

## 1.0 SPLOŠNI DEL

Po naročilu Občine Laško je na osnovi raziskovalnih del izdelan načrt sanacije zemeljskega usada pod JP 701091 Leskovca- Rjavček- Odcepek.

Za ugotovitev vzrokov labilnosti in izdelavo načrta sanacije so bila izvedena naslednja dela:

- izdelava geodetskega načrta labilnega območja
- izvedba sondažnih vrtin za ugotovitev strukturnega sestava tal
- meritve gladine podtalne vode v vrtinah
- terenske meritve
- vrednotenje rezultatov preiskav

Predmetni odsek javne poti izvedene v mešanem profilu, prečka strmo severozahodno orientirano pobočje, kjer so se v brežini pod cesto aktivirale zemeljske mase v obliki zemeljskega usad. Labilno območje je vidno v izrazitem čelnem lomu roba cestnega telesa v srednjem delu višine do 5.0 m, bočno pa je višina loma do 1.0 m. Porušena povrhnjica brežine pod potjo je širine ca 14 m in dolžini ca 25 m. Čelni odlomni rob usad zajema 1/3 širine poti ter se nadaljuje v bočni smeri po padnici pobočja, kjer je formiran izrazit nariv zemljin na prehodu v položnejši del pobočja.

Glede na zatečeno stanje usada je vidno, da so deformacije v cestnem telesu in brežini pod potjo nastale zaradi trenutnega zdrsa v mesecu novembru 2013 z zelo izrazito porušitvijo in manjšim premikom zemeljskih mas. Velikost deformacij in obseg labilnega območja pa nakazuje na možnosti nadaljnjih pomikov v temeljnih tleh v območje cestnega telesa. Hitrost in velikost deformacij je pogojena z količino padavin pri zelo neugodnih vremenskih razmerah. Prosto izcednih vod ni bilo opaziti.

Javna pot je izvedena v asfaltni izvedbi širine 3.0 m. Takoj po nastanku usada so bili izvedeni interventni z premikov trase ceste v pobočni zaledni del z izvedbo dokaj globokega ukopa. Z interventnim ukrepom je prevoznost javne poti še zagotovljena pri zmanjšani prometni varnosti zaradi zožanega cestnega profila. Pri neugodnih vremenskih razmerah pogojenih z večjo količino padavin pa je pričakovati širitev loma v cestno telo ter v bočnih smereh.

## 2.0 RAZISKOVALNA DELA

Na karakterističnih mestih usada so bile srednje težko strojno vrtalno garnituro Commachio MC 450, dne 4.3. 2014 izvrtane tri sondažne vrtine globine 5.0-6.0 m, skupaj 17.0 m.

Situativna lega izvedenih sondažnih vrtin razvidna iz priložene situacije obstoječega stanja in vrtin, poglavje 3.6, številke priloge 3.6.2.

Strukturni sestav tal je na terenu določen na osnovi enostavnih identifikacijskih preizkusov z razvrstitvijo zemljin po AC klasifikaciji.

Rezultati sondažnih del so podani v preglednicah:

vertina V1

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-1.0	umetni nasip (lomljenec, SU, kamniti bloki)	UN
1.2-3.2	peščena glina do peščeni melj, srednje gnetne konsistence z plastmi peska (rjave barve)- jedro razmočeno	CL-ML
3.2-4.8	peščeni melj do enakomerno granuliran pesek s kosi laporja (rjave barve)	ML-SU
4.8-6.0	lapor (sivo rjave barve)	

vertina V2

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-1.0	umetni nasip (lomljenec, SU, CL)	UN
1.2-2.8	peščeni melj do enakomerno granuliran pesek z vložki peščenjaka (rjave barve)- jedro razmočeno	ML-SU
2.8-3.7	peščena glina do peščeni melj, težko gnetne do poltrdne konsistence z plastmi peska (rjave barve)	CL-ML
3.7-4.7	enakomerno granuliran pesek z gruščem laporja (rjave barve)	SU
4.7-6.0	lapor (sivo rjave barve)	

vertina V3

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
1.0-1.7	peščena glina do peščeni melj, srednje gnetne konsistence z plastmi peska (rjave barve)- jedro razmočeno	CL-ML
1.7-4.1	enakomerno granuliran pesek z vložki laporja (rjave barve)	SU
4.1-5.0	lapor (sivo rjave barve)	

