



Izvedbeni načrt za zaščito ceste pred padajočim kamenjem na R2-424/1166 Boštanj - Planina v km 14,300

ŠTEVILKA NAČRTA: P-44/25-N

Vsebina

I.	UVOD	2
II.	OSNOVE ZA IZDELAVO IZN	3
III.	OPIS INŽENIRSKOGEOLOŠKIH RAZMER	3
IV.	STABILNOSTNA ANALIZA POBOČJA	6
V.	TEHNIČNE REŠITVE	10
a.	PRIPRAVA BREŽINE.....	11
b.	MREŽE VISOKE NATEZNE TRDNOSTI	12
c.	POVRŠINSKA ODVODNJA S HUDOURNIŠKO KANALETOM	13
d.	INŽENIRSKO BIOLOŠKA SANACIJA BREŽINE	14
VI.	TEHNIČNE ZNAČILNOSTI PREDVIDENIH UKREPOV	16
VII.	POTEK DEL	19
VIII.	EMISIJE DELCEV Z GRADBIŠČA	19
IX.	ZAKLJUČEK	21

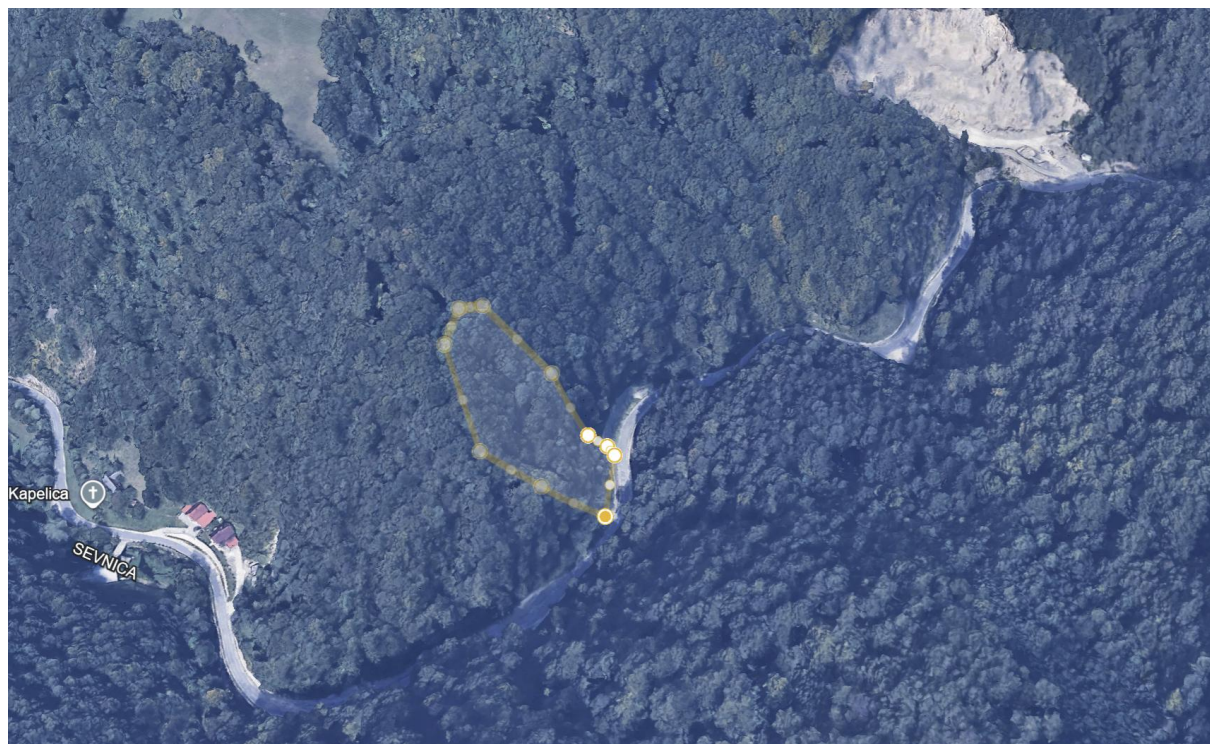
I. UVOD

Na vkopni brežini državne ceste R2-424/1166 Boštanj – Planina v km 14.300, prihaja do podorov in plazenja brežine, pri čemer je nazadnje junija 2025 izpadel blok razprl obstoječo visečo heksagonalno mrežo in padel na vozišče. Na istem mestu se je podor zgodil že v letu 2022, kjer je večji blok razprl visečo heksagonalno mrežo in padel na vozišče. Vkopna brežina je na obravnavanem območju obzidana s kamnito zložbo, za katero so na vrhu vgrajene betonske koritnice. Kamnito betonska zložba se v smeri naraščajoče stacionaže nadaljuje v sidrane AB slope, ki so obzidani s kamnom v betonu. Nekatere sidrne kape so poškodovane. Nasipno stran obravnavnega odseka, proti potoku Sevnica, podpirajo zidovi. Širina vozišča znaša cca 7.0 m.

Za začasno zaščito je bilo v okviru interventnih del izvedeno interventno čiščenje brežine, odstranitev nevarnih dreves, miniranje labilnega bloka dim. cca 10 m³ ter postavitev začasnih palisad v skupni dolžini 56 m. Brežina je v dnu tudi podprta s kamnitobetonskim zidom višine do cca 6 m, ki je zaenkrat stabilen.

V sklopu te naloge se je izdelala zasnova zaščitnih ukrepov za zaščito pred skalnimi podori na vkopni brežini. Na zalednem pobočju ni posebne nevarnosti pred padanjem kamenja na vozišče, zato ocenjujemo, da varovalni ukrepi za padajoče kamenje iz zaledja niso potrebni.

Izvedbeni načrt je izdelan na podlagi inženirsko geološkega elaborata št. 0879-199/2025, izdelovalca Geološko projektiranje d.o.o., Ledine 17, 5281 Spodnja Idrija, ki je sestavni del projekta.



Slika 1: Prikaz območja (vir: Google earth, 2025)



II. OSNOVE ZA IZDELAVO IZN

Osnove za izdelavo izvedbenega načrta predstavljajo naslednje podlage:

- Inženirsko geološki elaborat št. 0879-199/2025, izdelal Geološko projektiranje Idrija, Ledine 17, 5281 Sp. Idrija
- Lidar posnetek terena pridobljen na portalu eVode
- Fotogrametrični oblak točk in ortofoto posnetek, ki ga je izdelal DRI
- Prejeta predhodna dokumentacija PZI in PID rekonstrukcije vozišča

III. OPIS INŽENIRSKOGEOLOŠKIH RAZMER

Inženirsko geološke razmere so detaljneje opisane v inženirsko geološkem elaboratu, ki je sestavni del projekta. V IG elaboratu so detaljno obravnavane inženirsko geološke razmere območja, vključno s stabilnostno analizo pobočja ter oceno ogroženosti pred padajočim kamenjem iz zalednih brežin.

Podan je tudi slikovni material in detajlnejši opis značilnosti pobočja s predlogom ukrepov. V tem poročilu povzemamo samo pomembne zaključke in predloge ukrepov.

