. Prek slapu je v letih 2001–2003 zdrselo okoli 260.000 m³ plazine. Da bi se preprečilo lomljenje, lokalni zdrsi, preperevanje in destrukcija strme kamnite brežine, ki podpira vznožje plazu Slano blato, je bila leta 2005 predvidena njena stabilizacija in zaščita (Majes, 2005c). Pozidavo naravnega slapu na Grajščku so začeli in v obsegu 50 % predvidenih del zgradili v letu 2009.



Slika 54: Pogled na čelo strme razpokane kamnite brežine – slap Grajšček pred sanacijo
(Vir: Majes, 2005c: str. 4)

Strma kamnita brežina je ojačana z armiranobetonskimi slopi in vodoravnimi armiranobetonskimi gredmi. Na mestu stikov vertikalnih slopov in vodoravnih gred je oporna konstrukcija še sidrana s trajnimi geotehničnimi sidri. Vmesni prostor med slopi in vodoravnimi gredami je pozidan s kamnito oblogo. Oporna konstrukcija je načrtovana tako, da bo na njeni levi (severovzhodni) strani izvedena tudi hrapava drčja ali kaskadni preliv za kontrolirano prelivanje zbrane površinske vode iz plazov prek konstrukcije v potok Grajšček.



Slika 55: Karakteristični prečni prerez načrtovane podporne konstrukcije
(Vir: arhivsko gradivo Strokovnega odbora za velike plazove)

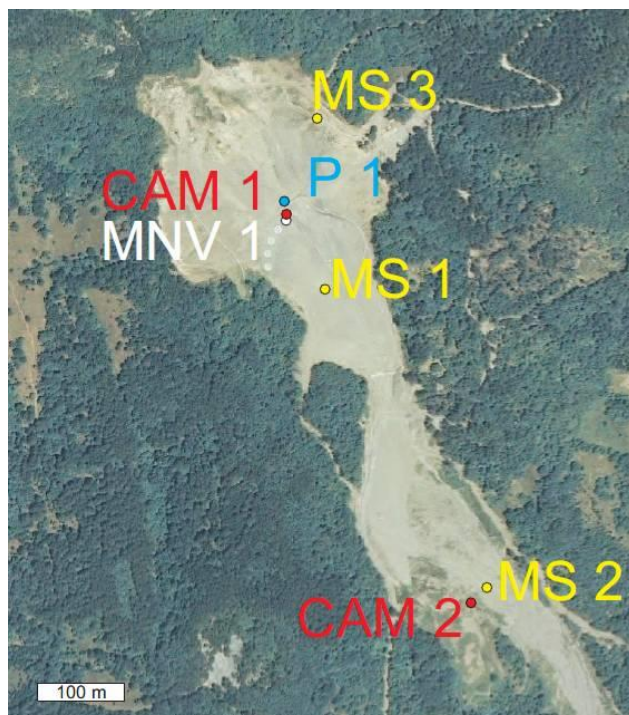


Slika 56: Delno izvedena podporna konstrukcija pod slapom
(Vir: Mikec, 2011)

Leta 2004 je bil vzpostavljen sistem za spremljanje plazu z video nadzornim sistemom in vremensko postajo z merilniki padavin. Postopoma se je nato do leta 2008 vzpostavil še sistem merjenja sukcije in pornih tlakov v plazu ter nihanja vode v vodnjakih. Na plazu Slano blato je trenutno vzpostavljen najbolj celovit in napreden nadzor nad dogajanjem na plazu v Sloveniji:

- Stanje površine plazu je nadzirano z video nadzorom, ki se izvaja prek treh kamer. Kamere so prirejene tako, da dnevno in v določenem času posnamejo točno določeno področje plazu. S kombiniranjem posnetkov je mogoče dobiti podatke o kumulativi in značaju premikov v določenem času na določenem mestu plazu.
- V okviru vremenskih podatkov se meri temperaturo, količino padavin, sončno sevanje in hitrost vetra, kar omogoča izračun izhlapevanja na površini.
- Stanje zemljine na plazu, ki je zelo občutljiva na vlago in se pri določeni vlagi spreminja v blatni tok, se meri z merilniki sukcije in temperature v vplivni globini pojavljanja blatnih tokov.
- Z merjenjem pornih tlakov z nivojskimi merilniki in z avtomatskim merjenjem gladine vode v vodnjakih so merjeni odzivi vodnjakov in tal na padavine na lokaciji plazu in na padavine na Trnovski planoti.
- Z merjenjem pomikov se spremlja gibanje plazu, ki ga s klasičnimi piezometri in inklinometri ni možno spremljati, ker so premiki plazu preveliki in so vrtine prestrižene že v nekaj tednih ali mesecih.

Vsi izmerjeni podatki so dnevno dostopni prek spleta (Benko, 2011).



Slika 57: Lokacije merskih mest na plazu
MS – merilnik sukcije, CAM – nadzorna
kamera, P1 – merilec pornih tlakov, MNV –
merilnik gladine vode v vodnjakih
(Vir: Maček in sod., 2011)

Od leta 2009 dalje se na plazuz Slano blato izvaja samo monitoring plazuz, georadarske raziskave odlomnega roba plazuz in redka vzdrževalna dela. Od leta 2009 se je nad vodnjaki sprožilo še okrog 80.000 m³ materiala, ki ga vodnjaki uspešno zadržujejo. Odlomni rob se je dodatno premaknil še za 50 m višje proti severu. Za sanacijo plazuz Slano blato je bilo sedaj porabljenih več kot 8 milijonov evrov (Benko, 2011). Ta sredstva je predpisoval Zakon o ukrepih za odpravo posledic plazuz Stože v Občini Bovec in plazuz večjega obsega, nastalih na območju Republike Slovenije po 15. oktobru 2000 ter kasneje Zakon o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazuz večjega obsega iz let 2000 in 2001, ki je prenehal veljati leta 2010. Konec leta 2012 je bil zakon podaljšan in s tem je bilo določeno financiranje sanacije iz državnega proračuna tudi v letih od 2013 do 2020.

V januarju 2011 so bile na območju plazuz ponovno izvedene geofizikalne raziskave, da bi ugotovili mehansko stanje in debelino pretrte flišne kamnine na območju nad obstoječimi vodnjaki. Reinterpretirani so bili tudi profili iz preteklih raziskav na tem območju, tj. iz let 2003, 2004 in 2005 (priloga C3). Ugotovljeno je bilo, da novejša profila (P1/2011, P2/2011) kažeta na močno pretrto in preperelo flišno zemljino vsaj do globine 10 oz. 15 m. Podlaga je na tem delu sprva pretrta in preperela, globina do seizmično kompaktnejše podlage (hitrosti nad 3000 m/s) pa je lahko do 30 m. Reinterpretacija starejših seizmičnih profilov je pokazala, da se debelina močno pretrtega in preperelega fliša (hitrosti pod 2500 m/s) povečuje v smeri proti obstoječim vodnjakom (stanje pred letom 2006). V zgornjem delu oziroma nad zgornjim robom plazuz je hitrost podlage v globini do 20 m razmeroma visoka, kar pomeni, da je njena sestava še relativno trdna, vendar se znajo hitrostne razmere pod vplivom podzemne vode močno spremeniti (Stopar, 2011).

Konec leta 2011 in v začetku leta 2012 je bil v sklopu nujnih vzdrževalnih del odstranjen mulj, ki se je v daljšem časovnem obdobju nabral v vodnjakih, očiščena je bila tudi zamašena globoka drenaža pod obročem vodnjakov (Slano blato, 2012). Na desni strani nad vodnjaki je bil nasut kamnit material, ki preprečuje spiranje blata in peska zahodne brežine v vodnjake. Na delu med vodnjaki in staro avstrijsko pregrado ter na zahodni brežini nad vodnjaki so bile zasajene sadike črne jelše. Preostali del plazuz je popolnoma razkrit.



Slika 58: Kamnit material, ki preprečuje spiranje blata iz zahodne brežine v vodnjake
(Vir: Mikec, 2012)



Slika 59: Mlade črne jelše nad vodnjaki
(Vir: Mikec, 2012)

4.3 Površinska odvodnja plazu Slano blato

Prvotno načrtovana odvodnja je bila razdeljena na obodno odvodnjo in jarke na površini plazu. Njen namen je bil predvsem ta, da bi z zajetjem izvirov in zbiranjem površinske vode preprečili zamakanje žarišča plazu, tj. območja med odlomnim robom in linijo vodnjakov. Zbrano vodo se je kontrolirano odvajalo preko plazu na njegove robove. Obodna odvodnja nad odlomnimi robovi, ki je zajemala površinske vode, ni bila fiksno vkopana v tla, zato jo je bilo ob premikih plazu možno popravljati. Pod linijo vodnjakov se je obodna odvodnja na levi

strani plazu nadaljevala z izvedbo zemeljskega jarka, na desnem robu pa je bila voda odvajana po strugi zahodnega izvirnega kraka Grajščka. Za zajem vode iz brežin na usadu so bili izvedeni zemeljski jarki s cevnimi drenažami pod njimi. Del zbranih vod je bil odvajan v levi obrobni jarek, del pa proti izviru Jevščka. Kasneje je bil večji del vod preusmerjen na sredinski odvodni jarek (med linijo vodnjakov in staro avstrijsko pregrado), ki se steka v obcestni jarek, in nato v staro strugo Grajščka. Na srednjem in spodnjem delu plazu so bili poleg obodne odvodnje izvedeni še zemeljski jarki za odvod stoječe vode s plazu.

Skica prvotno načrtovane odvodnje je prikazana v poglavju 5.4.

4.3.1 Stanje obstoječe površinske odvodnje

Obodna površinska odvodnja iz polovičnih cevi $\phi = 40/2$ cm na vrhu plazu (območje 1), ki je bila načrtovana kot začasen ukrep, je še vedno v prvotni izvedbi, vendar zaradi nevdzdrževanja večinoma ne služi svojemu namenu. Polovične cevi na vzhodni terasi (kanal 3b) so poškodovane in prestavljene, zaradi česar ne zajemajo izvirnih ter površinskih voda.



Sliki 60 in 61: Prestavljene in poškodovane polovične cevi kanala 3

(Vir: Mikec, 2012)

Na vrhu plazu so delujoči trije izviri, ki se priključijo kanalu 3a, po katerem voda teče tudi v sušnem obdobju. Ponekod so cevi delno zapolnjene z listjem in kamnitim materialom. Kanal 3a poteka po vzhodni strani, prečka glavno dostopno pot skozi delno zamašen betonski prepust $\phi = 100$ cm in se nadaljuje v polovičnih ceveh mimo vodnjakov. Kanal je ob najbolj

vzhodnem vodnjaku prekinjen. Posledica tega je, da voda na tej lokaciji zamaka brežino, namesto da bi se stekala v jarek (kanal 2). Da je zemljina na tej lokaciji dodatno omočena, je moč opaziti tudi po okoliškem mladem rastlinju in dolvodni cevi, ki je popolnoma čista in brez sledi vode. Kanal 2, ki je obložen s kamnom, odvaja vode, zbrane na levem prepustu (prepust 2) nad linijo vodnjakov. Kanal 2 poteka po levemu robu plazu ter se nato steka proti sredini plazu v glavni odvodni jarek. Ob levem robu se vzdolž plazu nadaljuje obodni jarek, ki se pred staro avstrijsko pregrado prav tako priključi glavnemu jarku. Nadaljevanje starega obodnega jarka je še vedno vidno na levi brežini pod staro avstrijsko pregrado.

Na severozahodni strani plazu je splazela zemljina prekinila zgornjo dostopno (gozdno) pot in premaknila polovične cevi, ki so zajemale izvire in odvajale vodo v jarek (s kamnito oblogo) J1. Tako so nekatere cevi zasute pod splazelim materialom, druge pa so poškodovane in "zabetonirane" z zaglinjenim pobočnim gruščem.

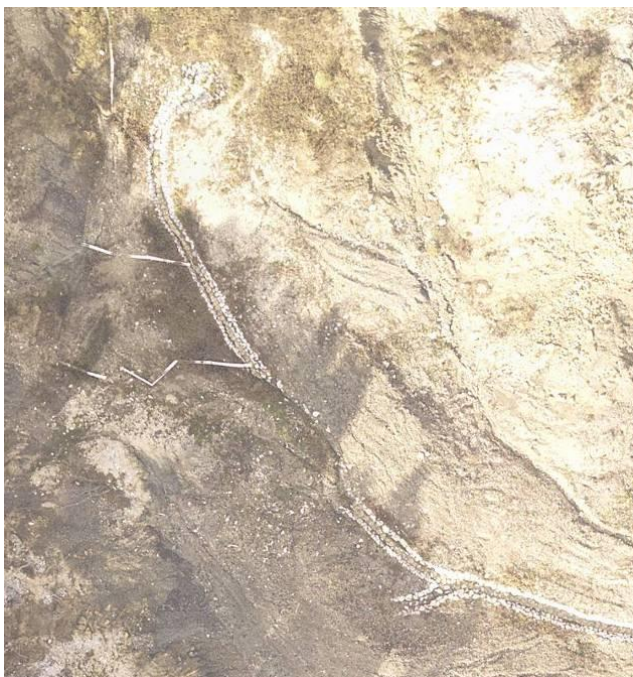
Nad zahodno brežino se v zemljini pojavljajo nove razpoke, ki kažejo na širjenje območja plazenja. Tudi cevi, ki so zajemale izvorno vodo pod zahodno brežino, so premaknjene in poškodovane. Pojavljajo se novi izviri, ki zamakajo zemljino. Zaradi preteklih splazitev je v dolžini 20 m poškodovan oziroma zasut tudi jarek J1.