## 2.1 Terenske preiskave in meritve

Enoosna tlačna trdnost vezanih zemljin ( $q_u$ ) je na terenu določena na osnovi preiskav enoosne tlačne trdnosti z ročnim penetrometrom pri približno konstantni hitrosti deformacij. Rezultati so podani v tabeli 1.

Tabela 1: Rezultati meritev enoosne tlačne trdnosti  $q_u$

vertina	globina (m)	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	stanje konsistence
V1	2.5	85	srednje gnetno
V2	3.0	210	težko gnetno do poltrdno
V3	1.0	80	srednje gnetno

Gostotni sestav zemljin je v sondažnih vrtinah določen na osnovi preiskav s standardnim dinamičnim penetrometrom (SPT). Za vrednotenje teh preiskav je merodajno

število udarcev (N) prosto padajočega bata glede na globino prodiranja konice. Skupaj je bilo izvedenih šest preiskav.

Za vrednotenje rezultatov **Standardnega Penetracijskega Testa** je merodajno število udarcev prosto-padajoče uteži (masa uteži: 63,5 kg, višina pada: 76,5 cm) za ugrez standardne konice 30,5 cm. Za vrednotenje penetrabilnosti pa je merodajen ugrez konice v cm za 60 udarcev penetracijskega bata.

Rezultate terenskih preiskav so podani v tabeli 2, vrednotenje rezultatov pa so izvedeni v skladu z določili SIST EN ISO 22476-3:2005 je upoštevan korekcijski koeficient prenosa energije  $k_{60} = 1,32$ .

Korekcija rezultatov:

$(N_1)_{60} = N \cdot K_{60} \cdot \lambda \cdot C_N$  ... normalna vrednost korekcije

$(N_1)_{60} / I_D^2 = 60 \Rightarrow I_D = ((N_1)_{60} / 60)^{1/2}$  ..... indeks relativna gostota

Tabela 2: vrednotenje rezultatov

vrtna	globina m	izmerjeni N	izmerjeni Pcm /60ud	normalni tlak ( $\sigma_v'/100$ )	$C_N$	$\lambda$	$(N_1)_{60}$	$I_D$ (%)	stanje gostote / gnetnost / penetrabilnost
V 1	1,5	6	/	0,23	1,62	0,75	7,2	34	srednje gnetne k.
	5,5	/	12 cm						visoko penetrabilno
V 2	2,0	12	/	0,38	1,26	0,75	11,2	43	srednje gnetne k.
	5,5	/	8 cm						visoko penetrabilno
V 3	3,3	15	/	0,62	1,14	0,75	12,7	46	srednje gnetne k.
	4,5	/	11 cm						visoko penetrabilno

## 2.2 Opazovanje pojava talne vode

Podtalna precejna voda v času izvedbe raziskovalnih del ni registrirana. V vrhnji coni glinastih, meljih in peščenih zemljin pa je opazno omočenost zemljin kar nakazuje na občasne pojave precejnih vod vezane na večjo količino padavin.

## 3.0 OPIS GEOLOŠKO GEOTEHNIČNIH RAZMER

Pri določitvi geološka opis in zgradbe so upoštevani in uporabljeni podatki iz osnovne geološke katre, list Celje L 33-55 v merilu 1:100 000 z tolmačem.

Predmetno raziskano območje predstavlja nizko gričevnato področje Savskega pogorja katero je v osnovi zgrajeno iz miocenskega laškega laporja z geološko oznako  $M_2^2$ .

Podlaga je pretežno kompaktna slabo do močno pretrta in na površini preperela ali slabše vezana. Preko hribinske podlage laporja je odložena preperela podlaga osnovne hribine laporja ter sloj glinasto meljne preperine. Barva je rjava, sivo rjava in siva.