Pomembni zaključki inženirsko geološkega elaborata za sanacijo:

- Inženirsko-geološke podatke se je pridobilo z inženirsko geološkim kartiranjem cestne brežine in zalednega pobočja nad cesto, s pomočjo lidarskih podatkov in aerofoto zajema z RTK brezpilotnim letalnikom. Pri kartiranju je bilo potrebno definirati osnovne geološke značilnosti pobočja, oceniti debelino preperine ter hidrogeološke razmere. Potrebno je bilo tudi locirati in definirati kritična žarišča v zaledju in pozicije labilnih blokov.
- Bistveni strukturni element obravnavanega območja je narivni kontakt, ki med seboj loči spodaj ležeče spodnjetrojasko kamnine od zgoraj ležečih norijsko retijskih dolomitov. Na podlagi kartiranja je ugotovljeno, da poteka narivni kontakt skoraj vzporedno z labilnim območjem, ki je označeno kot širše območje fosilnega plazju. Na jugozahodni strani t.i. širšega območja fosilnega plazju je narivni kontakt zamaknjen ob dinarskem prelomu. Glede na smer razpok v zgornjetrojaskem dolomitu ima prelom smer in vpad 35/80°. Na pregledanem območju je omenjen prelom najmočnejši, saj ima največji navidezni premik. Proti jugu mu sledi serija vzporednih prelomov, ki prav tako zamikajo narivni kontakt, ki poteka nad dolino vodotoka Sevnica.
- Pregled mikrolokacije aktivnega plazju je pokazal, da se je le-ta sprožil na območju starega plazjenja. To dokazujejo na terenu vidni ostanki starih zgornjih odlomnih robov (v obliki stopnic na pobočju). V območju najvišjega odlomnega robu so drevesa z značilno sabljasto rastjo, ki kažejo na plazjenje med njihovo rastjo. Nad najvišjim robom se naklon pobočja zmanjša. Rast dreves (posebno smrek) je nad njim navpičen, kar kaže da v zadnjih desetletjih višje od odlomnega roba plazjenje ni nastopalo. Posledica večkratnih plazenj močno tektonsko poškodovane kamnine (predvsem dolomita) je nastanek debelejšega preperinskega pokrova, ki ga sestavljajo bloki bolj ali manj preperelega dolomita, ki »plavajo« v okoliški zemljini, sestavljeni pretežno iz grušča in peska. Kamnina v podlagi ima zaradi tektonske zdrobljenosti geomehanske lastnosti blizu lastnostim zemljin in se ne razlikuje bistveno od preperinskih plasti.

- Za ugotovitev geomehanskih razmer (debeline preperine) na plazju se je izvedlo 4 preiskovalne vrtine z uvrtnjem IBO sider, premera 32 mm. 3 vrtine se je izvedlo na območju preteklega podora, še 1 vrtina se je izvedla na levem delu plazju. Na podlagi vrtin je bilo ugotovljeno, da do preiskane globine ni kompaktne kamninske podlage. V vrhnjem delu je plast gruščev večinoma debeline med štirimi in petimi metri, nato tla sestavlja mehkejša kamnina (predvidevamo, da skrilavi glinevec oz. peščenjak), ki se izmenjuje z dolomitom.
- Zaradi tektonske prizadetosti dolomita v podlagi, in predhodnih plazenj na posamezni vrtini, ni bilo mogoče z gotovostjo ugotoviti, kje je kontakt plazine s podlago. Aktivni plaz se je namreč sprožil na območju starega plazanja. Posledično nimamo opraviti (kot je običajno) s stanjem, ko se preperinski pokrov in podlaga po lastnostih (sestave in trdnosti) močno razlikujeta. Kljub temu na podlagi podatkov, ki jih imamo ocenjujemo, da je drsna ploskev aktivnega dela plazju najbolj verjetno na globini med štirimi in petimi metri pod površino. Za boljše podatke bi bila potrebna vsaj izvedba raziskovalnih vrtin z jedrovanjem.
- Pri pregledu zaledja nad plazom je bilo ugotovljeno, da na pobočju ni kritičnih labilnih žarišč, ki bi posebej ogrožale cesto in promet. Pojavljajo se posamezni razmeroma kompaktni dolomitni izdanki, ki izgledajo solidno vpeti v podlago. Posamezni manjši grušči so zelo redki, poleg tega je tik nad plazom izravnava, kjer prihaja do zaustavljanja materiala.
- (Vodozbirno) zaledje nad plazom je rahlo kapljičaste oblike. Le-to sicer ni posebej obsežno (0.6 ha), vendar prihaja do koncentriranja zalednih površinskih voda neposredno na plaz. Stalnih vodotokov ali izvirov ni bilo opaženih v času pregledov terena.
- V splošnem uvrščamo zgornjetriasne dolomite, ki izdanjajo tik nad območjem plazju (podora), med srednje prepustne kamnine, v katerih je razvit razpoklinski vodonosnik. Ker pa je dolomit tektonsko pretrt, je njegova prepustnost močno zmanjšana in ga lahko ob narivnem kontaktu smatramo kot neprepustnega. Enako velja za skitske peščene dolomite, ki pa so že zaradi mineraloške sestave v primerjavi z zgornjetriasnim dolomitom manj prepustni. Ne glede na stopnjo tektonske pretrtosti uvrščamo skrilave glinavce in sljudnate peščenjake med neprepustne kamnine. Le te predstavljajo bariero podzemni vodi. Sodeč po geološkem opisu vrtin, so v globini tudi glinavci oziroma peščenjaki.
- Gola površina plazju brez rastlinja, razpoke na plazju, valovita površina so in bodo vzrok povečane infiltracije padavinske vode v telo plazju, ki je pred sprožitvijo plazju večinoma površinsko odtekala po strmi brežini. Ob bolj ekstremnih padavinskih razmerah bo lahko nastala za kamnito zložbo občasna podtalna voda in bodo morda zato narasli tudi vodni tlaki na podporno konstrukcijo ob cesti, pri čemer je za zidom izvedena drenaža, ki bi predvidoma morala v večji meri to preprečevati.
- Naklon pobočja se večinoma giblje med 37 in 42 °, lokalno ponekod presega 45°. Glede na geomehanske karakteristike tal bi se stabilnost pobočja lahko bistveno izboljšalo z zmanjšanjem naklona pobočja na 32° ali manj, za kar pa bi bilo verjetno najboljše odstraniti spodnji zid in izdelati višji zid (cca 10 m) iz AB slopov. Za točno preveritev smotrnosti takšne ukrepa (npr. za primer, če je potencialna plaznica še globlja, kot je v tem projektu predvideno) ter za njegovo dimenzioniranje, bi bilo potrebno izvesti dodatne geomehanske preiskave, zato se smatra, da takšna rešitev presega nivo

obdelave tega projekta. V pričujočem projektu se tako rešuje predvsem površinsko stabilnost (stabilizacija zgornje plasti gruščev), celotne globalne stabilnosti pobočja, ki bi bila morebiti lahko ogrožena predvsem ob pojavu izredno neugodnih zunanjih dejavnikov pa s predlaganimi ukrepi ni mogoče stodstotno zagotoviti. Kakorkoli bo z izvedbo predlaganih ukrepov varnost bistveno večja.



Slika 1: Pogled na plaz iz desne



Slika 2: Pogled na osrednji del plazu



Slika 3 in 4: Odprte zaledne razpoke v zaledju



Slika 5 in 6: Skalne čeri nad plazom in izvedba raziskovalnih vrtin

Sanacijski ukrepi, ki izhajajo iz ugotovljenih inženirsko geoloških razmer:

- Poravnava površine v enakomernejši nagib z bagrom pajkom,
- intenzivna ozelenitev s setvijo v seneni nastilj ter namestitvijo prečnih lesenih oblic po plaz,
- površinska odvodnja zaledne vode s hudourniškimi kanaletami,
- zabitje zaledne razpoke in zapolnitev s neprepustno zemljino,
- odstranitev večjih skal dolomita,
- alpinistični pregled zaledja in zalaganje labilnih gruščov v stabilno lego (vkop v teren) ali odstranitev,
- prekritje plaz z mrežo visoke natezne trdnosti, sidrano v kompaktno podlago. Predvidena dolžina sider 10 – 12 m.

IV. STABILNOSTNA ANALIZA POBOČJA

Za potrebe izdelave zasnove ukrepov se je izdelala stabilnostna analiza pobočja s programoma Rocscience Slide2 ter Geobrugg AG Ruvolum.



Slide2 je programska oprema podjetja Rocscience za 2D analizo stabilnosti brežin z uporabo metod mejnega ravnotežja (LEM). Omogoča modeliranje geometrije, materialov, podzemne vode ter različnih podpornih elementov, kot so sidra, geosintetiki in konstrukcije. Program omogoča analizo krožnih in nekrožnih ploskev zdrsa, določitev faktorja varnosti ter izvedbo različnih scenarijev za preverjanje stabilnosti zemeljskih in kamnitih brežin.