Slika 62 (levo): Prestavljene in poškodovane cevi pod zahodno brežino
(Vir: Mikec, 2012)



Slika 63 (desno): Izvir vode, ki zamaka zemljino pod zahodno brežino
(Vir: Mikec, 2012)



Slika 64 (levo): Zaradi splazitev zasut jarek J1
(Vir: Mikec, 2012)



Slika 65 (desno): Poškodovana in razmočena zahodna brežina
(Vir: Mikec, 2012)

Zahodna brežina je v dokaj slabem stanju, saj je popolnoma razkrita, njeno preperevanje pa še pospešujejo izviri, ki se pojavljajo na njej, ter meteorna voda. Pod brežino je manjši zemeljski jarek, ki zajeto vodo odvaja v grapo zahodnega izvirnega kraka Grajščka. Poleg jarka je položena polovična cev (kanal 1), ki pa je popolnoma suha in mestoma zapolnjena s kamnitim materialom.

V osrednjem delu, nad vodnjaki, so štiri zemeljski jarki (J2, J3, J4, J5), ki pa so zaradi premikov plazine večinoma že izgubili svojo obliko. Pod jarki so na globini 2,5–3 m vgrajene cevne drenaže $\phi = 40$ cm, ki osušujejo zemljino. Jarki in drenaže se združijo nad gradbiščno potjo, zbrana voda pa se skozi betonska prepusta pod gradbiščno potjo odvaja mimo linije vodnjakov v glavni odvodni jarek in kanal 2. Drenaži J2 in J3, ki sta speljani v desni prepust (prep. 3), sta na iztočnem delu zamašeni.



Slika 66: Zamašena izpusta drenaž J2 in J3 (Vir: Mikec, 2012)

Vode iz glavnega odvodnega jarka in pod njim vkopane globoke drenaže, ki se zberejo pod staro avstrijsko pregrado, so po obcestnem jarku (nadaljevanje glavnega jarka) ob desnem robu plazu speljane v smeri Stomaža. Jarek je obložen s kamnom v betonu, a je na več mestih poškodovan, voda pa si zraven jarka ustvarja novo strugo ter mestoma izpodjeda dostopno pot. Vanj se stekajo tudi vode, ki pritečejo po grapi zahodnega izvirnega kraka Grajščka. Preden jarek prečka pot skozi trapezni prepust in teče v staro neurejeno strugo Grajščka, se od njega odcepi krak, ki manjši del vod odvaja proti izviru Jevščka. Voda po stari strugi teče v dolžini pribl. 250 m, od tu dalje pa po urejeni strugi (groba kamnita obloga). Tu se na urejeno strugo priključita še dva zemeljska jarka, ki odvajata meteorne vode z osrednjega dela plazu. Območje urejene struge se zaključi na mestu, kjer le-ta prečka gradbiščno pot, to je nad slapom, voda pa si naprej utira pot ob desni strani slapu. Nove sekundarne splazitve na desnem boku slapu ter močno erozijsko delovanje vode dolvodno od premostitve širijo in poglobljajo strugo. Posledica tega je porušena betonska brv.



Slika 67 (levo): Poškodovan obcestni jarek na desnem boku plazu, dolvodno od stare avstrijske pregrade
(Vir: Mikec, 2013)



Slika 68 (desno): Zaradi regresivne erozije porušena betonska brv in del ureditve Grajščka nad slapom
(Vir: Mikec, 2013)

Prepust pod gradbiščno cesto na levem boku pred staro avstrijsko pregrado je popolnoma zamašen. Prepust se na dolvodni strani poti nadaljuje v levi obrobni zemeljski jarek. Jarek, ki je bil v preteklosti oblikovan v sklopu obodne odvodnje, zajema in odvaja meteorne vode z levega boka plazu (gozd), ki se nato stekajo v večjo grapo. Na območje plazu se jarek ponovno vrne šele nad slapom, preko katerega se vode prelivajo v strugo Grajščka.

Južno od stare avstrijske pregrade po sredini plazu potekajo zemeljski jarki, ki zbirajo in odvajajo meteorno vodo s telesa plazu proti slapu. Globine jarkov na položnejših območjih merijo od 0,5 m do 1 m. Na strmejših delih z naklonom do 38 % (21°) pa zaradi vodne erozije jarki dosežejo globino do 2,5 m. Nad slapom se zbrane vode nekontrolirano prelivajo preko poti in se nato ob levem boku zaščitne konstrukcije slapu stekajo proti strugi Grajščka. Ker prelivanje preko slapu še ni urejeno, voda erodira območje med podporno konstrukcijo slapu in še stabilnim levim bokom.

Vsi kanali obstoječe površinske odvodnje so situacijsko prikazani na prilogi A1.

4.4 Sekundarni plazovi

Nove sekundarne splazitve so se pojavile na prehodih med območji 3.1 in 3.2, 3.2 in 4 ter na območju 4. Obsegi vseh teh labilnih območij so prikazani na prilogi A1.

Pod slapom, tj. na območju 4, desni breg na dolžini več kot 100 m plazi v strugo Grajščka. Opazno je izrazito propadanje flišne kamnine in odlomni robovi, ki se širijo proti zahodu. Nov plaz je viden tudi malce višje, na desnem boku oporne konstrukcije slapu. Na levem bregu Grajščka je že dalj časa evidentiran Taščin plaz. To je 0,02 km² veliko labilno območje, ki gravitira proti obstoječi gradbiščni cesti.



Slika 69: Plazenje desnega brega pod slapom, tj. na območju 4
(Vir: Mikec, 2013)

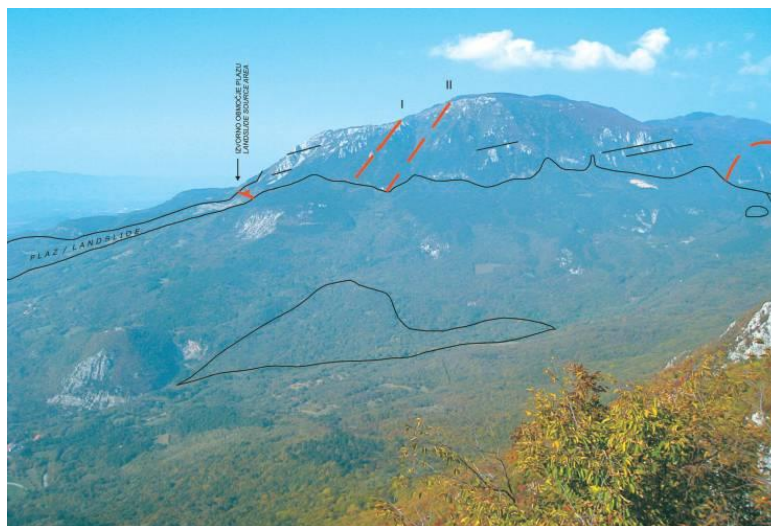
Material z grebena na območju 3.1 plazi v smeri stare struge Grajščka. Opazni so odlomni robovi, ki se širijo proti severu. Površina je posledično grudasto oblikovana.



Slika 70: Prve značilne oblike ob pojavu plazenja, ki jih lahko opazimo na grebenu na območju 3.1
(Vir: Mikec, 2013)

4.5 Geološke razmere na plazju Slano blato

4.5.1 Strukturni pogled na plaz

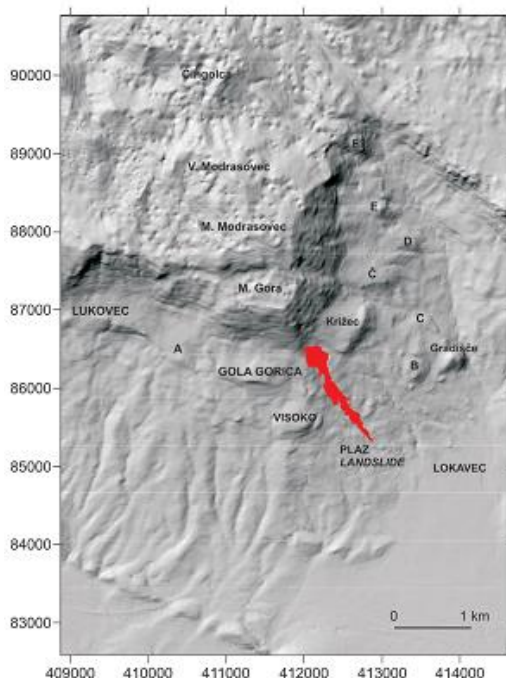


Slika 71: Pogled na plaz in njegovo zaledje z vidno mejo Trnovskega pokrova
Fotografija je posneta iz Otlškega maja. (Vir: Placer, Jež, Atanackov, 2008: str. 233)

Širše območje plazju gradi dobro prepustni triasni apnenec in dolomit, eocenske flišne plasti ter kvartarni pobočni grušč (Fifer Bizjak, Ribičič, 2004). V tektonskem pogledu leži ozemlje plazju na meji med karbonatnim pokrovom Trnovskega gozda in flišnimi plastmi goriško–

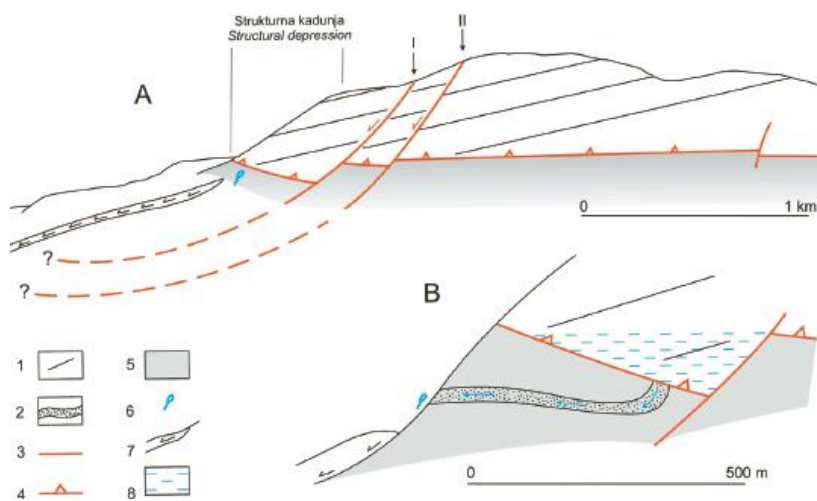
vipavskega sinklinorija (Kočevar, Ribičič, 2002). Nariv Trnovskega gozda je nastal iz polegla velike gube, ki je bila na vzhodnem delu pretrgana in narinjena proti jugu (osnovna geol. karta SFRJ, cit. po Kmetec, 2002). Narivni rob karbonatnih kamnin na flišne plasti poteka na višini okrog 660 m in predstavlja severno mejo goriško–vipavskega sinklinorija (Kmetec, 2002), zaradi slabe prepustnosti fliša pa obenem tudi hidrogeološko pregrado. Kraški vodonosnik se tako prazni skozi izvire ob narivnem robu. Tak položaj kamnin, ki je posledica tektonskega delovanja, predstavlja enega izmed glavnih vzrokov za nastanek plazu. Pri narivanju Trnovskega pokrova so bile predvsem mehkejšje flišne serije močno pretрте, teren naluskan, trše karbonatne kamnine Trnovskega gozda pa razpokane ter prelomljene, kar povzroča večjo infiltracijo vode (Pavlič, 2005), v povezavi s tem pa tudi večjo intenzivnost preperevanja predvsem flišnih plasti.

V letu 2008 so Placer, Jež in Atanackov na osnovi podrobnega kartiranja terena in računalniške obdelave digitalnega modela reliefa (DMR) ugotovili, da je v preteklosti v zaledju plazu Slano blato prišlo do gravitacijskega zdrsra velikega bloka apnenca – Male gore – približnih dimenzij: dolžina 1400 m, širina 1000 m in višina 350 m. Blok je gravitacijsko zdrsnil za okoli 300 m navzdol in se pri tem nagnil proti pobočju. Ker so v podlagi apnenčastega bloka porušene flišne plasti, je podlaga zaradi gravitacijskega zdrsra verjetno dobila konkavno obliko, ki predstavlja zaporno strukturo za zadrževanje podzemne vode. Voda počasi izteka iz strukturne kadunje skozi pretрт in prepusten flišni peščenjak ter po lezikah in razpokah napaja razrahljane flišne plasti. Na ta način bi lahko pojasnili stalno mezenje vode na tem območju, tudi v času dolgotrajnih suš.



Slika 72: Digitalni model reliefa

(Vir: Placer, Jež, Atanackov, 2008: str. 231)



Slika 73: **A:** Shematski geološki profil preko Velikega Modrasovca in Male Gore po fotografiji na sl. 66. **B:** Detajl strukturne kadunje:

1. lezika v mezozojskih karbonatih; 2. eocenski apneni peščenjak; 3. plazina (zdrsna ploskev); 4. meja Trnovskega pokrova; 5. eocenski fliš; 6. solzila; 7. plaz; 8. strukturno zajetje. (Vir: Placer, Jež, Atanackov, 2008: str. 233)

4.5.2 Geologija ožjega območja

Plasti triasnega apnenca v ožjem območju plazu ležijo nad zgornjim robom nad 670 m n. v. in so narinjene na debelejšo plast peščenjaka, ki pripada flišnim plastem. Za flišne plasti, ki so sestavljene iz večjega števila različnih kamnin, je značilno ritmično menjavanje plasti in luskasta zgradba. Najpogostejša predstavnika sta lapor in peščenjak, katerih debelina se stalno spreminja, občasno pa se jima pridružijo še konglomerati, breče, lapornati apnenci in laporovci (Kmetec, 2002). V flišnih plasteh Slanega blata, ki ležijo od kote 670 m n. v. pa vse do dna doline, prevladuje lapor s tanjšimi ali debelejšimi plastmi peščenjaka. Mestoma se pojavijo tudi samostojnejše, več metrov debele plasti peščenjaka, ki oblikujejo značilne stopnje v terenu. Najizrazitejša stopnja se pojavi v spodnjem delu plazu, kjer se ob več kot 10 m visokem slapu Grajšček glavčina plazu tudi zaključuje (Fifer Bizjak, Ribičič, 2004).