Glinasto meljna in peščena preperina se pojavlja kot peščena glina CL, peščeni melj ML in enakomerno granuliran pesek SU z vložki in gruščem hribine laporja. Povprečna debelina glinasto meljnega pokrova je v območju raziskovalnih vrtin 3.1-4.1 m, ta je odložena na hribini laporja v relativni globini 4.1-4.8 m. V območje ceste pa se nahaja do 1.0 m debeli sloj nasipa lomljenca, pese in gline ter kamnitih blokov. V izkopni brežini zalednega dela cesta pa je hribina vidna po skoraj celotni izkopnu na površju.

Terenske preiskave so pokazale, da je pretežni del glineno meljnega pokrova v naravno odloženih oblikah težko gnetne in težko gnetne do poltrdne konsistence, enoosna tlačna trdnost  $q_u = 210 \text{ kN/m}^2$ , strižne lastnosti  $\varphi = 24-26^\circ$  pri koheziji  $c=5-9 \text{ kN/m}^2$ . V vrhnji omočeni sredini pa so glinasto meljne zemljine srednje gnetne, z enoosnimi tlačnimi trdnostmi  $q_u = 80-85 \text{ kN/m}^2$  s strižnimi lastnosti zemljin v mejah kot notranjega trenja  $\varphi = 18-21^\circ$  pri koheziji  $c=0-3 \text{ kN/m}^2$ . Peski delno meljem so srednje gosti z indeksom gostote  $I_D=43-56 \%$ , strižne lastnosti, kot notranje trenja  $\varphi = 32^\circ$  in kohezijo  $c=0 \text{ kN/m}^2$ . Osnovna hribina je zelo gostega sestava, pretežno zelo visoko penetrabilna, z indeksom relativne gostote  $I_D > 100\%$  s strižni lastnostmi  $\varphi > 36^\circ$  pri koheziji  $c=20 \text{ kN/m}^2$ .

V hidro geološkem smislu se v obravnavanem prostoru ločita praktično nepropustna podlaga in različno propustne zemljine pobočnega pokrova. Površina je pokrita s slabše vodoprepustnim pokrovom zemljin debeline do 3.2 m. Inženirsko geološke lastnosti ki pogojujejo stabilnostne karakteristike tal so v preperinskem pokrovu v glavnem slabe. Pri normalnem dreniranju oziroma precejanju podzemnih vod so zemljine pokrova stabilne tudi pri relativno strmih naklonih. Občasni pojav večje količine precejnih in površinskih vod pa obremenjujejo povrhnjico kar povzroča nastanek strižnih con, usled česa se pojavljajo plitva plazjenja oziroma zdrsi z vodo prepojenega preperinskega pokrova.

#### 4.0 STABILNOSTNA PRESOJA

Za ugotovitev nivoja porušitve in določitev pogojev sanacije je za izbran srednji kritični pobočni profil P2, izvedena povratna presoja po Janbujevi analitični metodi, s supozicijo kombiniranih krožnih in poligonalnih porušnih ploskev za mejno stanje, program Cobus- Larix 5.

Stabilnostna analiza je izvedena v skladu z SIST EN 1997-1, prevzet je projektni pristop 2, kjer so predpisani delni faktorji za vplive, parametre zemljin in odpore:

- faktorji za vplive:  $\gamma_{G;dst} = 1,35$
- faktorji za parametre zemljin:  $\gamma_{\varphi} = 1,25$   
 $\gamma_c = 1,25$   
 $\gamma_r = 1,0$
- faktorji za odpore stabilnosti pobočij:  $\gamma_{R,e} = 1,10$

Izdelan je karakteristični model za analiziranja kjer je upoštevan pojav talne precejne vode v času zdrsa. Kritična drsna ploskev in mehanske lastnosti so določene na osnovi stabilnostnega izračuna povratne analize, zdrs pa predpostavljen v vrhnji coni preperinskega pokrova zemljin upoštevajoč terenske razmere- viden lom in nariv zemljin, za faktor varnosti prosti zdrs  $F=0,97-0,99$ .