Ruvolum je namensko orodje podjetja Geobrug za tehnično dimenzioniranje sistemov mrežne stabilizacije pobočij. Program na podlagi geometrije terena in lastnosti kamnine določi energijske ter nosilnostne zahteve ter preveri ustreznost posameznih tipov mrež visoke natezne trdnosti. Rezultat je izbor ustrezne mreže in sidrnega sistema, ki skupaj zagotavljata zadostno stabilizacijo ter preprečevanje površinskih zdrsov in odlamljanja hribine.

a. Slide2

Vhodni podatki

Pri določitvi sestave in lastnosti temeljnih tal se je poleg rezultatov raziskovalnih vrtin te navodil geologa oprlo tudi na podatke s predhodno izvedenih študij (*Poročilo o preiskavah tal in geotehničnem projektu, dop. po rec., izdelovalca Geoinženiring d.o.o., Maribor, julij 2010*).

Skladno s tem so bile določene naslednje geomehanske karakteristike temeljnih tal:

Preglednica 1: Uporabljene geomehanske karakteristike temeljnih tal

	Strižni kot (°)	Kohezija (kPa)	Prostorninska teža (kg/m ³)
Grušč dolomita in skrilavca	36	0	2000
Glinasti skrilavec	35	20	2400
Dolomit	40	100	2500

Stabilnostno analizo se je izvedlo na mestu 2-eh kritičnih prečnih prerezov na plazu, in sicer enega za levo in enega za desno stran plazu (*prereza P2 in P5; glej risbo G.1.2*).

Prereza z mejami litoloških plasti ter nivojem podtalne vode se je izvozilo iz programa CAD ter uvozilo v Slide2. Meje litoloških plasti se je določilo glede na kritičen prerez, ki ga predstavlja raziskovalna vrtina V-1 (4 m grušči, 4 m glinasti skrilavec, 2.5 m dolomit, 1.5 glinasti skrilavec, nato spet dolomit). Nivo podtalne vode se je določilo, da se nahaja okoli 1 m pod površjem.

V območju prereza P2 tik nad zaledno razpoko aktivnega dela plazu izdanja tudi dolomitni izdanek, za katerega se ne ve točno v kakšni meri je vraščen v matično podlago. Glede na to, da je zaenkrat stabilen predpostavljamo, da je vsaj delno vraščen v matično podlago - se pa nahaja v območju fosilnega plazu, kjer morfologija terena nakazuje, da se je v preteklosti verjetno za nekaj metrov posedel skupaj s preostalim delom plazu. V modelu se je zato predpostavilo, da gre za osamelec, ki pa je vezan v plast glinastih skrilavcev. Na ta način se je v modelu tudi formirala plaznica, ki odgovarja dejanskemu stanju na terenu.

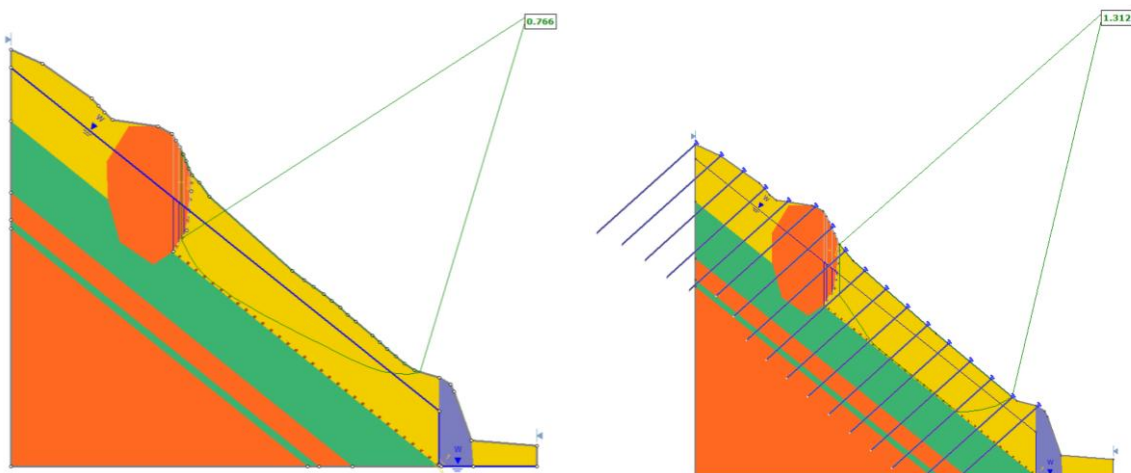
Za izračun se je uporabilo naslednje Spencer ter GLE/Morgenstern-Price metoda, nato se je izbralo kritično vrednost. Rezultati obeh metod se sicer bistveno ne razlikujejo.

Rezultati

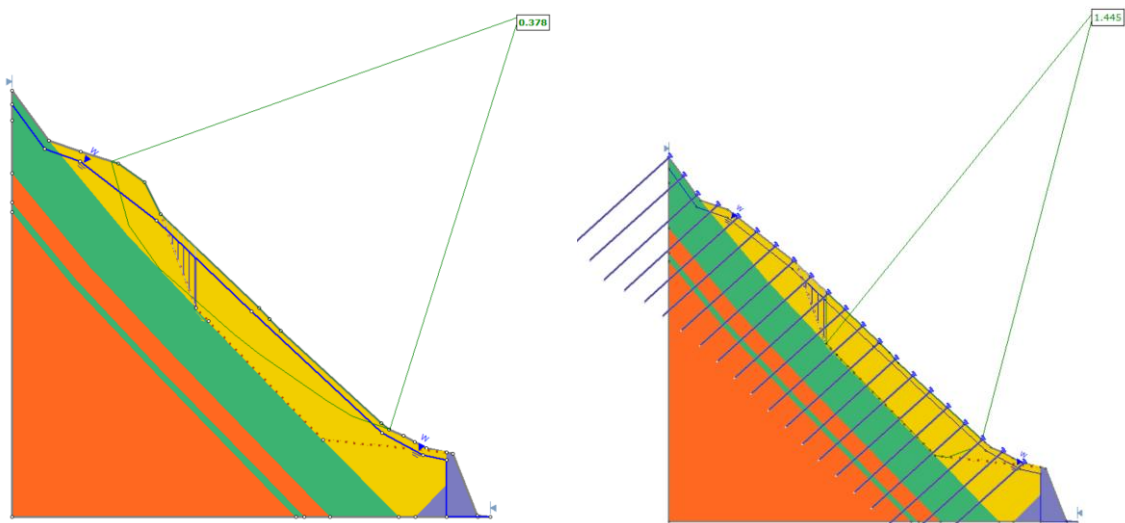
Pri uporabi zgoraj navedenih materialnih karakteristik ter upoštevanju nivoja vode okoli 1 m pod površjem se je uporabilo varnostne faktorje za obstoječe in predvideno stanje, ki so navedeni v tabeli spodaj. Za sidra se je uporabilo pasivna sidra min. natezne trdnosti 360 kN (meja lezenja). Za potres se je uporabilo horizontalni projektni pospešek 0.175 m/s² ter vertikalni projektni pospešek 0.08 m/s² (povratna doba 475 let).

Preglednica 2: Uporabljene geomehanske karakteristike in rezultat stabilnostne analize v programu Slide2

	Obstoječe stanje	Raster sider	Predvideno stanje	Predvideno stanje (potres)
P2	0.766	2.5 x 2.5	1.312	1.109
P5	0.378	2.25 x 2.25	1.445	1.108



Slika 7 in 8: Stabilnostna analiza v prerezu P2 (obstoječe stanje – levo, predvideno stanje – desno)



Slika 9 in 10: Stabilnostna analiza v prerezu P6 (obstoječe stanje – levo, predvideno stanje – desno)

b. Ruvolum

Pojav plitvih zdrsev se je v modelu programa Slide2 onemogočil, zato ker se je v preverjalo predvsem globlje zdrse v območju gruščev. Za plast zgornjih 2.5-eh metrov grušča se je stabilnostno analizo izdelalo posebej v programu Ruvolum, proizvajalca Geobrugg AG.