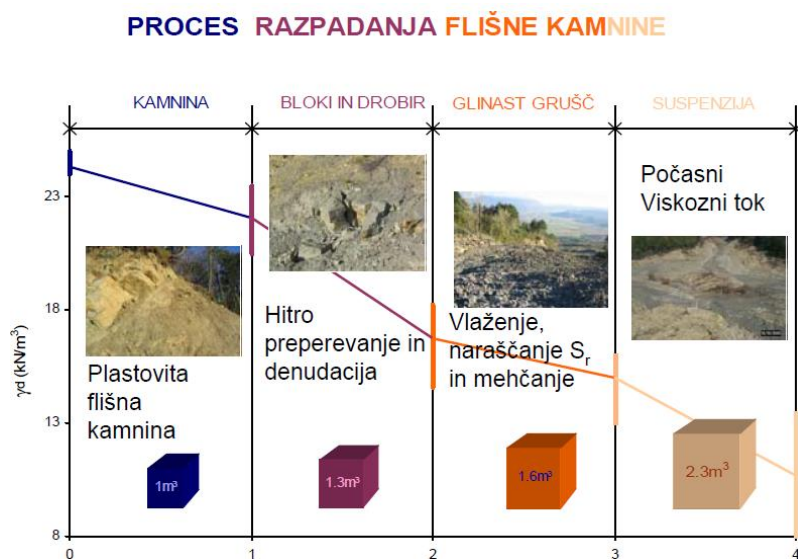
4.5.2.1 Podrobnejši geološki opis

Območje nad odlomnim robom plazu in boke plazu gradi meljasto glinasti grušč rjave barve s samicami belega apnenca. Iz vrtin, izvrtanih nad odlomnim robom, je razvidno, da je globina meljastega gruščca od 3,5 m do 4 m. V nekaterih vrtinah pa se je pokazalo, da se pod plastmi sivega pretretega laporja zopet pojavlja meljasti grušč rjave barve in seže tudi do globine 12 m. To kaže, da se je to območje v preteklosti že premikalo in da so flišne plasti kot blok zdrsele preko rjavega gruščca.

Osnovno hribinsko podlago predstavljajo glinasto meljasti lapor in masivni peščenjak ter zdrobljen peščen laporovec in peščenjak.

Splazeli material je zelo heterogen. Tvori ga pobočni rjavi grušč s kosi belega apnenca in v meljasto glinasti grušč spremenjen fliš sive barve. V grušču so tudi kosi rjavega preperelega peščenjaka, sivoga peščenjaka in sivoga laporovca. Grušč je rahel do zelo gost. Del plazine predstavlja še zaglinjen, zbit in pretrt material fliša. Med vrtnanjem je bil v teh plasteh na različnih globinah opazen tudi dotok vode. Z vrtninami v ožjem območju plazu je bila ugotovljena debelina splazele mase med 3 in 8 m. V povprečju so geofizikalne preiskave pokazale nekoliko globljo mejo. Material plazine je slabo prepusten, kar je neugodno za dreniranje, saj se voda daljši čas zadržuje v plazini in jo ohranja v židkem oz. polžidkem stanju (Fifer Bizjak, Ribičič, 2004). Konsistenčno stanje materialov na površini se sicer spreminja v odvisnosti od padavin. Po intenzivnem deževju je masa popolnoma židka, v sušnem obdobju pa se na površini ustvari trdna skorja, ki prenese gibanje gradbene mehanizacije (Kočevar, Ribičič, 2002).

Raziskave so pokazale, da je poglavitni vzrok za sprožitev plazenja dotok meteorne in podzemne vode v plazino ter napajanje plazu iz površinskih izvirov (0,5 l/s do 5 l/s) (Pavlič, 2005). Razgaljen fliš se hitro mehča in razpada, zaradi česar se nad trdno flišno podlago kontinuirano debeli plast v glino preperelega fliša (Maček in sod., 2011). Ugotovljeno je bilo, da se flišna kamnina s suho prostorninsko težo $\gamma_D = 26 \text{ kN/m}^3$ spremeni v blato s prostorninsko težo $\gamma_D = 10$ do 12 kN/m^3 , kar pomeni, da iz 1 m^3 stabilnega materiala na vrhu plazu nastane 2,2 do $2,6 \text{ m}^3$ plazine (Majes, 2005d).



Slika 74: Denudacija fliša in volumske spremembe
(Vir: arhivsko gradivo Stokovnega odbora za velike plazove)

Inklinometri so nakazovali, da se v zgornjem delu plazu oblikujeta drsni ploskvi. Prva se nahaja na globini pribl. 5 m na stiku preperelega fliša (grušča) in tektonsko predrobljenega fliša, druga pa znotraj flišne hribine na kontaktu pretrtega laporja in peščenjaka. V blatnem toku se gibljejo površinske plasti v debelini nekaj metrov (Maček in sod., 2011).

5 PREDLOG ZA NADALJNJO SANACIJO PLAZU SLANO BLATO

V tem delu diplomske naloge, ki predstavlja nadgradnjo Idejne zasnove sanacije plazu Slano blato iz leta 2005, podajamo predlog za nadaljnjo oziroma končno sanacijo plazu.

Zaradi izjemnih dimenzij plazu njegova trajna sanacija z enim samim ukrepom ni mogoča, zato je predvidenih več ukrepov, ki bodo območje razdelili na krajše in bolj obvladljive odseke. Vzдолž plazu je tako predvideno sledeče:

- izgradnja treh podpornih konstrukcij (konstrukcija A, B in C),
- izgradnja treh armiranobetonskih vodnjakov v zaledju že obstoječih,
- dokončanje površinske odvodnje in kamnite obloge naravnega slapu,
- prerazporeditev zemeljskih mas v bolj stabilno obliko na izvirnem delu plazu,
- ureditev dostopnih poti in
- vegetativna zaščita celotnega območja kot zaključni ukrep.

Zaradi boljšega pregleda nad predlaganimi sanacijskimi ukrepi smo območje plazu situacijsko razdelili na pet delov (glej prilogo A1). Območje 1 zajema izvorni del plazu nad nadmorsko višino 570 m, tj. od zgornje gradbiščne (gozdne) poti do platoja nad linijo obstoječih vodnjakov. Območje 2 leži med zgornjim platojem in staro avstrijsko pregrado. Območje 3, tj. del med staro avstrijsko pregrado in slapom, se razdeli na območji 3.1 in 3.2. Meja med njima je na lokaciji predvidene podporne konstrukcije B na nadmorski višini okoli 420 m. Območje 4 sega od slapu do zadrževalnika blatnih tokov nad Lokavcem.

5.1 Uporabljeni programi in podatki

Preoblikovanje terena smo opravili z računalniškim programom AutoCAD Civil 3D. To je program iz družine Autodeskovih programov, ki je namenjen 2D načrtovanju in 3D modeliranju. Omogoča izdelavo kvalitetnega digitalnega modela (terena), z dodatnimi funkcijami pa lahko prvotno površino poljubno preoblikujemo in nato izpišemo ustvarjene volumnske spremembe, ločeno vkope in nasipe. S programom lahko enostavno določimo poti meteorne vode in prispevna območja na prvotni ali spremenjeni površini. Poleg prikaza površine s plastnicami omogoča tudi izdelavo 3D vizualizacij.

Za umestitev ceste smo uporabili osnovne funkcije programa Plateia, ki deluje na platformi AutoCAD Civil 3D. Plateia je program, ki ga je podjetje CGS razvilo za načrtovanje novih ter rekonstruiranje obstoječih cest vseh kategorij.

Za izdelavo modela terena v AutoCAD-u, ki nam je služil kot osnova za nadaljnje delo, smo uporabili podatke (DMR1), pridobljene z laserskim skeniranjem (Lidar posnetek) širšega območja plazuz. Posnetek je jeseni leta 2010 po naročilu takratnega Ministrstva za okolje in prostor opravilo podjetje Flycom d.o.o.

Pri preveritvi ustreznosti obstoječih cevni prepustov na območju 1 smo si pomagali s programom HY-8.

Za boljšo prostorsko predstavo in pridobitev informacij o trenutnem stanju na plazuz smo opravili dva terenska ogleda, in sicer julija 2012 ter januarja 2013. Pri določitvi dimenzij posameznih zemeljskih jarkov in urejenih kanalov smo si pomagali tudi z lidar posnetkom in DOF-om velike ločljivosti.

5.2 Ureditev površin in podporni ukrepi

5.2.1 Preoblikovanje terena in dodatni vodnjaki na območju 1

S predlagano ureditvijo površin plazuz želimo povečati stabilnost območja nad linijo obstoječih vodnjakov in upočasniti razpadanje hribine. Material (400.000 m³), ki je od tu splazel v letih 2000–2004, bi bilo potrebno vsaj delno nadomestiti in tako obtežiti podlago. Površina terena na usadu je namreč zaradi teh razbremenitev danes do 8 m nižja od površine tal pred nastankom plazuz leta 2000 (glej prilogo B5), kljub že izvedeni prerazporeditvi mas v sklopu preteklih sanacij. Omenjena razbremenitev tal povzroča sukcijsko talne vode iz plazuzine v flišno podlago, zaradi česar le-ta pospešeno prepereva in pogloblja globino drsenja. Prav tako se s slabšanjem razmerja med težo plazuzine in tlaki talne vode na drsni ploskvi zmanjšuje trenje med plazuzino in podlago. Situacija obstoječega stanja območja 1 je s plastnicami prikazana v prilogi B1.1. V prilogah B1.2 in B1.3 sta prikazana tridimenzionalna modela, kjer je jasno viden relief, jarki, poti in obstoječi vodnjaki.

Čim večjo količino potrebnega balasta smo poskušali poiskati s premikanjem zemeljskih mas na samem izvornem območju plazuz, iz izkopov treh novih vodnjakov in ureditvijo poškodovane zahodne brežine. Na usadu je teren izredno razgiban, zato so lokalni nagibi brežin mestoma strmehjši od naklona 1 : 2 (V : H). Zato je bil naš cilj doseči enakomernejše in položnejše naklone, urejene prehode med strmehjšimi brežinami (pod odlomnim robom) in osrednjim delom (nasutjem) ter stabilno skledasto obliko celotnega območja, ki bi omogočala kontrolirano površinsko odvodnjo. Pri ureditvi površin s pregrupacijo zemeljskih mas smo za izkopani material upoštevali faktor razrahljivosti 1.2. Pripravili smo dve varianti.

Pri prvi varianti (glej prilogo B2) smo naklon sprednjega dela nasipanega območja nad vodnjaki izvedli v naklonu 1 : 2. Nato smo območje nasipavali v naklonu 1 : 3,6 (od prereza P1 do P3) do že obstoječe terase na vzhodnem oz. severnem delu. Obstoječo teraso smo nato nadaljevali proti zahodu in jo v polkrožni obliki zaključili pod zahodno brežino. Terasa se od prereza P3 proti zahodu znižuje, s čemer se manjša tudi naklon nasipnega dela. Terasa se utrdi v širini 3,5 m in bo služila kot gradbiščna pot. Brežino med teraso in zgornjo potjo ter zahodno brežino do roba območja se uredi v naklonih do 1 : 2. Severno oz. severovzhodno brežino med teraso in zgornjo potjo, ki ima strmejši naklon, bo potrebno zavarovati s kamnitimi rebri. Kamnito oblogo se ob vznožju dodatno sidra s tračnicami. Ostale brežine se zatravi. V sklopu ureditve površin se obnovi in utrdi tudi zgornja gradbiščna pot, predvsem na severozahodnem delu, kjer je bila zaradi splazitev prekinjena. Splazelo trikotno območje nad cesto v dolžini 60 m se uredi v enakomernem naklonu. Prečno na pot, na razdalji pribl. 15 m, pa se vgradi drenažna rebra širine 3–4 m.

Pri drugi varianti (glej prilogo B3) smo se preoblikovanja območja lotili na enak način, le da smo naklon sprednjega dela nasipanega območja nad vodnjaki izvedli v strmejšem naklonu 1 : 1,5. Položnejši naklon, tj. 1 : 2, je iz vidika stabilnosti in dostopa bolj ugoden, zato smo za nadaljnjo obdelavo uporabili varianto 1. Vznožje nasipa bo potrebno zavarovati s kamnito oblogo. Tako se bo hkrati preprečilo spiranje materiala v odprte jaške, kamor so speljane cevne drenaže.

Pri prvi varianti znaša količina vsega izkopa 59.000 m^3 (brez upoštevanja materiala, ki bo pridobljen iz izkopa za vodnjake), celotnega vgradnega dela pa 49.800 m^3 . Samo na območju med platojem in teraso se za nasipavanje nameni pribl. 36.800 m^3 . S preureditvijo površja smo tako pridobili 9.200 m^3 materiala. Situacijo prve variante predlagane masne preureditve prikazuje priloga B1.1. Zelena barva označuje prereze, ki so nato prikazani v prilogah od B2.3 do B2.7. Tridimenzionalen model urejene površine je prikazan v prilogi B2.2. Z belimi krožci so za boljšo orientacijo označeni obstoječi AB vodnjaki, načrtovani vodnjaki pa so obarvani rdeče. Priloga B4 prikazuje primerjavo med obstoječim terenom (obarvan rdeče) in predlagano ureditvijo.

Volumen izkopanega materiala druge variante ni občutno drugačen kot pri varianti 1 in znaša 59.200 m^3 , od tega za vgradnjo na območju 1 namenimo 48.900 m^3 . Pri preoblikovanju žarišča plazu nam je v tem primeru ostalo 10.300 m^3 materiala. Opisana ureditev je situacijsko prikazana v prilogi B3, medtem ko prerezov ne prikazujemo.