Za mejno varnost ustrezajo mehanske lastnosti zemljin karakterističnih slojev podanih v tabeli 3:

opis sloja	prost. teža $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	strižni kot $\varphi$ (°)	kohezija $c$ (kN/m <sup>2</sup> )
hribina laporja	22.0	38	20
peski delno meljem	20.0	32	0
glinasto meljne zemljine, tg-polk	18.5	25	8

Tabela 3:

Upoštevani vhodni podatki, konfiguracijo obdelanega pobočnega profila, lega vodostaja ter kritična drsna ploskve z rezultatom minimalnega faktorja varnosti so podani v poglavju 1.4.

## 5.0 PREDLOG SANACIJE

Za sanacijo usad predlagamo izvedbo podporne konstrukcije v peti brežine pod cesto s sistemom odvodnjavanja talnih precejnih vod iz zaledja.

Model podporne konstrukcije predstavlja kamnita zložba, temeljena v hribini laporja minimalno 0.2 m oziroma 11.3 do 11.6 m pod niveleto roba poti. Kamnita zložba je predvidena v peti brežine pod potjo z osnim odmikom 9.4 m od levega roba. Tlorisno je zložba ravna, dolžine 23.0 m. Nad zložbo je delno v terasastem zaseku predvidena delna zamenjava zemljin oziroma izvedba novega cestnega nasipa iz prodno peščenega materiala ali drobljenega kamnitega materialom do nivelete poti. Brežina končne ureditve je v naklonu  $n=1:1,5$ , približno prvoten naklon.

### 5.1 Stabilnostna presoja sanacije

Za predvideno sanacijo zemeljskega plazju je izvedena stabilnostna analiza po metodo mejnih ravnovesnih stanj, računalniški program Cobus-Larix 5 z upoštevanimi mehanskimi lastnostmi karakterističnih slojev, prevzetih iz tabele 3.

Analiza je izvedena za prečni profil P2 v skladu z SIST EN 1997-1 za prevzet projektni pristop 2 (DA2). Slednji predpisuje naslednje parcialne faktorje za vplive, parametre zemljin in odpore.

- faktorji za vplive:  $\gamma_{G;dst}=1.35$

$\gamma_{G;dst}=1.35$  ( za aktivni zem. pritisk )

$\gamma_{G;stb}=1.00$  ( teža zemljine pred zložbo )

- faktor za odpor  
 $\gamma_{R,e}=1.4$  ( za pasivni zem. pritisk )
- faktorji za parametre zemljin  
 $\gamma=1.10$
- nadomestna prometna obremenitev voznega pasu  $P_y= 10,0 \text{ kN/m}^2$  (zelo lahek promet)
- za mehanske lastnosti kamnite zložbe je upoštevano: specifična teža  $\gamma=23 \text{ kN/m}^3$ ,  
 strižne lastnosti  $\varphi=36^\circ$ ,  $c=35 \text{ kN/m}^2$ .

Iz rezultati stabilnostne presoje podane v poglavju 3.4 je za predvidene elemente sanacije oziroma zavarovanja dobljen minimalni faktor varnosti proti zdrsu  $F_{min}=1.31$ , kar zagotavlja stabilnost cestnega telesa.

## 6.0 OPIS IZVEDBE SANACIJE

Dela pri izvedbi sanacije se izvedejo v fazah; izvedba kamnite zložbe, odvodnjavanje, izvedba cestnega nasipa, erozijska zaščite nasipne brežine, obnova javne poti, ureditev površin s planiranjem območja pod zložbo

Dovoz in delovni plato je obstoječa poti, uredi se delna zapora.

Izkopni material za izvedbo sanacije se v celoti deponira na trajni deponiji. Za deponiranje mora izvajalec del pridobiti potrebna soglasja upravljalca.