Preglednica 3: Uporabljene geomehanske karakteristike in rezultat stabilnostne analize za plitve zdrse

	Strižni kot (°)	Naklon (°)	Raster
P2	32	38	3.0 x 3.0
P5	32	42	2.5 x 2.5

Cross-section:

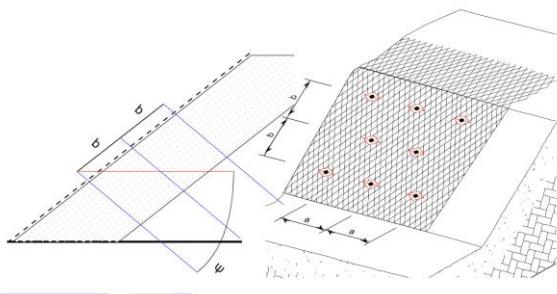
View nail arrangement:

Layer thickness

t= 2.5 m

Nail inclination

$\psi = 40.0$ degrees



Slope inclination

$\alpha = 38.0$ degrees

Friction angle ground (characteristic value)

$\phi_k = 32.0$ degrees

Volume weight ground (characteristic value)

$\gamma_k = 20.0$ kN/m³

Mesh and spike plate type

TECCO G65/3 + P33

About nailing

Variation a = b

Nail distance horizontal

a= 3 m

Nail distance in line of slope

b= 3.00 m

IBO R38/15

with rusting away

Dimensioning quantities

$\Phi_d = 26.6$ degrees

$c_d = 0.0$ kN/m²

$\gamma_d = 20.0$ kN/m³

Control:

Proofs of the mesh

OK (0.15)

Proofs of the nails

OK (0.82)

Slika 11: Stabilnostna analiza v programu Ruvolum za prečni prerez P2

Cross-section:

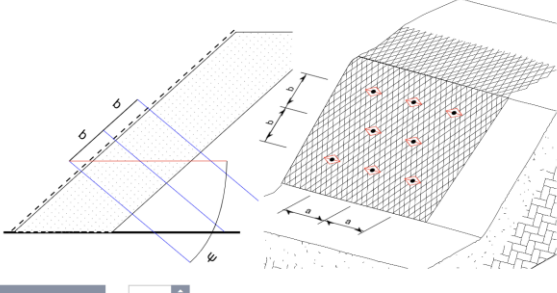
View nail arrangement:

Layer thickness

t= 2.5 m

Nail inclination

$\psi = 40.0$ degrees



Slope inclination

$\alpha = 42.0$ degrees

Friction angle ground (characteristic value)

$\phi_k = 32.0$ degrees

Volume weight ground (characteristic value)

$\gamma_k = 20.0$ kN/m³

Mesh and spike plate type

TECCO G65/3 + P33

About nailing

Variation a = b

Nail distance horizontal

a= 2.5 m

Nail distance in line of slope

b= 2.50 m

IBO R38/15

with rusting away

Dimensioning quantities

$\Phi_d = 26.6$ degrees

$c_d = 0.0$ kN/m²

$\gamma_d = 20.0$ kN/m³

Control:

Proofs of the mesh

OK (0.09)

Proofs of the nails

OK (0.74)

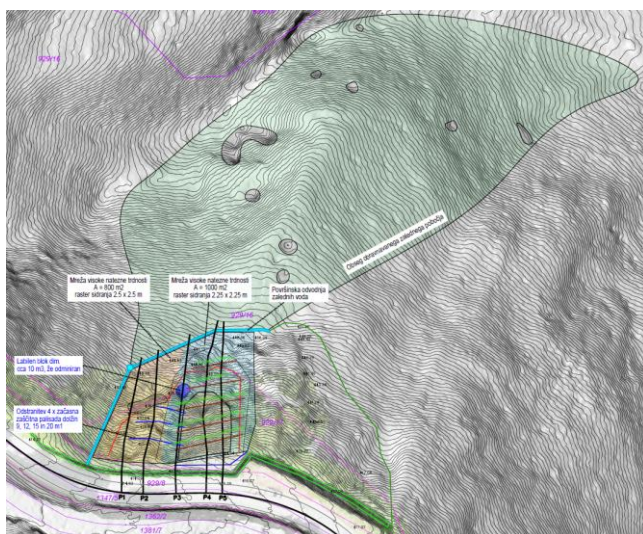
Slika 12: Stabilnostna analiza v programu Ruvolum za prečni prerez P5

V. TEHNIČNE REŠITVE

Na podlagi predhodnih analiz in izračunov predvidimo tehnične rešitve, ki so navedene spodaj.

Tehnične specifikacije ukrepov z zahtevami so opisane v poglavju VIII. Vsi ukrepi so razvidni iz gradbene situacije, prečnih in karakterističnih prereзов, ki so v prilogah G. – risbe.

Za zaščito brežine je predvidena izvedba mrež visoke natezne trdnosti ter inženirsko-biološka sanacija. Za preprečitev stekanja meteorne vode na plaz je predvidena površinska odvodnja s hudourniško kanaletjo.



Slika 13: Prikaz obravnavanega območja

a. PRIPRAVA BREŽINE

Za sanacijo brežine se najprej izvede posek vegetacije in planiranje celotnega območja plazu z bagrom pajkom, tako da se po celotni površini doseže čimbolj enakomeren (poravnan) potek terena, vključno z odstranjevanjem kakršnikoli odlomnih robov. Le-te je potrebno enakomerno zaobliti v čimvečjem radiju. Večje skale se vgradi v peto brežine, tako da le-te nudijo oporo brežini. Po potrebi se posamezne večje skale spikira.

Vkolikor bo potrebno pomožno sidranje oziroma privezovanje na obstoječe gozdno drevje izven območja postavitve zaščitne mreže, je potrebno drevesna debla predhodno zavarovati. S tem bo preprečeno morebitno fiziološko slabljenje drevja zaradi poškodbe ob izvedbi del.

Pri odkazilu dreves, poseku, spravilu lesa in odstranitvi izruvanih panjev mora biti prisoten biolog–specialist za hrošče, ki preveri prisotnost izletnih lukenj, dupel in saproksilnih vrst. Debla ali njihovi deli z zaznanimi saproksilnimi organizmi se deponirajo na ustrezni lokaciji izven fizičnega vpliva posega. Predvidena lokacija za deponiranje takšnega lesa je označena tudi na gradbeni situaciji (**zahteva ZRSVN**). Debla naj se odloži na način in lokacijo, da je omogočeno nemoteno odtekanje površinskih voda – po potrebi se izvede še izkop preusmeritvenega jarka.

Površina brežine, ki jo je potrebno splanirati je okoli 1470 m². Ocenjena količina premetanega materiala je okoli 500 m³, od tega se jih cca 220 m³ vgradi nazaj v brežino, 280 m³ pa odpelje na deponijo na razdalji do 15 km.

Ob planiranju površine je potrebno tudi **zatesniti obstoječo odprto zaledno razpoko** z neprepustnim materialom, na mestih kjer je le-ta odprta.