Del pridobljenega materiala smo namenili za zasip načrtovanih pregrad v območju 3 (konstr. A-var. 2, konstr. B-var. 2). Z dodatnim upoštevanjem izkopa vodnjakov (7.550 m^3) in porabe 12.600 m^3 za zasutje obeh pregrad nam je ostalo 4.150 m^3 materiala (7 % celotnega izkopa) pri varianti 1 in 5.250 m^3 (9 % celotnega izkopa) pri varianti 2. Material, ki nam je ostal, se vgradi v območje nad vodnjaki, porabi pa se ga tudi za ureditev platojev okoli novih vodnjakov in nasipne dele med zemeljskimi jarki ter za ureditev navezave na obstoječi teren, kjer bo to še potrebno, in/ali za ureditev poti (znižanje naklona) v dolžini 40 m od vodnjaka M2 proti jugozahodu.

Naknadno smo pri varianti 1 predvideli dodatni dvig terena med platojem in teraso, s čimer smo porabili 99 % izkopanega materiala (65.100 m^3). Tako smo območje povprečno dvignili za dober meter višinske razlike in ga obtežili s pribl. 51.500 m^3 materiala. Dodatni dvig terena je prikazan v prerezih na prilogah B2.3–B2.5. V tem primeru se materiala iz območja 1 ne odvaža, za zasip pregrad pa predvidimo le material, ki bo pridobljen iz izkopov vkopanega dela konstrukcij.

Material se navaža in sproti komprimira v 50 cm plasteh. Na območju med vodnjaki in teraso, kjer predlagamo kasnejšo zasaditev vegetacije, pustimo 10–15 cm vrhnje plasti rahle, na terasi pa se tla utrdijo do zadnje plasti. Sočasno z nasipavanjem med platojem in prvo teraso se nadgradi že obstoječe drenaže J2, J3, J4 in J5 ter se nad njimi izvede zemeljske jarke. Zemeljski jarki se oblikujejo radialno do terase oz. poti. Kjer danes poteka jarek J1, se kamniti material odstrani. Ker je pod jarkom že vkopana drenažna cev, se izvede nadgradnja drenažnega zasipa ter nato oblikuje jarek. V končni fazi se izoblikovane jarke obloži s skalami $d_{sr} > 50 \text{ cm}$, da se prepreči vodno erozijo. Viške materiala se porabi za nasipavanje površine med zemeljskimi jarki. Površina med jarki se oblikuje na način, ki bo omogočal stekanje vode v jarke, kakor je prikazano v prilogi B5.

V prilogi B5 je prikazan prečni prerez skozi območje nad vodnjaki. Situacijsko je prerez z rdečo linijo označen na situaciji v prilogi A1. V prerezu smo z različnimi barvami prikazali poteke terena v letih 1998 (modra), 2001 (roza), 2004 (zelena) in 2010 (oranžna) ter z linijo rdeče barve predlagan dvig terena v območju nad platojem in omilitev nagiba zahodne brežine.

Tri nove vodnjake smo locirali v zaledju že obstoječih, na mestih, kjer so bili evidentirani večji izviri vode (V1) in kjer so bile z geofizikalnimi preiskavami (Stopar, 2011) ugotovljene največje globine pretrte in preperete flišne kamnine (V2, V3). Predlagani vodnjaki so zunanjsega premera 10 m, globine pa so odvisne od globine kompaktnejše podlage. Tako

smo glede na seizmični prerez P1/2011 (glej prilogo C3.1) vodnjak V1 predvideli do globine 20 m. V osrednjem delu nad vodnjaki je debelina preperine znatno večja (glej prilogo C3.2), zato sta vodnjaka V2 in V3 globoka 30 m. Vsi vodnjaki se s piloti vpnejo v kompaktno flišno kamnino. Predlagamo, da se voda iz vodnjaka V1 preko uvtane kanalizacijske cevi nad dnom temeljne plošče vodnjaka spelje v vodnjak V2. Iz slednjega naj se – prav tako preko uvtane cevi – vsa zbrana voda spelje na vodnjak M3, v katerega so že speljane vode iz obstoječih vodnjakov. V vodnjak M3 se vodi tudi vodo iz vodnjaka V3. Vse kanalizacijske cevi se uvtajo v naklonu 5 % proti vodnjaku M3 (glej prilogo C2).

5.2.2 Nove pregrade na območju 3

Na območju 3 je bila že v preteklosti predlagana izgradnja dveh pregrad. Glede na projektni nalogi (Majes, 2005; Škrabl, 2006) smo dimenzije in lokacije le-teh v našem predlogu spremenili toliko, da smo ju kar najbolje prilagodili trenutnemu terenu in hkrati obdržali njuno funkcijo. Za vsako pregrado smo pripravili dve varianti.

Po zadnjem terenskem ogledu smo se odločili, da na območje 3.2 umestimo še dodatno pregrado manjših dimenzij. Z izvedbo vseh treh pregrad in zasipi za njimi bi dosegli, da nagib terena med posameznimi podpornimi konstrukcijami (od slapu do prve terase nad linijo obstoječih vodnjakov) ne bi presegel 16°, medtem ko obstoječi teren lokalno presega 20 stopinjski naklon.

5.2.2.1 Pregrada A

Obe varianti sta locirani približno 35 m pred staro avstrijsko pregrado, vpeti v levo in desno brežino, tlorisno rahlo ločne oblike. Da bi pregrado lahko natančneje locirali in ugotovili globino temeljenja, bi bilo na predvidenem območju potrebno izvesti dodatne vrtine, ki bi določile debelino plazine oz. globino do trdne flišne podlage. Ker je naloga pregrade podpiranje nestabilnih bokov pod staro pregrado in 210 m dolge brežine do linije vodnjakov (območje 2) ter hkrati dreniranje talne vode, predlagamo izvedbo vkopane podporne konstrukcije kot sistem AB moznikov. Nad vkopano konstrukcijo bo potreben armiranobetonski zid, ki bo omogočil izvedbo zasipa za konstrukcijo. Zasip bo nudil podporo nestabilnim bokom ter hkrati zmanjšal vsrkavanje vode, s tem pa tudi propadanje (delno) kompaktne flišne kamnine v podlagi.

Vrh zidu variante 1 (glej prilogo D1) je na celotni dolžini 83 m na isti koti, tj. 504 m n. v. Tik za zidom je višina zasipa nad obstoječim terenom maksimalno 8 m. Zasipni klin smo predlagali

v naklonu 16° , zato njegova dolžina znaša približno 54 m. Za predlagan zasip bi bilo potrebno zagotoviti 5.750 m^3 materiala.

Pri varianti 2 (glej prilogo D2) smo želeli doseči boljšo podporo bokov, zato smo predlagali izvedbo zidu z levim in desnim krilom. Osrednji del zidu je na višini 505 m n. v., oba boka pa se zaključita na višini 507 m n. v. Višina zasipa tik nad obstoječim terenom za podporno konstrukcijo je tudi tu največ 8 m. Zasip za zidom je ravno tako kot v prvi varianti v naklonu 16° in v dolžini približno 50 m. Zasipni volumen je tu nekoliko večji, in sicer 5.900 m^3 . Zaradi zasipa bo potrebno podaljšati glavni odvodni jarek in globoko drenažo ter skozi zid urediti njen iztok.

5.2.2.2 Pregrada B

Ker je območje 3 v dolžini pribl. 700 m preobsežno, da bi ga stabilizirali le s hidrotehničnimi ukrepi, je avtor Projektne naloge (Škrabl, 2006) predlagal, da se na omenjen odsek umesti dodatno podporno-drenažno konstrukcijo. Pregrado B je lociral na nadmorsko višino okoli 420 m, slabih 300 m pred pregrado A oz. tik nad dostopno potjo. Na območju za predvideno pregrado znaša nagib obstoječega pobočja od 24° do celo 30° . Predlagana podporna konstrukcija je rahlo ločne tlorisne oblike in sega v stabilnejše boke plazzu. Za določitev vrste podporne konstrukcije (pilotna stena ali AB vodnjaki) bi bile potrebne novejšje geoseizmične ali geološko-geomehanske raziskave, s katerimi bi ugotovili trenutno stanje podlage na predlagani lokaciji. Nad vkopano podporno konstrukcijo se predlaga izvedbo armiranobetonskega parapetnega zidu, ki bi omogočal izvedbo zasipa za zmanjšanje sukcijskega potenciala flišne podlage.

Pri varianti 1 (glej prilogo E1) je pregrada vpeta v boke pobočja, njen vrh pa je na celotni dolžini (55 m) na višini 427 m n. v. Maksimalna globina zasipa – glede na trenutno stanje terena – tik za zidom meri 6 m. Zasip je izveden v 15° naklonu in sega 60 m v zaledje pregrade. Količina materiala, ki je potreben za tak zasip, je 6.200 m^3 .

Na desnem boku so bili v preteklosti evidentirani dodatni sekundarni odlomi in strižne razpoke ter odlaganje plazine v diagonalni smeri proti obravnavanemu območju plazzu. Zato v varianti 2 (glej prilogo E2) predlagamo izvedbo zidu z desnim krilom, ki bi nudil oporo labilnemu desnemu boku. Na osrednjem (nižjem) delu pobočja je vrh pregrade na višini 427 m n. v., desno krilo pa se zaključita na višini 433 m n. v. V tej varianti smo zasipni klin, ki sega 45 m v zaledje zidu, predvideli v manjšem, 13° naklonu. Volumen zasipa tako znaša 6.700 m^3 .

Pri obeh pregradah je potrebno pred izvedbo zasipa izvesti površinski drenažni filter iz drobljenca frakcije 8-64 v debelini pribl. 20 cm, ali pa mrežo cevnih drenaž.

5.2.2.3 Pregrada C

Pregrado C smo locirali 200 m nad slapom in 200 m pod predvideno pregrado B. Na ta način smo območje med slapom in načrtovano pregrado B razdelili na dela enakih dolžin. Lokacijo pregrade so narekovali predvsem strmejši nakloni na samem območju. Pregrada C je manjša pregrada, za katero smo predvideli zasip v naklonu 15° z volumnom pribl. 550 m^3 , ki sega od 10 m do 20 m v zaledje konstrukcije. Pregrada je vpeta v levo in desno pobočje. Ker želimo ohraniti greben na desnem boku, predlagamo izvedbo z desnim krilom, ki seže do višine pribl. 370 m n. v., medtem ko je osrednji del pregrade na višini 366 m n. v. Grafično je predlog prikazan v prilogi F.

5.2.2.4 Dodatne ureditve na območju 3

Da bi ohranili greben na desnem boku plazu območja 3.1, je potrebno zmanjšati možnost nadaljnega plazenja na samem grebenu. Teren je potrebno preoblikovati v bolj stabilno obliko, z vgradnjo drenaž in zajemi izvirov zmanjšati zamakanje zemljine ter zajeto vodo kontrolirano odvesti v strugo Grajščka. Po preoblikovanju terena se na območju zasadi primerno vegetacijo.

Na območjih, kjer je voda opazna na površini, se izkoplje prečne jarke, ki se po potrebi obložijo s skalami in se priključijo na sredinske odvodne jarke.

5.2.3 Zadrževalni prostor na območju 4

5.2.3.1 Zadrževalni prostor

V sklopu naloge smo preverili zadrževalno sposobnost zadrževalnika blatnih tokov v območju 4. Pregrada nad Lokavcem je prvotno uspela zadržati 5.000 m^3 materiala, vendar je zaradi nakopičenega blata zadrževalna sposobnost akumulacijskega prostora danes le okoli 3.100 m^3 . Predlagamo, da bi v sklopu sanacijskih oziroma vzdrževalnih del prostor očistili, material pa odpeljali na deponijo na območju ajdovskega letališča. Prav tako je potrebno z grobimi skalnatimi bloki utrditi podslapje pod pregrado z namenom učinkovite disipacije kinetične energije vodnega toka, tj. zaščite pred erozijskimi učinki vode na dno in brežine. Z ureditvijo podslapja se hkrati ohranja globalno stabilnost same pregrade.

5.2.3.2 Dodatne ureditve na območju 4

Na območju 4 je prav tako potrebno dokončati že začeto podporno in zaščitno konstrukcijo slapu. Na levem boku že obstoječe konstrukcije se izdelava hrapava drča, do katere se iz sredinskega jarka in platoja nad slapom spelje voda, ki se bodo nato kontrolirano prelivala preko slapu. Pod podporno konstrukcijo je potrebno utrditi podslapje in vodo usmeriti v potok Grajšček.

Da se prepreči zdrs zemljine v strugo Grajščka, je potrebno urediti desni breg v dolžini približno 200 m. Teren je potrebno očistiti in s težko gradbeno mehanizacijo primerno (terasasto) preoblikovati, breg utrditi in drenirati s kamnitimi rebri ter preprečiti zamakanje terena nad odlomnimi robovi, tako da razpoke v terenu zapolnimo z glinenim materialom. Kot zaključni ukrep se predvidi še vegetativna zaščita. Prav tako se Grajšček ob desnem boku slapu uredi v obliki hrapave drče z vertikalno stabilizacijo (sidra) in oblogo brežin do dosega visokih vod. Hrapavost struge mora zagotavljati sprotno izničenje kinetične energije vodnega toka. Ureditev se izvede kot nadaljevanje struge iz območja 3.2.

5.3 Dostopne poti

Da se sanacijska dela na samem telesu plazju lahko začnejo izvajati, je potrebno gradbeni mehanizaciji omogočiti stalen, varen in čim krajši dostop. Prav tako je pri daljših in obsežnejših plazovih potrebno zagotoviti prometno komunikacijo v območju samega plazju ali pa v njegovi neposredni bližini. V čim večji meri se poskuša obnoviti ali nadomestiti morebitne poljske in gozdne poti, ki so bile zaradi splazitve prekinjene.