### 6.1 Tehnologija izvedbe

Izkopi za izvedbo zložbe se izvedejo s širokim izkopom v delovnem naklonu  $n=4:1$ , v kampadah maksimalne dolžine do 5.0 m. Dinamiko del je prilagoditi tako, da se v dnevno izkopanih kampadah izvede vsaj 2/3 višine oporne konstrukcije.

Izkope za temeljenje zložbe mora prevzeti geomehanik, kateri bo potrdil ustreznost temeljnih tal ter določil končno globino izkopa.

Kamnita zložba je locira v brežini pod potjo z osnim odmikom 9.40 m od levega roba poti. Kamnita podporna zložba je peti širine 1.2 m in skupne višine na kroni 4.70-5.10 m, pri naklonu 4:1.

Zložba je grajena iz kosov grobega lomljenca volumna 0.05- 0.2  $\text{m}^3$  z betonskim vezivom 30%, kvalitete C16/20. Na zalednem delu v širini 40-50 cm se zložbe izvede brez betonskega veziva. Na temeljna tla se vgradi izravnalni sloj pustega betona C10/15 v debelini 15 cm.

Vzdolžna drenažna veja se izvede v notranjem robu zidu na betonsko podlago zložbe. Za odvodno cev je izbrana trdostenska drenažna cev DN100 mm zaščiten z enoznatim drenažnim zasipom, debeline 40 cm nad temenom cevi.

Drenažna odvodna cev je vgrajena iz smeri severovzhodna proti jugozahoda z vzdolžnim padcem 2.5 %, kjer je predviden zbirni slepi jašek BC  $\phi$  60 cm, višine 1.0 m, zaščiten s pokrovom.

Nad kamnito zložbo se v delno v terasastem zaseku izvede zamenjava zemljin oziroma izgradnja novega cestnega nasipa iz prodno peščenega materiala ali drobljenega kamnitega lomljenca do kote nivelete poti, širina zaseka je 1.5 m, delovni naklon izkopnih brežin  $n=1:1$ . Končna ureditve brežine je v naklonu  $n=1:1.5$  in se erozijsko zaščiti z vgradnjo plodne zemljine s posejanjem travnega semena. Vgrajevaje nasipa se izvaja v plateh debeline do 40 cm kjer je potrebno doseči optimalno gostoto v vrednosti MPP 95-97% ali  $E_{v2} > 60$  MPa na vsakem vgrajenem sloju.

Odvod precejnih vod iz zložbe se uredi iz zbirnega slepega jaška na vzhodnem delu zložbe s prostim iztokom. Za odvodno cev je izbrana stigmafleks cev DN 160 mm, dolžine 20.0 m. Na iztoku se izdelata iztočna glava iz kamna v betonu.

Nariv zemljin pod lokacijo zložbe s strojno splanira.

## 6.2 Obnova cestišča

Za normalni prečni profil je upoštevana obstoječa širine vozišča 3.0 m, bankina levega roba širine 100 cm ter mulda ob vkopnem delu širine 50 cm. Dolžina obnove vozišča je 50.0 m. V območju sanacije plazu- izvedbe novega cestnega nasipa se v celoti obnovi cestišče z vgradnjo tamponskega sloja debeline 40 cm in mehansko utrdijo do optimalne gostote oziroma  $E_{v2} > 100$  MPa. Obstoječ asfalt se odstrani ter vgradi asfaltni sloj debeline 7 cm, AC 22 surf 50/70 A3. Ob ukopni brežini se izvede asfaltna mulda širine 50 cm v dolžini 50 m z vtokom v obstoječ cevni prepust na jugozahodnem območju.

## 7.0 ZAKLJUČEK

Kvaliteta vgrajenega materiala mora v vseh kvalitetnih parametrih ustrezati veljavnim predpisom in standardom.

Pri izvajanju sanacijskih del je obvezna prisotnost projektantskega in geomehanskega nadzora, kateri bo ugotavljal dejansko stanje ter podajal eventualna potrebna nadaljna navodila glede na razmere v času izvede ter projektne rešitve.

Maribor; marec 2014

Sestavil:  
Danilo MUHIČ dipl.inž.grad.