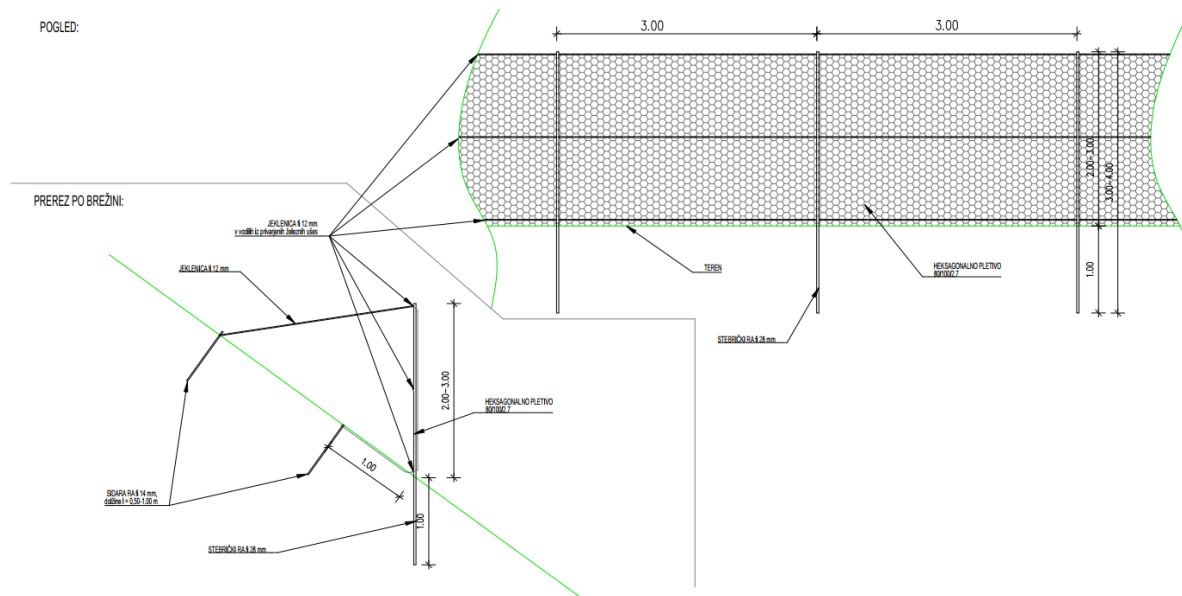
Pred izvedbo zemeljskih del je potrebno izvesti še **zaščito krone obstoječega zidu ter betonske koritnice** za zidom. Zaščito se izvede z lesenimi plohi in gradbenim filcem 500g/m² ter s kosmatim lesom (odstranjeno zarastjo) ali podobno. Celotna dolžina varovanja znaša ca. 50 m.

Z brežine je potrebno predhodno odstraniti tudi začasne lahke lovilne palisade, višine 2 m ter skupne dolžine 56 m, ki so bile izvedene v okviru interventne sanacije (glej risbo G.1.2). Le-te so bile izvedene pod celotnim obravnavanim območjem plazu. Na levi strani sta izvedeni še dve dodatni vrsti dolžine 9 in 12 m, pri čemer je zgornja krajša ograja skoraj v celoti zasuta z materialom. Le-to je posledica odminiranja labilnega bloka dim. cca 10 m³, ki se je nahajal tik pod odlomnim robom plazu.



Slika 14 in 15: Levo na sliki odminiran blok, desno zapolnjena palisada dolžine 9 m

Po potrebi se za zaščito bokov gradbišča izvede zaščite z lahko lovilno palisado na vsaki strani v dolžini 2 x 15 m. Palisada je višine 2.0 m, stebričke se izvede iz RA fi 28 mm z vodili iz privarjenih železnih ušes, skozi katere se izvede povezje z jekleno pletenico fi 12 mm (v dnu, po sredini in v vrhu), širina polj znaša 3.0 m. Za mrežni panel se uporabi heksagonalno pletivo 80/100/2.7, F = 40 kN. Palisado se sidra s sidri RA fi 12 mm, L = 0.5 – 1.0 m (detajl obdelan v risbah – G.2.3).



Slika 16: Shematski prikaz lahke lovilne palisade

b. MREŽE VISOKE NATEZNE TRDNOSTI

Za sanacijo pobočja se predvidi stabilizacija hribine z **mrežami visoke natezne trdnosti na površini 1800 m²**. Mrežni paneli so kapacitete min. **150kN/m v vse smeri**. Kvaliteta jekla mora biti minimalno 1770 N/mm². Velikost odprtin naj bo maksimalno 100 mm. Mreža mora biti korozijsko zaščitena v skladu z EN 10264-2, ZN - Al 5% ter preskušena v skladu z evropskim ocenjevalnim dokumentom EAD - 230025-00-0106 ali EAD 230008-00-0106.

Mreže se v hribino sidra z IBO sidri premera 32 mm, natezne trdnostni min. 360 kN (meja lezenja) dolžine 10 – 12 m (raster 2.25 – 2.5 m), ki se jih injektira z injekcijsko maso Cementol Injektin F3 (ali enakovredno). Sidra se sidra v naklonu 10° - 15° pod pravokotnico na teren (oz. 33° - 42° nad vodoravnico). Površine narekujejo uporabo cca 320 kom sider. Sidra naj se po potrebi vsaj minimalno vkoplje v teren, tako da se bo mreže lahko čim tesneje prilagodilo konfiguraciji terena.

Na podlagi predhodnih analiz in izračunov predvidimo različen raster sider za manj kritičen del plazu (leva stran - nižja) ter kritičnejši del plazu (desna stran – območje podora). Površina prekritja in ocenjeno št. sider je razvidno iz tabele spodaj. Raster sider se lahko v manjši meri prilagaja za čimbolj boljšo prilagoditev mreže h brežini oz. se po potrebi izvede dodatna sidra v morebitnih konkavah brežine.

Preglednica 2: Karakteristike mrež visoke natezne trdnosti za levo in desno stran plaz

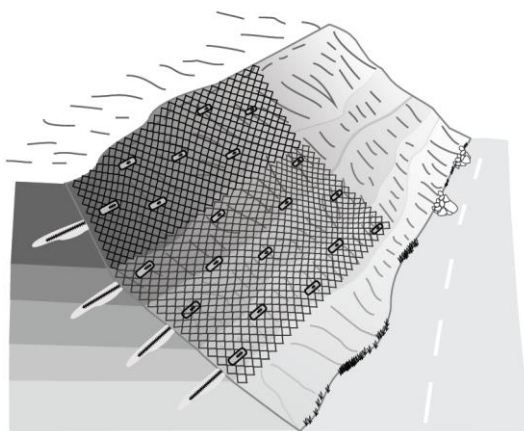
	Površina (m ²)	Raster sider (m)	št. sider (ocena)
Leva stran	800	2.5 x 2.5	115
Desna stran	1000	2.25 x 2.25	205

Ob izvedbi vrtanja, po opravljenem čiščenju brežine, je nujna prisotnost geomehanika, ki bo določil morebitna odstopanja globin sider v primeru večje globine preperine.

Mreže se pritrdi s pritrditvenimi ploščami (spike plates), ki zagotavljajo pritrditev mrežnih panelov.

Za kvalitetno izvedbo del bo potrebno izvesti čiščenje in posek zarasti in vse potrebne ukrepe za delo v vrvi tehniki.

Določevanje potrebnih karakteristik sider in žičnega pletiva smo izvedli s programskim paketom Slide2, podjetja Rocscience ter Rovolum, podjetja Geobrugg (glej rezultate v poglavju IV.)

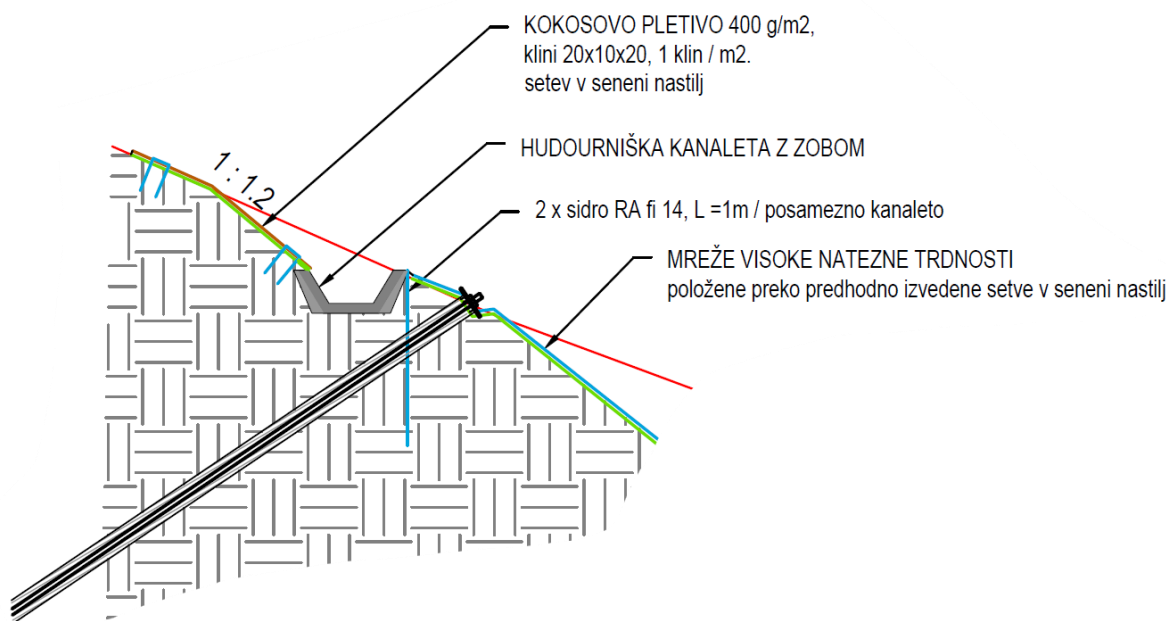


Slika 17 in 18: Primer izvedbe mrež visoke natezne trdnosti (levo) ter shematski prikaz polaganja mreže visoke natezne trdnosti (sidra so v vsaki vrsti medsebojno osno zamaknjena)