V tem sklopu diplomske naloge je bil naš cilj umestiti v pobočje Čavna novo gradbiščno pot od platoja nad slapom do načrtovane pregrade B na nadmorski višini 420 m. Pot bi služila spremljanju ter vzdrževanju plazju. Obstoječa pot, ki vodi od področja iznad slapu do ciljne lokacije, ima izredno strme naklone (do 37 %), zato je na območju 3.2 potrebna nova cestna povezava.

5.3.1 Opis obstoječega stanja

Do žarišča plazju Slano blato na nadmorski višini 570 m je iz Lokavca možen dostop po državni cesti R3-609 (odsek 2117) Ajdovščina–Predmeja. Omenjeno regionalno je septembra 2010 v dolžini dobrega kilometra po obilnih padavinah pretrgal plaz Stogovce. Po zgornjem robu plazju je bila nato zgrajena obvozna (nadomestna) cesta. S tem se je dolžina poti od Lokavca do odcepa za Slano blato iz slabih 7 km podaljšala na pribl. 8,5 km. Od

odcepa od regionalne ceste na nadmorski višini 700 m pa do plazu vodi še dva kilometra dolga makadamska dostopna pot, ki se zaključi na platoju nad linijo obstoječih vodnjakov. Od utrjene makadamske poti se 500 m pred samim območjem plazu odcepi gozdna pot, ki vodi do zgornjega roba plazu. Pot je po zgornjem robu prečkala plaz in se navezovala na utrjeno makadamsko pot, ki se nadaljuje proti zahodu in nato v dolino, a je zaradi preteklih splazitev na SZ delu prekinjena v dolžini 50 m. Na vzhodnem robu zgornjega dela plazu sta makadamska dostopna pot in višje ležeča gozdna pot povezani s kolovozno potjo, ki pa je že močno zaraščena.

Dostop do spodnjega dela plazu je omogočen po interventni cesti dolžine 1,5 km, na kateri so vidne sledi erozije površinske vode. Cesta poteka skozi vas Lokavec, vse do platoja nad slapom, tj. na koti 340 m n. v. Naklon današnje ceste na tem odseku lokalno doseže tudi do 22 %. Od dela nad slapom do nadmorske višine 420 m po levi strani plazu vodi ožja gradbiščna pot. Pot na dolžini 385 m premaga višinsko razliko 80 m, a na več odsekih preseže 30 % vzdolžni naklon. Maksimalni vzdolžni naklon na tem delu poti meri 37 %. Gradbiščna pot nato preči plaz v smeri Stomaža. Na desni strani plazu se pot s 14 % padcem na krajši razdalji nadaljuje proti kolovozni poti stran od plazu. Zaradi sekundarnih splazitev grebena na območju 3.1 in zaraščенosti pot od betonskega prepusta (na desnem robu plazu) pa do stare struge Grajščka ni več prevozna. Prav tako je zaradi erozije in posledično poglobitve struge onemogočeno prečkanje le-te. Kolovozna pot nato poteka preko jase v minimalnih naklonih do izvira Jevščka. Na območju izvira Jevščka se priključi makadamski gradbiščni cesti, ki se z nakloni do 20 % dviguje v smeri S oz. SV nazaj na območje plazu. Na območju pod staro avstrijsko pregrado pot zopet prečka plaz. V nadaljevanju poteka skozi gozd, vse do zgornje dostopne poti. Ta del poti je bolj strm, saj na več odsekih preseže 20 % nagib. Celotna dolžina poti od vasi do žarišča plazu meri pribl 3,4 km. Od nadmorske višine 420 m do stare avstrijske pregrade (območje 3) je dostop mogoč tudi po gozdnih poteh na levi strani izven telesa plazu.

5.3.2 Tehnični elementi

Obravnavana cesta glede na Pravilnik o projektiranju cest (v nadaljevanju Pravilnik) sodi v kategorijo dostopnih malo prometnih cest. To so lokalne ceste ali poti, ki potekajo izven naselja v podeželskem, ruralnem okolju in omogočajo dostop do posameznih nenaseljenih področij oziroma zemljišč (TSC 03.325, 2002). Tehnični elementi, ki smo jih uporabili pri trasiranju nove ceste, so manjši od tistih, ki jih določa Pravilnik, saj je pri oblikovanju malo prometnih cest v prvi vrsti potrebno upoštevati pogoj največje prilagoditve trase ceste terenu in šele nato skladnost ter pravilnost geometrijskih oblik, v kolikor le ne prekoračimo

minimalnih radijev krožnih krivin. Pri izbiri minimalnih dimenzij trasirnih elementov smo se opirali na elemente že obstoječih gradbiščnih poti na območju plazu, uveljavljeno projektantsko prakso in delovni osnutek TSC 03.325.

Izbiro tehničnih elementov so pogojevale predvsem topografske značilnosti. Teren smo razvrstili v kategorijo *gorski*, saj je relativna višinska razlika na razdalji 1000 m večja od 150 m. Zaradi zahtevnega terena in ob upoštevanju naklonov obstoječih poti smo kot največji dovoljen vzdolžni nagib nivelete izbrali $s_{\max} = 20\%$. Ker načrtovana dostopna pot na Slanem blatu poteka po strmem terenu in bo namenjena predvsem gradbiščnim vozilom v času sanacijskih in vzdrževalnih del, smo se odločili voditi os ceste le v premi in krožnem loku, brez uporabe prehodnice, katere uporaba je pri projektiranju cest zaželeno predvsem iz estetskih in psiholoških razlogov. Pri uporabi košarastih krivin, ki omogočajo boljše prilagajanje trase terenu, smo se izogibali razmerju radijev, ki bi bilo večje od 3 : 1.

Širina voznega pasu v premi je praviloma odvisna od funkcije ceste in projektne hitrosti. Za malo prometne ceste, ki so grajene za nižje prometne zahteve in pri katerih je merodajen kriterij za načrtovanje prevoznost, je širina odvisna od tipičnih uporabnikov ceste, v tem primeru tovornih vozil širine 2,5 m. Tako smo določili normalni prečni prerez za enosmerni promet in potrebna izogibališča naslednjih dimenzij:

Normalni prečni prerez (glej prilogo H):

Vozni pas: 3,5 m

Bankine : 2 x 0,5 m

Izogibališče:

$b = 3,5$ m

$b_{iz} = 2,0$ m

$L_{iz} = 10$ m

$L_p = 7$ m

$L_s = 24$ m

Voziščne konstrukcije nismo dimenzionirali, vendar smo predvideli obrabno-zaporno plast voziščne konstrukcije v peščeni izvedbi. Tovrstna (makadamska) vozišča morajo imeti zaradi odvodnjavanja vozne površine prečni nagib od 4 % do 10 %. Prečni nagib je hkrati v funkciji vozne dinamike.

Razširitev vozišča v krivinah v tej fazi nismo upoštevali, vendar je njihova izvedba zaradi majhnih radijev obvezna. Na hribinski strani načrtovane ceste predlagamo izvedbo odprtega jarka, ki bo prestregel hribinske vode. Zaradi velikih vzdolžnih naklonov bo potrebno jarke do višine 20 cm tlakovati, da se prepreči erodiranje dna. Na vkopnih brežinah se po potrebi izvede prečna drenažna rebra iz kamnitega materiala.

Preglednica 3: Tabelarni prikaz potrebnih in uporabljenih tehničnih elementov ceste

	Minimalni – upoštevani	Minimalni po Pravilniku	Uporabljeni – varianta 1	Uporabljeni – varianta 2
Projektna hitrost $V_p =$	/ (prevoznost)	/	/	/
Horizontalni elementi				
R_{min} (m)	15	25	20,9	16,64
A_{min} (m)	/	/	/	/
Vertikalni elementi				
R_{min} konv. (m)	50	400	940	260
R_{min} konk. (m)	50	300	140	100
i_{max} (%)	20	15	16,5	20

5.3.3 Opis variant

Predstavljeni varianti trase potekata po pogozdenem pobočju na levi strani plazu. Obe se odcepita od interventne ceste na nadmorski višini približno 340 m in se dobrih 75 m višje navezujeta na obstoječo gozdno pot, ki vodi do območja predvidene pregrade B.

Varianta 1 (glej prilogo G1) se z naklonom 3,5 % odcepi od obstoječe interventne ceste in v dolžini 130 m poteka južno od cerkve sv. Urbana. Nato se usmeri proti severovzhodu. V območju prerezov P12–P22 poteka v naklonu 16,5 %. V km 0,4+20,00 se usmeri ostro proti zahodu in nadalje poteka v zmernejših naklonih. Med prerezi P33–P34 prečka večjo grapo in se zatem v naklonu 2,5 % naveže na obstoječo gozdno pot. Dolžina celotne trase meri 688 m. Trasa variante 1 poteka v dolžini 400 m (do prereza P21) skozi območje varovane kulturne dediščine. Delno poteka v vkopih in delno v nasipih. Globina vkopa in višina nasipa nikjer ne preseže 2,5 m, razen v prerezu km 0,6+50,00, kjer trasa prečka 8 m globoko grapo.

Trasa variante 2 (glej prilogo G2) je 115 m krajša kakor trasa variante 1 in poteka večinoma v vkopih. Od interventne ceste se odcepi v naklonu 3,5 % in poteka v severovzhodni smeri, zahodno od cerkve sv. Urbana. Na začetni dolžini pribl. 100 m se trasa delno prilagaja obstoječi gozdni poti, zato so tudi vkopi in nasipi na tem območju minimalni. Med prerezi P9–

P13 poteka trasa v večjih vkopih, ki mestoma presežejo globino 5 m. V prerezu P13 niveleta preide iz 20 % v 15 % naklon in se z vkopi do globine največ 1,5 m bolje prilagaja terenu. V prerezu P16 trasa zavije proti zahodu, prečka grapo in se priključi na obstoječo gozdno pot. Tudi trasa variante 2 poteka skozi območje varovane kulturne dediščine, vendar na krajšem odseku, tj. v dolžini 280 m (do prereza P15).

Vzdolž obeh tras smo predvideli tri izogibališča, namenjena vozilom, ki vozijo navzdol. Predlagamo, da se vzdolž celotne trase, ali pa vsaj na delih s strmejšimi nakloni, prečno na os vgradi drežnike, ki bodo omogočili enakomerno porazdeljeno odtekanje meteorne vode po vozišču. Grapo, ki jo pred priključkom na obstoječo gozdno pot prečkata obe varianti, se zasuje, vgradi pa se ustrezen cevni prepust, saj se sem steka voda z 0,054 km² velikega prispevnega območja.

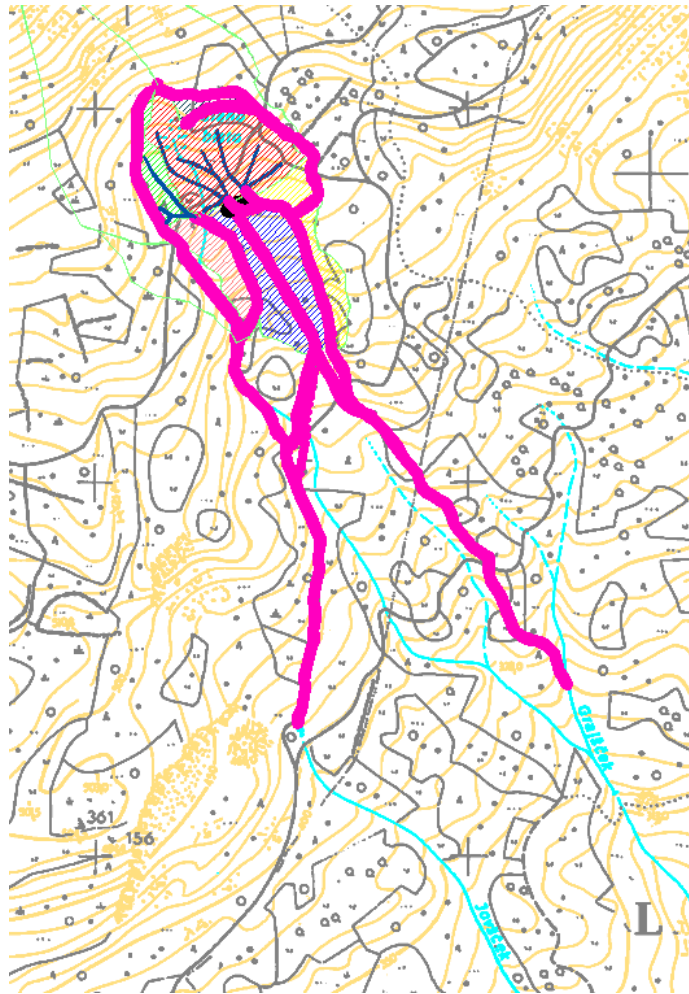
5.3.4 Ostali ukrepi

Poleg nove cestne povezave v območju 3.2 predlagamo, da se obstoječa makadamska vozišča po potrebi dosujejo z drobljencem in ustrezno utrdijo. Kotanje in udarne jame je potrebno zakrpati z ustreznim kamnitim materialom. Zaradi boljšega odvodnjavanja je potrebno z grederjem ustvariti tudi ustrezen profil vseh poti. Predlagamo, da se na območju 1 obnovi povezavo (smer SZ–JV) med glavno dostopno potjo in zgornjo gozdno potjo, ki je nekoliko zaraščena. Nanjo naj se priključi tudi nova terasa na nasipnem delu, ki bo služila vzdrževalnim aktivnostim.

5.4 Nadgradnja obstoječe površinske odvodnje

V tem delu naloge smo pripravili predlog dopolnitve obstoječe površinske odvodnje plazu.