c. POVRŠINSKA ODVODNJA S HUDOURNIŠKO KANALETOM

Izvede se odvodnja površinske vode z zaledja, ki tangira na plaz. In sicer se v ta namen po zgornjem in levem obodu plaz vgradi hudourniške kanalete z zobom, v skupni dolžini 77 m. Kanele se v brežno dodatno sidra s klini RA fi14, L=1.0 m (2 kos/kanaleto). Na točki, kjer se kanalete usmeri proti dnu brežine bo potrebna tudi vgradnja betonskega cevnega jaška višine cca 2.5 m z vsemi potrebnimi deli (izkop, betonska posteljica ter tesnjenje spodnjega dela jaška z betonom C25/30 ter navezava na kanalete). Upoštevati tudi navezavo na obstoječe kanaleto nad zidom. Na celotnem poteku izvedbe je potrebno zagotavljati neprepustnost

odvodnje, prav tako je z zemljino nujno treba dobro zatesniti rob med kanaletami in vkopno brežino (da ne bo voda zatekala pod kanalete). Izkop nad kanaletno se vrši v naklonu 1:1.2 ter zavaruje s kokosovim pletivom in intenzivno zatravitvijo.



Slika 19: Shematski prikaz izdelave površinske odvodnje nad plazom

d. INŽENIRSKO BIOLOŠKA SANACIJA BREŽINE

Na celotni površini predvidenih mrež visoke natezne trdnosti se še pred izvedbo mrež izvede inženirsko-biološka sanacija brežine z vzpostavitvijo vegetacijskega pokrova in zaščito z mrežami visoke natezne trdnosti. Po končani površinski zaščiti se izvede popletanje vrbovih popletov in potikanje vrbovih potaknjencev po celotni površini plazu.

Vzpostavitev vegetacijskega pokrova se izvede po sistemu:

- Bogatenje z NPK 15-15-15 200 kg/ha
- Varovalna setev oves 100 kg/ha
- Setev travne mešanice brežina 280 kg/ha
- Avtohtoni seneni nastilj 10 cm

Nastilj je ključnega pomena, saj omogoča zaščito semena do kaljenja (odnašanje zaradi dežja, varovanje pred ptiči) in zadrževanje vlage v prvem letu po kaljenju. Površina namenjena zatravitvi znaša cca 1470m².

Za razprševanje površinskega odtoka se predhodno prečno na brežino vkoplje **sidrane lesene oblice** (kostanj, hrast, akacija ali enakovredno), v skupni dolžini ca. 84 m (lokacije vgradnje razvidne v risbi G.1.2). Za lesene oblice so dovoljene lesne vrste rdeči bor, macesen,

hrast, akacija ali kostanj, pri čemer opozarjamo da so se s kostanjem zaradi naravne ukrivljenosti lesa v preteklosti že pojavljale težave s prilagoditvijo na teren.

Premer oblice je 15-25 cm, dolžina 3-6 m. Namen oblic je primarno razprševanje površinske vode, zato je potrebno oblice vsaj za 1/3 vkopati v teren in na zaledni strani zasuti. Izkopi za oblice se vršijo ročno v alpinističnem pristopu, lokacije linij se zakoličijo na terenu, a osnem razmaku 5-7m po liniji brežine, oblice se po potrebi osno zamika, tako da med njimi ni vrzeli ter z naklonom proti sredini plazu, kjer je že v obstoječem stanju teren oblikovan v obliki grape, pravtako je na tem delu pobočje manj labilno. Po planiranju območja se zato tudi na tem delu ohrani rahlo grapasto obliko za lažji odtok vode.

Oblice se sidra s sidri RA fi 14, L = 1.0 – 1.5 m (3 kom/oblico dolžine 3-4 m). Skupna količina predvidenih oblic znaša 84 m.



Slika 20: Prikaz namestitve prečnih lesenih oblic

Po izvedeni vgradnji prečnih oblic in položeni zastirki se izvede zaščita površine z mrežami visoke natezne trdnosti.

Na desnem kritičnem delu se predvidi še povečanje hrapavosti površine z **izvedbo vrbovih popletov**, ki se jih namešča nad posamezne vrste lesenih oblic. Skupna dolžina popletov znaša cca 84 t.m. Za njihovo izdelavo se uporabi sveže vrbove količke, dolžine 60 - 80cm, premera 4 - 7 cm, ki se jih vgrajuje v razmaku 40-60 cm. Za preplete iz vrbovih šib se uporabi sveže, prožne šibe dolžine 1.5 – 3 m in premera 1 – 3 cm. Preplet naj bo kompakten, brez velikih odprtin. Vrbe bodo tako predvidoma pognale v 2 – 6 tednih, idealni čas zasaditve pa je pozna jesen - zgodnja pomlad. Ukrep potrebuje tudi nekaj nege, saj je potrebno redno nadomeščati poškodovane šibe in po potrebi dosajevati dodatne žive kole.

Kot pionirska vrsta se na desnem kritičnem delu plazu uporabi še bela vrba (*Salix alba*), ki jo vgradimo kot **potaknjence** – cca 500 kos.



Slika 21: Prikaz izvedbe vrbovih popletov

VI. TEHNIČNE ZNAČILNOSTI PREDVIDENIH UKREPOV

KVALITETA MATERIALA IN IZVEDBE DEL

Izvajalec mora predložiti atestno dokumentacijo s strani proizvajalca za vse bistvene nosilne elemente (izjavo o lastnostih). Predložiti je potrebno navodila za temeljenje, sidranje in montažo objektov, terminski plan ter plan spremljanja tekoče kakovosti del (protokol sidranja, preizkus sider). Kontrolo kvalitete in končno poročilo bo izdelala usposobljena pooblaščenca institucija v Sloveniji (ZAG, Igmat ...).

Za izvedbo del je potrebno uporabiti ustrezno vrtno garnituro primerno za delo v takem terenu. Globina vrtin za mreže je predvidena 10-12 m. Injektira se jih z ekspanzijsko injekcijsko maso, ki ustreza zahtevanim standardom (injekcijska masa mora izkazovati ustrezno pretočnost, nosilnost, nabrekavost in odpornost). Sestavljena mora biti iz čistega cementa in vode. Uporabi se običajni Portland cement. Voda mora biti čista, brez olja, kislin, lužin, organskih in drugih škodljivih snovi. Za izboljšanje lastnosti injektirne mase morajo biti uporabljeni dodatki. Injektirna masa mora biti strojno zmešana, kar zagotavlja enakomerno konsistenco. Pred injektiranjem mora izvajalec del nadzoru predložiti v potrditev recepturo injektirne mase v sklopu notranje kontrole.

V fazi vrtanja je za prenos potrebne opreme in gibanje do in po gradbišču potrebno izdelati dostopno peš pot do lokacije izvedbe in sicer v minimalnem potrebnem obsegu tako, da bo poseg v prostor zanemarljiv. Vse morebitne poškodbe je potrebno sproti sanirati in protierozijsko zavarovati.