Projektna dokumentacija odvodnje plazu je bila pripravljena že konec leta 2004 (Inženiring za vode, 2004), a le za njegov zgornji del. V njej je bilo predvideno, da se vso vodo iz zaledja ujame v jarke oziroma polovične cevi nad odlomnimi robovi in se jo odvaja po stabilnih robovih: po levem boku v strugo Grajščka, po desnem v strugo Jevščka. Voda iz izvirnega območja plazu (med obstoječimi vodnjaki in zgornjo potjo) se je preko dveh prepustov odvajala v levi obrobni jarek. V strugo Jevščka so bile odvajane površinske vode iz območja med vodnjaki in staro avstrijsko pregrado, zbrane na glavnem odvodnem jarku.



Slika 75: Skica prvotno načrtovane odvodnje plazu
(Vir: Inženiring za vode, 2004)

V sklopu izvedbe so bili nekateri jarki opuščeni, s kasnejšimi ureditvami pa se je koncept odvodnje še spremenil in dopolnil. Opustilo se je odvajanje vod proti Jevščku, v območju 3.2 je bila kasneje delno urejena še struga Grajščka. Trenutno stanje odvodnje na plazu Slano blato je podrobneje opisano že v poglavju 4.3, grafično pa je prikazano na situaciji v prilogi A1.

5.4.1 Dimenzioniranje odvodnikov

Naš cilj je odvesti visoke vode z območja plazu brez škodljivih posledic, pri čemer se pri hidravličnem dimenzioniranju največkrat uporabi pretok s stoletno povratno dobo. Glede na že obstoječe odvodnike, predlagano ureditev površin v območju 1 ter dodatne pregrade vzdolž plazu smo določili jarke oziroma struge, za katere predlagamo, da se jih uredi. Prispevna območja, ki pripadajo posameznemu odvodniku, smo določili na podlagi plastnic širšega območja plazu, ki smo jih generirali v AutoCAD-u. Kljub temu, da so pričakovane

vodne količine manjše zaradi kraškega zaledja, ki se pojavi nad nadmorsko višino 670 m, smo pri dimenzioniranju odvodnikov v izračunih uporabili celotne prispevne površine. Iz hidrološke študije, ki je del prvotnega projekta odvodnje (Inženiring za vode, 2004), smo določili karakteristične hidrološke parametre (q_{100} in n) ter na podlagi Pintarjeve metode definirali vrednosti pretokov s stoletno povratno dobo v posameznih prerezih. Na te količine smo nato dimenzionirali odvodne kanale. S pomočjo digitalnega modela terena in DOF-a visoke ločljivosti smo ocenili tudi dimenzije že obstoječih jarkov in preverili njihovo ustreznost. Prav tako smo s programom HY-8 preverili prevodnost obstoječih prepustov na območju 1.

Prispevna območja so prikazana v merilu 1 : 2500 na prilogi I. Posameznim prerezom pripadajoče prispevne površine in vodne količine so prikazane v spodnji tabeli.

Preglednica 4: Prispevne površine in pripadajoče vodne količine

Oznaka prispevne površine	Velikost prispevne površine (km ²)	Prerez	Seštevek prispevne površine (km ²)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
F1	0,070	P1	0,07	0,9
F2a	0,019	P2	0,023	0,3
F2b	0,004			
F3a	0,031	P3	0,091	1,2
F3b	0,043			
F3c	0,018			
F4	0,038	P4 = F4 + F3 + F2 + F1	0,222	2,7
F5_a	0,009	P5 = F5_a + F5_b	0,052	0,7
F5_b	0,043			
F6	0,003	P6 = P5 + P4 + F6	0,277	3,4
F7	0,030	P7 = F7 + P6	0,307	3,7
F8	0,023	P8 = P7 + F8	0,33	4,0
F9	0,026	P9	0,026	0,4
F10	0,011	P10 = P8 + F9 + F10	0,367	4,4
F11	0,009	P11 = P10 + F11	0,376	4,5
F12a	0,008	P12a	0,008	0,1
F12b	0,009	P12	0,017	0,2
F13	0,123	P13	0,123	1,6
F14	0,006	P14 = F14 + P13 + P12	0,146	1,8
F15	0,073	P15 = F15 + P14	0,219	2,7

Pintar:

$$Q_{100} = q_{100} \times F^n \quad (5)$$

Q_{100} ... pretok s stoletno povratno dobo [m^3/s]

q_{100} ... specifični odtok s stoletno povratno dobo [$\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$]

F ... površina prispevnega območja [km^2]

n ... koeficient porečja, odvisen od oblike porečja, pokrovnosti, nagibov in geološke podlage

Pri izračunih pretoka smo upoštevali $q_{100} = 11,4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ in $n = 0,95$.

Dimenzije odvodnih jarkov za klasičen trapezni prerez smo določili s pomočjo Manningove enačbe (Steinmann, 1999):

$$Q = \sqrt{I_0} \times \frac{1}{n_G} \times S \times R^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

R ... hidravlični radij

S ... omočeni presek

O ... omočeni obod

I_0 ... padec dna kanala

Q ... pretok

n_G ... Manningov koeficient hrapavosti

v ... povprečna hitrost po prerezu

$$R = S/O \quad (7)$$

$$Q = v \times S \quad (8)$$

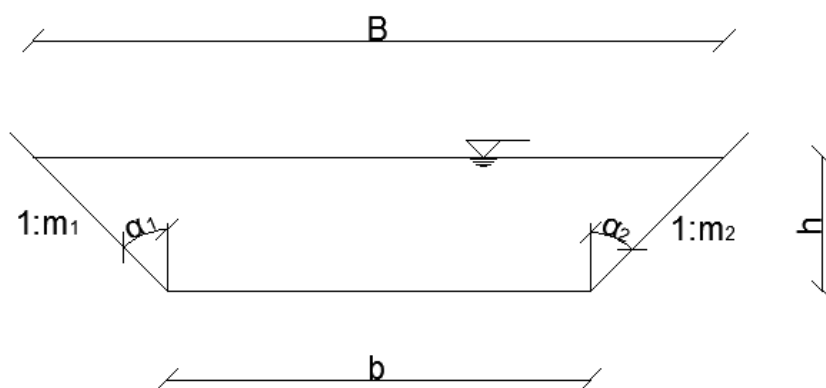
$$v = \sqrt{I_0} \times \frac{1}{n_G} \times R^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

$$O = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (10)$$

$$m = \frac{1}{2} \times (m_1 + m_2) \quad (11)$$

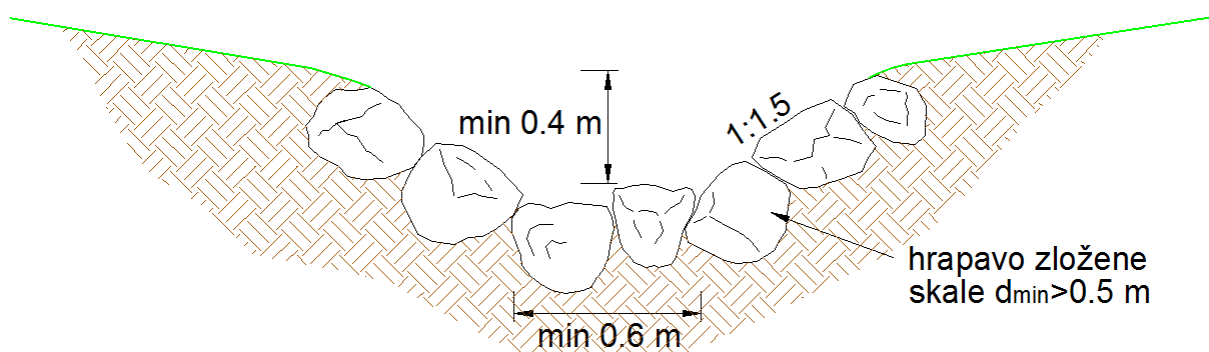
$$S = h \times (b + m \times h) \quad (12)$$

$$m_i = \text{tg}\alpha_i \quad (13)$$



Slika 76: Parametri trapeznega prereza

Zaradi izrednih vzdolžnih padcev vseh odvodnikov je vodni tok v deročem režimu in močno ozračen. Voda na celotnem območju dosega velike hitrosti in energijo, ki jo je potrebno vzdolž struge sprotno zmanjševati. Disipacijo viškov energije se lahko zagotovi z makro hrapavostjo same struge, zato predlagamo, da se vse jarke obloži z grobim kamenjem oziroma posameznimi skalnimi bloki minimalnih dimenzij $d_{\min} = 0,5$ m. Brežine kanala naj bodo obložene vsaj do višine 0,4 m, kakor je prikazano na sliki 77. Pri izvedbi obloge se ne uporablja nobenih vezivnih sredstev kot so beton ali cementna malta. Za stabilizacijo se na primernih razdaljah prečno na smer vodnega toka izvede prečne zavese iz starih železniških tirnic ali pa utrditvene talne pragove.



Slika 77: Normalni prerez jarka z grobo kamnito oblogo

Manningov koeficient hrapavosti za predlagano oblogo struge, ki smo ga upoštevali v izračunih, znaša $n_G = 0,07$.

Hidravlični izračuni so podani v prilogi J, izbrane dimenzije odvodnikov pa so izpisane tudi na prilogi A2. V tabelah so zeleno obarvane vrstice s parametri, ki pripadajo dimenzijam, pri katerih posamezni jarek teoretično že prevaja pričakovani pretok. Z modro smo nato obarvali

vrstice, kjer so podani parametri, pripadajoči dimenzijam, ki smo jih izbrali kot ustrezne. Kjer smo preverjali ustreznost dimenzij obstoječih jarkov, smo vrstico tabele obarvali sivo.

Pri izbiri dimenzij odvodnikov smo kljub precenjenim vodnim količinam upoštevali določeno varnostno nadvišanje. Za vse jarke na območju 1 ter osrednje jarke dolvodno od stare avstrijske pregrade predlagamo minimalne dimenzije $b = 0,6$ m in $h = 0,4$ m. Prevodnost jarka takšnih dimenzij znaša do $1,4$ m³/s.

Predlagamo, da se povečajo dimenzije obcestnega jarka pod staro avstrijsko pregrado, saj je poddimenzioniran in močno poškodovan. Zaradi povečane dimenzije jarka bo potrebno zamenjati betonsko brv na njegovem zaključku. Ostali urejeni jarke so zadostnih dimenzij in prevajajo pričakovane vodne količine.

Vodo iz obstoječih izvirov nad zgornjo gradbiščno (gozdno) potjo, ki je danes po polovičnih PVC ceveh odvajana na prepust 1, se po najkrajši poti spelje na prepusta 2 in 3. Zato se ob nadgradnji že obstoječih jarkov nad linijo vodnjakov le-te podaljša vse do izvirov. Kjer jarek prečka teraso oz. gradbiščno pot, se ga uredi v povozno rampo. Vsi izviri, ki bi jih evidentirali med izvedbo, se zajamejo in priključijo na najbližji odvodnik.

V sklopu ureditve preostalega dela stare struge Grajščka bo potrebno sanirati obstoječe pregrade iz začetka 20. stoletja.

5.4.2 Prelivne sekcije pregrad

Določili smo dimenzije prelivnih sekcij na vseh treh predvidenih pregradah in jih preverili s Polenijevo enačbo za popolni preliv. Izbrane dimenzije so izpisane na prilogi A2, preveritveni izračuni pa so prikazani v prilogi K.

Polenijeva enačba za pretočno zmogljivost preliva trapezne oblike (Mikoš, 2008):

$$Q = \frac{2}{3} \times \mu \times b_{A,M} \times \sqrt{2g} \times H^{\frac{3}{2}} \quad (14)$$

H ... energijska višina, merjena od kote prelivne sekcije [m]

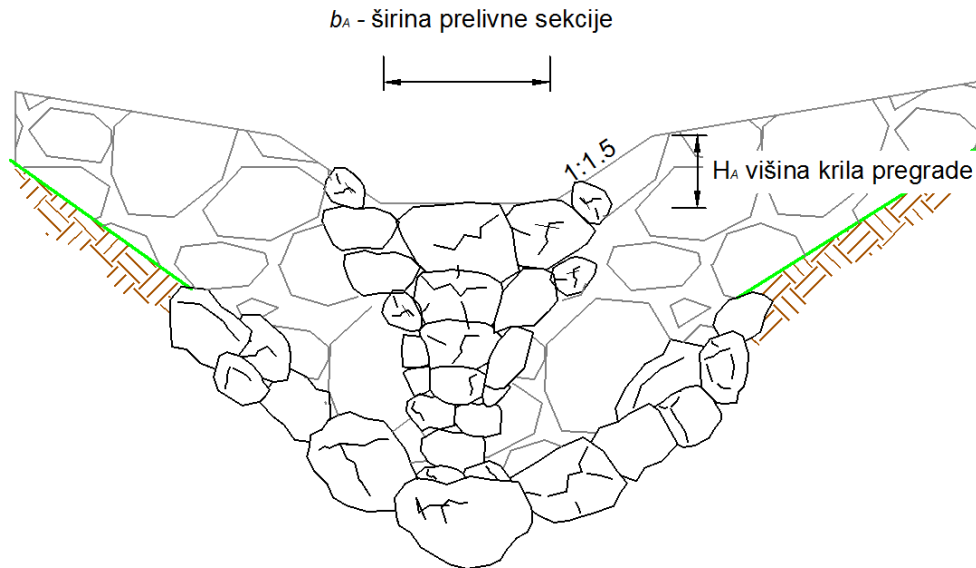
H_A ... začetna višina krila pregrade, $H_A \geq H$

$\frac{2H_A}{3} \cong \frac{2H}{3}$... pretočna globina na prelivu; kritična pretočna globina [m]

b_A ... širina prelivne sekcije, merjena na višini prelivne krone

$b_{A,M}$... srednja širina prelivne sekcije, merjena na višini $\frac{1H_A}{3} \cong \frac{1H}{3}$ [m]

μ ... koeficient preliva



Slika 78: Skica pregrade s prelivno sekcijo

5.4.3 Cevni prepusti

S predlogom ureditve izvirnega območja plazu spreminjamo režim odvodnje, zato je bilo potrebno preveriti, ali obstoječi prepusti na območju 1 še prevajajo pripadajoče vodne količine. Vsi trije obstoječi prepusti na območju 1 so betonske cevi premera 100 cm.

Na prepust 1 se stekajo vode s prispevnega območja velikosti 0,07 km², pripadajoč pretok stoletne povratne dobe pa tako meri 0,9 m³/s. Prepust 2 zbira vode z 0,023 km² velikega zbirnega območja, posledično Q_{100} prepusta 2 znaša 0,3 m³/s. Oba prepusta sta zadostnih dimenzij in lahko z zadostno varnostno višino prevajata pripadajoče vodne količine. Prepust 3 z minimalno varnostjo še prevaja 1,2 m³/s. Kljub temu zaradi večje varnosti predlagamo zamenjavo obstoječega prepusta 3 s cevjo $\phi = 120$ cm.

Površinske vode prispevnega območja F13, katere zbira levi obrobni jarek, se nekontrolirano prelivajo preko ceste, platoja in slapu. Zato predlagamo njegovo deviacijo v območju 3.2. Novi del odvodnika smo poimenovali »levi pritok«. Ta se priključi na osrednji jarek 3 tik nad gradbiščno cesto. Na tem mestu predlagamo izvedbo cevne prepusta $\phi = 120$ cm, ki bi zbrane vode odvajal na predvideno skalno drčo.

Vse preveritve smo opravili s programom HY-8, dobljene rezultate pa prikazujemo v prilogi L.

5.5 Vegetativna zaščita

Po pregrupaciji zemeljskih mas in preoblikovanju brežin pod odlomnim robom v stabilno obliko bo potrebno izvesti revitalizacijo degradiranih površin, saj je bilo območje tudi pred splazitvijo poraščeno z gozdom.

Če pogledamo vegetacijske vrste na območju plazu, se tu pojavljajo tri gozdne združbe. Prevladuje gozdna združba črnega gabra in jesenske vilovine, del območja pa preraščata združba puhastega hrasta in črnega gabra ter združba gradna in jesenske vilovine (Čarni in sod., 2002). Območje so v preteklosti pogozdovali, posledica pa so nove gozdne vrste, med katere sodijo rdeči, črni in zeleni bor, bukev, jesen in jelša (Jamšek, 2011). Kot smo že omenili v poglavju 2.6.4.4, ravno slednja sodi med tiste vrste, ki za svoje potrebe črpa velike količine vode in jo zato pogosto uporabljamo za izsuševanje tal in utrjevanje bregov. Jelša raste hitro in uspeva tudi na slabih podlagah, zato je večkrat uporabljena na območjih, ki jih je potrebno hitro pogozditi.

Za preprečitev površinskih zdrsov zemljine na 1,37 ha veliki površini nasipnega dela nad vodnjaki (do terase oz. poti) predlagamo, da se poleg zatratitve z avtohtono jesensko vilovino uporabi vrbove poplete, ki zagotavljajo takojšnje protierozijsko delovanje. Kasneje, z razrastom koreninskega sistema, pa se učinek tovrstnega ukrepa še poveča (izsuševanje tal). Plast prepletenih živih vej na brežini lahko izvedemo na naslednji način: najprej prečno na smer plazenja v teren izkopljemo 10–30 cm globoke jarke, v katere na razdalji enega metra zabijemo lesene količke premera 3–10 cm in dolžine vsaj 60 cm. Med njimi na razdalji 25–30 cm zabijemo vrbove potaknjence. Okoli količkov izmenično napletemo 2–3 leta stare, čim daljše in upogljive veje v vsaj 3–7 vrstah oz. v debelini 5–10 cm. Na mestu, kjer poplet začnemo, odrezane debelejšje konce zarinemo v tla. Ko poplete zaključimo, izkopane jarke zasujemo (Begemann, Schiechtl, 1986). Poleg vrbe lahko uporabimo tudi veje ostalih vrst, ki hitro poganjajo. Mednje sodijo jelša, dren, brogovita ipd. Dren ima goste in razvejane korenine ter se lahko hitro širi po okolici.

Urejene brežine pod odlomnim robom bo potrebno zavarovati na način, ki bo preprečeval njihovo nadaljnje preperevanje in erozijo ter obenem izboljšal estetski videz urejenega območja, zato predlagamo zatratitev z avtohtono jesensko vilovino. Do vznika je semena potrebno zaščititi pred izsušitvijo, ptiči in burjo, prav tako je treba celotno še golo brežino zaščititi pred erozijo.

Za protierozijsko zaščito strmih brežin danes obstaja množica geosintetičnih materialov (geožimnice), ker pa so materiali iz naravnih vlaken okolju bolj prijazni kot geosintetiki (problem razgradnje, onesnaževanja tal ...), predlagamo uporabo zaščitnih mrež, ki so tkane iz kokosovih vlaken. Zaščitne mreže iz kokosa so načrtovane za ozelenjevanje in vzdrževanje stabilnosti terenov, ki so izpostavljeni močni eroziji. Mreže omogočajo takojšnjo optimalno zaščito pobočij proti eroziji in hitro rast vegetacije, saj zadržujejo rastni sloj in tako rastlinam pomagajo v začetni, najbolj kritični fazi rasti. Prenašajo lahko sorazmerno velike natezne obremenitve, na račun svoje fizične in kemične strukture pa svojo natezno trdnost tudi dolgo časa obdržijo. Kokosovo vlakno v enem letu izgubi največ okoli 20 % svoje natezne trdnosti. Tovrstne zaščitne mreže so v celoti biološko razgradljive. V procesu razgradnje, ki traja od 4 do 10 let, dajejo tlom organska hranila, ki delujejo kot gnojilo in tako še pospešujejo rast vegetacije. Funkcijo trajne zaščite pred erozijo po razgradnji mreže prevzame vegetacija, ki je v tem času že dobro razvila svoj koreninski sistem (Erozija, 2012).

Ko bodo brežine primerno oblikovane, se bo izvedla setev, nato pa se bo po navodilih proizvajalca položilo in sidralo mreže. Za uspešno kaljenje in začetno rast rastlinja bo potrebna plast ravnega sloja, ki bo omogočila razvoj koreninskega sistema in neposreden stik s podlago. Setev se lahko opravi z ročnim ali strojnim mehanskim sejalnikom ali z vodno setvijo, tako da bo zagotovljena enakomernost sejanja. Hkrati se lahko po brežinah sadijo potaknjenci, ki pripomorejo tudi k sidranju mrež. Prav tako bo potrebno z vodno setvijo zasejati brežine pod staro avstrijsko pregrado, ki bodo tudi po izgradnji nove pregrade in zasipa ostale nezaščitene. Po setvi se preko brežin položi kokosove mreže.

S črno jelšo je trenutno že zasajeno območje med vodnjaki in staro avstrijsko pregrado, del zahodne brežine nad vodnjaki ter manjše območje pod staro avstrijsko pregrado, ob poti proti izvirnemu območju Jevščka. Če se bo mlada jelša v naslednjih letih ukoreninila in razrasla, se bo zasaditev s črno jelšo in setev jesenske vilovine nadaljevala tudi na ostalih neporaščenih območjih. V nasprotnem primeru bo potrebno poiskati druge rešitve.

6 ZAKLJUČEK

Velik del slovenskega ozemlja je zaradi svoje geološke raznolikosti, morfološke razgibanosti ter podnebnih danosti podvržen raznovrstnim naravnim procesom spreminjanja površja. Ugotovljeno je bilo, da dobro tretjino površine Slovenije ogrožajo plazovi. Zaradi razpršene poselitve in razvejanega cestnega omrežja kar četrtina plazov ogroža infrastrukturo ali objekte. Osnova za učinkovito delovanje ob sprožitvi zemeljskega plazů je predvsem dobro razumevanje vzročno-posledičnih mehanizmov takega ogrožajočega pojava. Zato smo se v prvem delu diplomske naloge spoznali z značilnostmi zemeljskih plazů in v praksi največkrat uporabljenimi ukrepi za doseganje trajne stabilnosti.

V drugem delu naloge smo obravnavali konkreten primer plazů. Plaz Slano blato v Vipavski dolini je eden največjih plazů pri nas. Sanacija plazů, ki se je ponovno sprožil leta 2000, še ni dokončana in plaz se še vedno širi. Zato je bil cilj diplomske naloge – glede na že izvedene ukrepe, trenutno stanje plazů in idejno zasnovo sanacije iz leta 2005 – pripraviti predlog ukrepov za njegovo dokončno sanacijo. Hkrati smo želeli v programu AutoCAD Civil 3D osvojiti znanje upravljanja s površinami oziroma modeli terena ter spoznati osnove hidravličnega dimenzioniranja.

Glavni vzrok za sprožanje plazů v Vipavski dolini je nariv karbonatnih kamnin Trnovskega pokrova na flišne plasti goriško-vipavskega sinklinorija. Kamnine (predvsem fliš) so zaradi pretrnosti, ki je posledica nariva, močno podvržene preperevanju, ki ga pospešuje stalen dotok vode iz prepustnega kraškega zaledja. Najpogostejši sprožiteljci plazů pa so večinoma dolgotrajne in intenzivne padavine. Zato je glavni cilj, ki mu pri sanaciji sledimo, vodo čim hitreje odvesti iz območja plazů in preprečiti nadaljnje preperevanje flišne podlage. Zaradi obsežnosti plazů je končno sanacijo možno doseči le s kombinacijo različnih ukrepov.

Predlagamo, da se območje na vrhu plazů preoblikuje v stabilnejšo obliko, predvsem pa obteži del med obstoječimi vodnjaki in brežinami pod odlomnim robom, s čimer bi zmanjšali vsrkavanje vode v podlago, posledično pa tudi njeno preperevanje. Podani so ocenjeni volumni predlagane masne izravnave, v prilogah pa so prikazani tudi značilni prerezi območja. Hkrati predlagamo izvedbo treh dodatnih vodnjakov, ki služijo kot drenažni in podporni ukrep in so se že v preteklosti izkazali za izredno učinkovite. Varnost tako preoblikovanega površja bi bilo potrebno dodatno preveriti še s stabilnostnimi analizami. Skupaj z dvigom terena bi bilo potrebno nadgraditi obstoječe drenaže in ponovno oblikovati jarke ter jih obložiti z grobo kamnito oblogo. Predlagamo tudi, da se osrednja jarka na tem območju podaljšata do obstoječih izvirov. Prav tako bi bilo potrebno zajeti morebitne nove

izvire in jih priključiti na najbližji odvodnik. Strmejše brežine na severovzhodnem delu bo potrebno utrditi s kamnitimi rebri. Predlagamo tudi zamenjavo desnega cevnega prepusta s prepustom večjih dimenzij.

Vzdolž plazu predlagamo izgradnjo treh pregrad. S tem ukrepom bi plaz razdelili na več območij obvladljivejših dimenzij. Vse pregrade so vpete v boke plazu tako, da nudijo podporo čim širšemu območju. Z izvedbo zasipov za pregradami bi zmanjšali naklon pobočja, tako da ta med pregradami ne bi presegel 16° , s čimer bi povečali stabilnost plazu. Na ta način bi tudi zmanjšali infiltracijo vode v podlago in s tem upočasnili njeno preperevanje. V nalogi so podani ocenjeni volumni zemljine, potrebne za predvidene zasipe.

Ko se bo sanacija začela izvajati, bo gradbeni mehanizaciji potrebno zagotoviti čim krajši in varen dostop. Zaradi velikih vzdolžnih naklonov gradbiščne poti, ki poteka ob levem boku plazu – na odseku med slapom in predvideno sredinsko pregrado – je pot težko prevozna. Zato predlagamo, da se na tem odseku zgradi nova pot. Pri oblikovanju tovrstnih cest skladnost geometrijskih oblik ni primarnega pomena, zato smo večjo pozornost posvetili iskanju trase, ki bi omogočila primernejše vzdolžne naklone. V nalogi podajamo dva predloga tras. Daljša trasa ima na najbolj strmem delu naklon $16,5\%$, krajša pa 20% . Na tem mestu opozarjamo, da obe predlagani trasi delno potekata v območju varovane kulturne dediščine.

V sklopu diplomske naloge smo preverili tudi ustreznost dimenzij obstoječih urejenih odvodnikov in določili dimenzije novih. Ugotovili smo, da je predvsem obcestni jarek pod staro avstrijsko pregrado poddimenzioniran, kar je opazno tudi iz njegovih poškodb.

Vse ureditve smo izvedli na digitalnem modelu terena, katerega smo generirali v programu AutoCAD Civil 3D iz podatkov lidar posnetka iz leta 2010. Na tem mestu je potrebno opozoriti, da se je površina plazu v času od snemanja do danes spremenila zaradi novih splazitev. Predvsem so opazne razlike na območju 1, tj. na izvornem območju plazu. Novi premiki so na severozahodnem delu odnesli gozdno cesto, zato je prehod gradbene mehanizacije preko plazu na tem mestu onemogočen. Prav tako je bila v tem času zaradi erozije poškodovana prevozna rampa v osrednjem delu in porušena betonska brv nad slapom.