- Protokol sidranja

Za vsako vrtino je potrebno voditi zapisnik o izvedbi sider, skladno s SIST EN 141990:2010. Zapisnik mora vsebovati datum, lokacijo, oznako vrtine, ime vrtalne garnitura, vodjo vrtalnih del, čas vrtanja, način vrtanja, smer, odklon in dolžino vrtine, sestavo in strukturo hribinskega materiala, način injektiranja, vrsto injektirne mase, porabo injektirne mase, posebnosti.

Vzeti je potrebno vzorce injekcijske mase pri vsakokratnem zalivanju (3 kom oz. se število vzorcev dogovori v sklopu nadzora) in jih testirati pri pooblaščen organizaciji skladno s SIST EN 445: preskus pretočnosti, preskus izločanja vode, preskus spremembe prostornine, tlačna trdnost.

Pri vgradnji sider je potrebno upoštevati določila SIST EN 14490.

Pri vgradnji samouvrtalnih sider morajo biti le-ta vgrajena z uvrtnjem vrtalnega droga v hribino, pri čemer se vrtalnega droga ne odstrani iz vrtine, saj ta ostane v njej, kot nosilni del sidra. Zainjektirana morajo biti sočasno z vrtanjem. Mešanico injektirne mase, injektirni pritisk in količino mora določiti izvajalec v skladu s hribinskimi pogoji (injektirna masa ne sme biti pregosta), pri čemer mora biti pomik sidra takšne hitrosti, da masa vedno vsaj minimalno izteka iz vrha vrtine, da se doseže polno oblitje vgrajenih sider. Premer krone mora biti min. 76 mm.

Alternativno se uporabi palična sidra (tipa GEWI 32). Pri vgradnji paličnih sider je potrebno zagotoviti zadostne premere vrtin, ki morajo zagotavljati kvalitetno injektiranje, spajanje, vgradnjo in korozijsko zaščito sidra – min. premer je 90 mm. Iz vrtin morajo biti odstranjeni vsi ostanki vrtanja, blata in drobirja. Vgradnja posameznega sidra mora biti izvedena v treh urah po vrtanju in pripravi vrtine. Pred vgradnjo sidra mora biti celotna vrtina zapolnjena s cementno malto. Da je to doseženo, mora biti najprej injektirna cev potisnjena do dna vrtine. Nato se cev počasi vleče iz vrtine tako, da se vrtina polni skladno z vtiskanjem injektirne mase. Šoba, ki je nameščena na koncu cevi, ki se pomika v vrtini, se mora vedno nahajati v injektirni masi, da se lahko sočasno z zapolnjevanjem vrtine izpodriva zrak. V primeru vrtanja skozi tektonsko razpokane cone ali grušče je potrebno pri vgradnji sidra uporabiti "nogavice" iz geosintetika, da se prepreči odtokanje injekcijske mase skozi razpoke. Vsa sidra je potrebno vgrajevati z distančniki, da bo zagotovljena ustrezna odpornost sider. Za izvedbo del je potrebno uporabiti ustrezno vrtalno garnituro primerno za delo v takem terenu.

V fazi projekta so predvidena testna sidra (7 kos). Lokacije testnih sider se določi na licu mesta glede na mikro pogoje terena.

Pred izvedbo delovnih sider se predlaga vgradnja in testiranje žrtvenih sider (3 kos), kar bo omogočilo natančnejše planiranje dolžin delovnih sider.

Test sider poteka v 5-ih stopnjah, trajanje posamezne stopnje znaša 5 min. Delovna obremenitev znaša 360 kN.

- Sprotna kontrola kakovosti

Sprotno kontrolo kakovosti je potrebno izvajati ves čas gradnje (navodila). Kontrolo izvaja nadzorni inženir ali geolog – geomehanik, ki ga določi investitor (geomehanski in projektantski nadzor).

- Končno kontrolo kakovosti (zunanja kontrola)

Končno kontrolo kakovosti mora opraviti usposobljena pooblaščen institucija v Sloveniji.



Natančno lokacijo varovalne ograje se določi ob prisotnosti projektanta. Končna lokacija bo lahko mestoma odstopala od lokacije vrisane v modelu reliefa, vendar odstopanje ne bo večje od treh višinskih metrov.

SIDRANJE MREŽ

Predvidevamo dolžino sider 10,00 do 12,00 m. Na osnovi izkušenj smo skupaj z izdelovalcem IG elaborata ocenili strižno trdnost (trenje) med plaščem sidra in okolico, ki znaša za pobočni grušč $t_{gr} = 60 \text{ kPa}$, za glinaste skrilavce $t_{gs} = 300 \text{ kPa}$ ter za dolomit $t_d = 500 \text{ kPa}$.

Kontrola odpornosti podlage na predvideno sidranje

Glede na dolžino sider smo izvedli kontrolo odpornosti podlage.

Sprijemna napetost kamnine $t_{m;k}$:

- | | |
|----------------------------|--------|
| - Pobočni grušč na površju | 0kPa |
| - Pobočni grušč | 60kPa |
| - Glinasti skrilavec | 300kPa |
| - Dolomit | 500kPa |

Za projektno sidro privzamemo sestavo tal:

- | | |
|--------------------|---|
| - Pobočni grušč | 4m (prvih 4 - 5 m ne prevzema nosilnosti) |
| - Skrilav glinavec | 4m |
| - Dolomit | 2m |

Karakteristična odpornost hribine $R_{a;k}$:

- | | | |
|--------------------|---|-------|
| - Skrilav glinavec | $44,4 \text{ kN} + 0,076 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 300 \text{ kPa} = 214,8 \text{ kN}$ | (8m) |
| - Dolomit | $214,8 \text{ kN} + 0,076 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 500 \text{ kPa} = 453,34 \text{ kN}$ | (10m) |

Pripadajoča projektna odpornost hribine $R_{a;d}$:

$453,4 \text{ kN}/1,1 = 412,2 \text{ kN}$ _____ globina 10m

Vsa dela pri sidranju morajo potekati pod nadzorom geologa, ki na podlagi strukture vrtine določi morebitne dodatne ukrepe. Pred izvedbo del je potrebno parametre izračuna dejansko prilagoditi na točno izbrani sistem sidranja oz. proizvajalca (proizvajalec poda maksimalne sile v sidrih).



VII. POTEK DEL

V **prvi fazi** se predvidijo naslednja pripravljalna dela (vrstni red se lahko po potrebi prilagodi skladno s potekom del):

- Izvedba polovične zapore ceste s semaforjem ter občasnimi popolnimi zaporami,
- postavitve začasne BVO z nadvišanjem,
- zaščita cestišča in obstoječih objektov,
- ureditev dostopa do lokacij,
- posek drevja in zarasti,
- planiranje brežine z bagrom pajkom,
- izvede se terensko trasiranje sidrišč,
- izvede se transport materiala in delovne opreme (vrtalke, kompresor) na predvidena delovišča (ročno, s pomočjo dvigal ali bagra pajka)

V **drugi fazi** se izvede naslednja dela:

- Izvede se vrtanje, vgradnja, injektiranje in testiranje žrtvenih sider ter določi potrebne globine sidranja na podlagi poročila o preiskavi sider,
- izvede se vgradnja sider,
- izvedba biotehnične sanacije,
- vgradnja prečnih lesenih oblice,
- namestitev prekrivnih mrež in izdelava površinske odvodnje.

V **tretji fazi** se predvidi:

- odstranitev začasnih zaščitnih ukrepov,
- odstranitev zapore,
- povrnitev okolice v prvotno stanje, vključno s čiščenjem obstoječe koritnice ter cevne prepusta na cestišču.

VIII. EMISIJE DELCEV Z GRADBIŠČA

V skladu z uredbo (Uredba o preprečevanju in zmanjševanju emisije delcev iz gradbišč (Uradni list RS, št. 21/11) za obravnavana dela ni potrebno izdelati ločenega elaborata preprečevanja in zmanjševanja emisije delcev iz gradbišča, saj v skladu s 2. členom uredbe podatki gradbišča naslednji:

- izvajanje gradbenih del bo predvidoma trajalo manj kot 12 mesecev
- gradbišče se nahaja na območju izven naselja, njegova površina pa ne presega 10.000 m².

Ne glede na prejšnje ugotovitve mora izvajalec upoštevati preostale določbe uredbe, predvsem v členih, ki se nanašajo na dela, kakršna bodo izvajana na dotičnem gradbišču:

Za predmetno gradbišče je potrebno smiselno upoštevati naslednje dikcije, povzete iz uredbe:

Na gradbišču se za preprečevanje in zmanjševanje emisije delcev na viru onesnaževanja zunanjega zraka izvajajo naslednji ukrepi:

- na točkovnih virih, kot na primer na mestu mestu brušenja, rezkanja ali klesanja gradbenih materialov, in



- na razpršenih virih, kakršen je na primer emisija delcev iz prometa po gradbiščnih poteh, pri pretovarjanju ali skladiščenju gradbenega materiala, pri izkopavanju zemljine in njenem nakladanju ter pri transportu zemeljskega izkopa ali pri ravnanju z gradbenimi odpadki.

Pri izvajanju del, pri katerih nastaja izrazita emisija delcev, se morajo uporabljati naslednji ukrepi za preprečevanje in zmanjševanje emisije delcev:

- prepovedano je prašno usedlino odstranjevati s pihanjem, prašne površine čistiti s stisnjenim zrakom ali čistiti na območju gradbišča s suhim pometanjem;
- prašne usedline je treba odstranjevati z vlažnim ali mokrim postopkom glede na stanje tehnike ali s sesalnim postopkom z uporabo primerne sesalnika za prah ali prašne usedline;
- prah je treba vezati na površinah materialov z vzdrževanjem vlažnosti materiala, na primer z avtomatsko vodenim ali ročnim vodnim škropljenjem;
- pri premeščanju in pretovarjanju:
- je treba gradbene odpadke odmetavati z višine, ki ni večja od višine posod ali zabojnikov za zbiranje in prevažanje gradbenih odpadkov. Če se tehnično ne da izogniti odmetavanju gradbenih odpadkov z večjih višin, kot je višina posod ali zabojnikov, ki se uporabljajo za zbiranje in prevažanje gradbenih odpadkov, je treba uporabiti padne cevi ali pokrite drče za gradbene odpadke, konce padnih cevi pa je treba z manšetami povezati neprepustno za prah,
- uporabljati majhne izstopne hitrosti transportnih sistemov,
- gradbene odpadke pa je treba zbirati in prevažati v zaprtih ali pokritih posodah ali zabojnikih;
- pri rušenju objektov je prepovedano odmetavati tramove, gradbeno pohištvo in lahke gradbene elemente ter jih odlagati ali premeščati ročno ali z gradbenimi dvigali;
- rušenje ali razgradnjo objektov je treba izvesti, če je tehnično možno, v velikih kosih, prah pa je treba vezati na gradbeni material z omočenjem;
- na gradbišču je prepovedano gradbene odpadke z drugih gradbišč obdelovati s postopki drobljenja, lomljenja ali mletja, vključno z obdelavo gradbenih odpadkov v premičnih napravah;
- pri odstranitvi objekta je treba zaradi zmanjševanja prašenja uporabljati pokrove in zaporne stene za preprečevanje širjenja prahu;
- transportni trakovi morajo biti popolnoma pokriti ali zaprti;
- pri odstranitvi objekta z velikimi površinami in razstreljevanju večjega objekta, pri katerem ni mogoče izdelati pokrovov in zapornih sten, je treba predvideti primerno alternativno vezavo prahu, kot je na primer močno omočenje ali vodna zavesa.

Na gradbišču je treba zaradi preprečevanja in zmanjševanja razpršene emisije delcev zagotavljati naslednje organizacijske ukrepe:

- zmanjševati je treba količino skladiščenega gradbenega materiala in gradbenih odpadkov,
- skladiščeni gradbeni material je treba zaradi zmanjšanja prašenja prekrivati, vlažiti ali zaslanjati pred vplivi vetra,
- na izvozih z gradbiščnih cest oziroma izvozih z gradbišč na ceste za javni cestni promet je treba zagotoviti pranje koles in podvozja vozil,



- gradbiščne ceste, ki se bodo uporabljale več kakor 12 mesecev, morajo biti prevlečene z nosilno asfaltno podlago ali neprekinjeno omočene s tekočinami, ki vežejo prah na površini cestišča,
- redno je treba čistiti gradbiščne ceste z učinkovitimi pometalnimi stroji, ki ne povzročajo prašenja, ali z mokrim čiščenjem,
- v dogovoru z upravljavcem ceste je treba zagotoviti takojšnje popravilo poškodovane ceste za javni cestni promet oziroma njeno takojšnje čiščenje, če se na izstopu gradbišča onesnaži ali poškoduje,
- na gradbišču je treba omejiti hitrost vozil na največ 40 km/h, razen na gradbiščnih cestah, ki so asfaltirane in stalno omočene.

Izvajalec mora zagotoviti, da se sipki gradbeni material, gradbeni odpadki in drug gradbeni material, ki povzroča prašenje, dovažajo na gradbišče ali odvažajo z gradbišča v transportnih sredstvih, ki so pokrita ali zaprta, ali na kakšen drug način, ki onemogoča prašenje.

IX. ZAKLJUČEK

Na podlagi inženirsko geološkega elaborata, terenskih ogled in izvedenih matematičnih analiz je bil izdelan izvedbeni načrt, ki predvideva zaščito državne ceste z uporabo globoko sidranih mrež visoke natezne trdnosti, inženirsko-biološke sanacije in površinske odvodnje zalednih voda.

V pričujočem projektu se rešuje predvsem površinsko stabilnost pobočja (stabilizacija zgornje plasti gruščev). Globalne stabilnosti pobočja, ki bi bila morebiti lahko ogrožena (predvsem) ob pojavu ekstremno neugodnih zunanjih dejavnikov projekt ne obravnava, saj bi bile za zagotovitev le-te potrebne bistveno obsežnejše konstrukcijske rešitve, kar presega nivo obdelave tega projekta. Kljub temu se bo zagotovilo minimalno verjetnost za nastanek površinskih zdrsov preperine in zagotovilo bistveno večjo varnosti na območju.

V zvezi s tem predlagamo, da se izvedene ukrepe redno spremlja in vzdržuje (pri čemer je bistvena tudi nega bioloških ukrepov). Predlagamo tudi spremljanje morebitnih dodatnih pomikov hribine (z vzpostavitev monitoringa ali vsaj rednimi pregledi po večjih dogodkih oz. havarijah).

Zaradi zahtevnosti izvedbe je za varno izvedbo del ključnega pomena izbira kompetentnega, izkušenega izvajalca, ki ima dolgoletne izkušnje s saniranjem zahtevnih brežin ter dolgoletne izkušnje z montažo globoko sidranih mrež in izdelavo inženirsko-bioloških sanacij. Specifika del, tako z vidika tehnične zahtevnosti kot z vidika varnosti pri delu narekuje, da ponudbena cena ne more biti izključno merilo za izbiro izvajalca. Ob izvedbi mora biti prisoten stalni nadzor, izbran s strani investitorja.

Pri izvedbi del je potrebno upoštevati tudi vse projektne pogoje mnenjedajalcev, ki se nahajajo v prilogi vodilne načrta projekta. Pred pričetkom in ob zaključku del je potrebno obvestiti krajevno pristojno enoto Zavoda za gozdove Slovenije. Revirni gozdar je dosegljiv na sedežu Zavoda za gozdove Slovenije, Krajevni enoti Laško, Trubarjeva 35 v Laškem ali na telefon (03) 57 30 011 oziroma v revirni pisarni Šentjur, Dušana Kvedra 14 v Šentjurju ali na telefon (03) 57 41 147. 14 dni pred pričetkom izvedbe del mora investitor obvestiti tudi ZRSVN, OE Celje o pričetku gradnje. Med izvedbo del mora biti ZRSVN omogočeno spremljanje stanja narave.



Sestavila:

Gregor Ivnik Dujovič, mag.inž.ok.gradb.

Domen Lajevec, u.d.i.v.k.i.

PRILOGA 1:
ZAKOLIČBENE TOČKE