Kot je razvidno iz primerjave lidar posnetka in DOF-a iz leta 2010 s stanjem na terenu danes, plaz ne miruje in se širi v zaledje in boke. S tem tudi uničuje že izvedene ureditve. Da bi se preprečilo nastajanje dodatne materialne škode, bi bilo potrebno izvajati redna vzdrževalna dela in sanacijo v celoti dokončati. Konec minulega leta sprejeta dopolnitev ZUOPZP, ki je

osnova za financiranje sanacij vseh zemeljskih plazov večjega obsega v Sloveniji – mednje sodi tudi Slano blato –, je vlila optimizem, da se bo sanacija končno lahko nadaljevala. Zavedati se moramo, da se bo obseg finančnih sredstev, potrebnih za dokončno sanacijo, z odlašanjem nujno potrebnih ureditev le še povečeval. Zato je potrebno čim hitreje pripraviti projektno dokumentacijo in začeti z izvedbenimi deli.

VIRI

ARSO. 2000. Meteorološki letopis 2000 – mesečna višina padavin.

http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/pad_vis.pdf (Pridobljeno 13. 9. 2011.)

Begemann, W., Schiechl Meinhard, H. 1986. Ingenieur biologie. Wiesbaden und Berlin, Bauverlag: 216 str.

Benko, I. 2011. Zgodovinski pregled intervencij na plazzu Slano blato. V: Petkovšek, A. (ur), Klopčič, J. (ur). Zbornik referatov 12. Šukljetovih dnevov, Ajdovščina, 30. september 2011. Ljubljana, Slovensko geotehniško društvo: str. 51–63.

Čarni, A., Marinček, L., Seliškar, A., Zupančič, M. 2002. Vegetacijska karta gozdnih združb Slovenije 1: 400 000. Ljubljana, ZRC SAZU, Biološki inštitut Jovana Hadžija. CD-ROM.

Erozija. 2012.

<http://erozija.lesene-terase.si/erozija/> (Pridobljeno 14. 8. 2012.)

Fifer Bizjak, K., Ribičič, M. 2004. Geotehnične raziskave za plaz Slano blato. V: Logar, J. (ur), Gaberc, A. (ur.). Razprave četrtega posvetovanja slovenskih geoteknikov, Rogaška Slatina 04. Rogaška Slatina, 9. do 11. junij 2004. Maribor, Slovensko geotehniško društvo: str. 297–304.

Globoko temeljenje. 2012.

<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/globoko%20temeljenje.pdf> (Pridobljeno: 3. 10. 2012.)

Gradnja vkopov. 2012.

<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/VKOPI2003.pdf> (Pridobljeno: 3. 10. 2012.)

Horvat, A., Maričič, V., Papež, J. 2005. Rekultivacija kamnoloma Kalcit. Ujma 19: 196–200.

Inženiring za vode, d.o.o. 2004. Površinska odvodnja in ureditev plazišča na plazu Slano blato. Ljubljana, RS, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, ARSO. Inženirske skice. (Arhiv Strokovnega odbora za velike plazove). 1 zv. (loč. pag.).

Jamšek, A. 2011. Človekovo dožemanje naravnih nesreč na primeru zemeljskega plazu Slano blato. Diplomski naloga. Koper, Univerza na Primorskem, fakulteta za humanistične študije Koper (samozaložba A. Jamšek): 102 f.

Kmetec, V. 2002. Geomehanski in hidrogeološki vzroki nastanka blatnega toka plazu Slano blato. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta (samozaložba V. Kmetec): 58 f.

Kočevar, M., Ribičič, M. 2002. Geološke, hidrogeološke in geomehanske raziskave plazu Slano blato. *Geologija* 45, 2: 427–432.

Komac, B., Zorn, M., Kladnik, D. (ur.), Perko, D. (ur.). 2007. Pobočni procesi in človek, (Geografija Slovenije 15). Ljubljana, Založba ZRC: 217 str.

Kovač, M., Kočevar, M. 2000/2001. Plaz Slano blato nad Lokavcem pri Ajdovščini. *Ujma* 14–15: 122–129.

Logar, J., Fifer Bizjak, K., Kočevar, M., Mikoš, M., Ribičič, M., Majes, B. 2005. History and present state of the Slano blato landslide. *Natural hazards earth system Sciences* 5: 447–457.

Maček, M., Benko, I., Kočevar, M., Majes, B., Petkovšek, A. 2011. Zemljinska sukcijska kot indikator pojava pospešenih pomikov v plazu Slano blato. Plakat.

Majes, B., Pulko, B., Kuder, Sebastjan. 2004. Plaz Slano blato. Inženirske skice za izvedbo AB moznikov – vodnjakov. Inženirske skice (PZR, PZI). Ljubljana, RS, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, ARSO: 19 f.

Majes, B. 2005a. Izvajanje postopne sanacije velikih plazov v Sloveniji. V: Macuh, B. (ur.). Zbornik referatov 6. Šukljjetovih dnevov, Rogaška Slatina, 21. oktober 2005. Ljubljana, Slovensko geotehniško društvo: str. 17–38.

Majes, B. 2005b. Projektna naloga za izdelavo idejne zasnove AB moznikov-vodnjakov sestavljenih iz AB kolov na levi (severozahodni) strani plazuz Slano blato nad Lokavcem. Ljubljana, RS, Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO: 12 f.

Majes, B. 2005c. Projektna naloga za izdelavo idejne zasnove zaščite strme kamnite brežine »pod slapom« nad platojem za interventni odvoz plazine iz vznožja plazuz Slano blato. Ljubljana, RS, Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO: 7 f.

Majes, B., 2005d. Idejna zasnova sanacije plazuz Slano blato nad Lokavcem. (Arhiv Strokovnega odbora za velike plazove). Osebna komunikacija. (9. 11. 2011.)

Majes, B., 2004. Projektna naloga za izdelavo projektne dokumentacije (PZI – inženirske skice, PZR) za ojačitev AB moznikov-vodnjakov na plazuz Slano blato. Ljubljana, RS, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, ARSO: 12 f.

Majes, B. 2003. Mejna napetostna stanja v temeljnih tleh – stabilnostne analize. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 50 str.

Mikoš, M., 2008. Osnove hudourništva. Skripta.

ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/students/vodne_zgradbe/Vodne_zgradbe_2008.pdf (Pridobljeno 1. 2. 2012.)

Mikoš, M., Batistič, P., Đurović, B., Humar, N., Janža, M., Komac, M., Petje, U., Ribičič, M., Vilfan, M. 2004. Metodologija za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti zaradi zemeljskih plazov: končno poročilo. Ljubljana, FGG UL, Katedra za splošno hidrotehniko: 165 str.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/met_zemeljski_2.pdf (Pridobljeno 6. 10. 2012.)

Oporne in podporne konstrukcije. 2012.

[http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-](http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/PODPORNE%20KONSTRUKCIJE.pdf)

[gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/PODPORNE%20KONSTRUKCIJE.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/PODPORNE%20KONSTRUKCIJE.pdf) (Pridobljeno 3. 10. 2012.)

Pavlič, M. U. 2005. Inženirskogeološke in hidrogeološke razmere na plazuz Slano blato. Diplomaska naloga. Naravoslovnotehniška fakulteta (samozaložba M. U. Pavlič): 87 f.

Petkovšek, A. 2000/2001. Geološko geotehnične raziskave plazů = Geological-geotechnical investigations of the Stože landslide. *Ujma* 14/15: 109–117.

Placer, L., Jež, J., Atanackov, J. 2008. Strukturni pogled na plaz Slano blato. *Geologija* 51, 2: 229–234.

Ribičič, M. 2007. Inženirska geologija I: skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo: 1. zv. (loč. pag.).

Ribičič, M., Komac, M., Mikoš, M., Fajfar, D., Ravnik, D., Gvozdanović, T., Komel, P., Miklavčič, L., Fras, M. 2005. Novelacija in nadgradnja informacijskega sistema o zemeljskih plazovih in vključitev v bazo GIS_UJME: končno poročilo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

<http://www.sos112.si/slo/page.php?src=rd132.htm> (Pridobljeno 6. 10. 2012.)

Ribičič, M. 2002a. Izračun volumnov in sanacija plazů Slano blato nad Lokavcem pri Ajdovščini. *Ujma* 16: 335–345.

Ribičič, M. 2002b. Zemeljski plazovi, usadi in podori. V: Ušeničnik, B. (ur). *Nesreče in varstvo pred njimi*. Ljubljana: Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo: str. 260–266.

Ribičič, M., Kočevar, M. 2002. Končna sanacija plazů Slano blato nad Lokavcem pri Ajdovščini. *Geologija* 45, 2: 525–530.

Ribičič, M., Mikoš, M. 2002. Varstvo pred zemeljskimi plazovi. V: Ušeničnik, B. (ur). *Nesreče in varstvo pred njimi*. Ljubljana, Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo: str. 523–532.

Skaberne, D. 2000/2001. Prispevek k slovenskemu izrazoslovju za pobočna premikanja. *Ujma* 14–15: 454–458.

Slano blato. 2012.

<http://www.primorske.si/Primorska/Goriska/Na-plazu-Slano-blato--cistijo--vodnjake-in-sadijo.aspx> (Pridobljeno: 3. 10. 2012.)

Steinmann, F. 1999. Hidravlika. 1 ponatis. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hidrotehnična smer: 295 str.

Stopar, R. 2011. Geofizikalne preiskave na območju plazzu Slano blato nad Lokavcem, Geoinženiring d.o.o. (Arhiv Strokovnega odbora za velike plazove). Osebna komunikacija. (9. 11. 2011.)

Škrabl, S. 2006. Projektna naloga za izdelavo idejne zasnove dvovrstne pilotne stene v osrednjem delu plazzu Slano blato nad Lokavcem. Ljubljana, RS, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, ARSO: 9 f.

Vovk Korže, A., Vrhovšek, D., Istenič, D., Hercog, A. Simončič, M. 2011. Izobraževalni program za informatorje za JVS. Učni poligon za ERM – Modraže.
<http://www.erm-jvs.si/ostalo.html> (Pridobljeno 18. 8. 2012.)

Zorn, M., Komac, B., Kladnik, D. (ur.), Perko, D. (ur.). 2008. Zemeljski plazovi v Sloveniji. Georitem 8. Ljubljana, Založba ZRC: 159 str.

Zorn, M., Mikoš, M. 2010. Meritve površinske erozije tal v gozdu Slovenske Istre. Gozdarski vestnik 68, 7–8: 361–366, 379–392.

TEHNIČNE SPECIFIKACIJE

TSC 03.325. 2002. Maloprometne ceste (delovni osnutek).

URADNI LISTI

Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 91–3896/2005: 9303.

Zakon o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazov večjega obsega iz let 2000 in 2001 (ZUOPZP). Uradni list RS št. 21–913/2002: 1592.

Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazov večjega obsega iz let 2000 in 2001 (ZOUOPZP-B). Uradni list RS št. 109–4324/2012: 12139.

Zakon o vodah (ZV-1). Uradni list RS št. 67–3237/2002: 7648.

SEZNAM PRILOG

- PRILOGA A: A1 Situacija obstoječega stanja
A2 Predlog ureditve plazu
- PRILOGA B: B1.1 Situacija območja 1 – obstoječe stanje
B1.2 Model terena obstoječega stanja na območju 1
B1.3 Model terena – realen prikaz obstoječega stanja na območju 1
- B2.1 Situacija predlagane ureditve območja 1 (varianta 1)
B2.2 Model terena na območju 1 – predlog ureditve
B2.3 Prereza P1 in P2 (varianta 1)
B2.4 Prereza P3 in P4 (varianta 1)
B2.5 Prereza P5 in P6 (varianta 1)
B2.6 Prereza P7 in P8 (varianta 1)
B2.7 Prereza P9 in P10 (varianta 1)
- B3 Situacija predlagane ureditve območja 1 (varianta 2)
B4 Model terena na območju 1 – primerjava obstoječega in načrtovanega stanja
B5 Primerjalni prečni prerez terena nad vodnjaki
- PRILOGA C: C1 Situacija predlagane ureditve območja 1 z vrisanimi seizmičnimi prerezi
C2 Cevne povezave med vodnjaki
- C3.1 Seizmični profil P1/2011 z dorisanim vodnjakom V1
C3.2 Seizmični profil P1/2005 z dorisanimi vodnjakoma V2 in V3
- PRILOGA D: D1.1 Pregrada A – situacija (varianta 1)
D1.2 Prečni in vzdolžni prerez skozi pregrado A (varianta 1)
D1.3 Pregrada A – varianta 1
- D2.1 Pregrada A – situacija (varianta 2)
D2.2 Prečni in vzdolžni prerez skozi pregrado A (varianta 2)
D2.3 Pregrada A – varianta 2

- PRILOGA E: E1.1 Pregrada B – situacija (varianta 1)
E1.2 Prečni in vzdolžni prerez skozi pregrado B (varianta 1)
E1.3 Pregrada B – varianta 1
- E2.1 Pregrada B – situacija (varianta 2)
E2.2 Prečni in vzdolžni prerez skozi pregrado B (varianta 2)
E2.3 Pregrada B – varianta 2
- PRILOGA F: F1 Pregrada C – situacija
F2 Prečni in vzdolžni prerez skozi pregrado C
F3 Pregrada C
- PRILOGA G: G1.1 Situacija – trasa gradbiščne poti (varianta 1)
G1.2 Vzdolžni prerez – niveleta gradbiščne poti (varianta 1)
- G2.1 Situacija – trasa gradbiščne poti (varianta 2)
G2.2 Vzdolžni prerez – niveleta gradbiščne poti (varianta 2)
- PRILOGA H: Normalni prečni prerez gradbiščne poti
- PRILOGA I: Prispevna območja
- PRILOGA J: Hidravlični izračuni odvodnih kanalov
- PRILOGA K: Hidravlični izračuni prelivnih sekcij pregrad
- PRILOGA L: Preverba prevodnosti cevnih prepustov