

1.0 SPLOŠNI DEL

Po naročilu Občine Laško je izdelan načrt sanacije zemeljskega plazu na LC Laško-Šmihel.

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

- tehnični geodetski posnetek labilnega območja
- izvedba sondažnih vrtin za ugotovitev strukturnega sestava tal
- meritve gladine podtalne vode v vrtinah
- terenske meritve
- vrednotenje rezultatov preiskav in stabilnostna presoja

1.1 Geografsko- geomorfološki opis območja

Območje predmetnega odseka ceste predstavlja zgornji del strmega jugovzhodno in južno orientiranega pobočja nad dolino Savinje. Cesta je v asfaltni izvedbi, trasa pa poteka v serpentinah v mešanem profilu na nadmorski višini med 347.5 in 552.0 mnv. Območje je nenaseljeno, pretežno gozdnih površin. Odvodnjavanje ceste je urejeno v odprtem zemeljskem jarku do cevnega prepusta na severovzhodno nižje ležečem delu ceste.

1.2 Opis obstoječega stanja

V robu cestnega telesa in brežini pod cesto so se aktivirale zemeljske mase v obliki manjšega zemeljskega plazu v širini ca 12 m in dolžine ca 15 m, v jugozahodni smeri pa je v širini ca 16 m cestišče močno poškodovano v obliki vzdolžnih in prečnih razpok ter vertikalnih posedkov velikosti do 10 cm. Brežina – pobočje pod cesto ima naklon 28-31°.

Izrazit čelni lom je viden v robu asfaltnega vozišča in zajem celotno bankino, v bočnih smereh se ta nadaljuje po padnici pobočja kateri je izrazit v zgornjem delu v nižje ležečem pobočju pa manj izraziti in preidejo v rob manjšega nariva zemljin. Poškodovano cestišče v obliki razpok in posedkov pa zajema do $\frac{3}{4}$ širine vozišča, v pobočju pod cesto pa so vidni dokaj neizraziti deformacije.

Zaradi aktivnosti plazu je v območju porušitve in izrazit neravnin v vozišču je prevoznost ceste sicer zagotovljena, prometna varnost je pa bistveno zmanjšana.

Glede na zatečeno stanje plazu ocenjujemo, da so se deformacije v cestnem telesu in pobočnem delu povaljajo daljše časovno obdobje, kjer so bila v preteklosti izvedena dela obnove dela vozišča. Velikost deformacij je pogojenega z večjo količino padavin pri zelo neugodnih vremenskih razmerah. Nastale porušitve in premiki zemeljskih mas, velikost deformacij in obseg labilnega območja pa nakazuje na možnosti nadaljnjih pomikov v temeljnih tleh proti srednjemu delu cestnega telesa v območju izrazitega loma. Prosto izcednih vod v labilnem območju ni bilo vidnih.

2.0 TERENSKA DELA

2.1 Tehnični geodetski posnetek

Vplivni prostor obravnavanega labilnega območja je geodetsko posnet in vključuje konture poškodb na cesti ter okoliški porušen ter neprizadet del območja. Posnetek je vpet v državni koordinatni sistem.

2.2 Opis sondažnih del

Na karakterističnih mestih in profilih so bile za ugotovitev strukturnega sestava temeljnega polprostora in mehanskih lastnosti zemljin ter hribine s strojno vrtno garnituro izvrtane štiri sondažne vrtnice, globine 3.5- 4.0 m, skupaj 14.50 m. Sondažna dela so se izvajala v mesecu juniju 2015. Jedra so dobljena na suho z widia kronami premera 128-101 mm.

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

Na osnovi enostavnih identifikacijskih preizkusov ja na terenu določen strukturni sestav tal z razvrstitvijo zemljin po AC klasifikaciji, rezultati so podani v preglednicah:

vrtnica V1

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-0.5	umetni nasip (lomljenec)	UN
0.5-1.8	peščena glina do peščeni melj, težko gnetne do poltrdne konsistence z drobcu peščenjaka (rjave barve)	CL-ML
1.8-2.7	preperel lapor (sive barve)	
2.7-4.0	lapor (sive barve)	

vrtnica V2

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-0.6	umetni nasip (GM,lomljenec)	UN
0.6-2.0	peščena glina, težko gnetne do poltrdne konsistence z vložki melja in preperelega laporja (rjave barve)	CL
2.0-2.3	preperel lapor (sive barve)	
2.3-3.5	lapor (sive barve)	

vrtnica V3

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-1.9	peščena glina, težko gnetne konsistence z vložki melja (rjave barve)	CL
1.9-2.4	preperel lapor (sive barve)	
2.4-3.5	lapor (sive barve)	

vrtina V4

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-2.3	peščena glina do peščeni melj, srednje do težko gnetne konsistence drobci laporja (rjave barve)	CL-ML
2.3-2.6	preperel lapor (sive barve)	
2.6-3.5	lapor (sive barve)	

2.3 Terenske preiskave in meritve

Enoosna tlačna trdnost vezanih zemljin (q_u) je na terenu določena še 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

vrtina	globina (m)	q_u (kN/m ²)	stanje konsistence
V2	1.5	210	težko gnetne do poltrdne
V3	1.5	160	težko gnetno
V4	1.0	105	srednje do težko gnetno

Gostotni sestav je v sondažnih vrtinah določen na osnovi penetracijskih testov s standardnim dinamičnim penetrometrom (SPT). Skupaj je bilo v sondažnih vrtinah izvedenih 6 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.

Korekcija rezultatov po SIST EN ISO 22476-3:2005.

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

$(N_1)_{60} / I_D^2 = 60 \Rightarrow I_D = ((N_1)_{60} / 60)^{1/2}$ indeks relativne gostote

- korekcijski faktorji:

$K=0,75$... korekcijski faktor pri uporabi konice

$K_{60}=1,32$... korekcijski faktor zaradi izgube energije

λ faktor dolžine drogova; $\lambda = 0,75$ (3-4 m); $\lambda = 0,85$ (4-6 m); $\lambda = 0,95$ (6-10 m)

C_N ... faktor gostote zemljin

Tabela2: Vrednotenje rezultatov SPT preiskav z upoštevanimi parametri za izračun:

vrtina	globina m	izmerjeni N ud./30 cm	izmerjeni P cm/60ud.	$(N_1)_{60}$	I_D (%)	AC klasifikacija stanje konsistence/ penetrabilnost
V1	1,5	16	/	19.1	56	CL, ML tg.-polt.k
	3,5	/	14			lapor, visoko penetrabilen
V2	2,8	/	12	/	/	lapor, visoko penetrabilen
V3	2,8	/	15			lapor, visoko penetrabilen
V4	1,5	8	/	9.6	40	CL, ML sr.-tg.k
	3,8	/	14			lapor, visoko penetrabilen

2.4 Opazovanje nivoja talne vode

V času izvajanja sondažnih del je registriran pojav talne precejne vode v vrtinah V 3 in V4 v globini 1.8 in 2.0 m pod površjem terena.

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 M₂.

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 glinaste preperine. Barva je rjava, sivo rjava, siva in temno siva.

Glineno meljna preperina se pojavlja kot peščena glina CL in peščeni melj ML z vložki preperele hribine laporja in drobcji peščenjaka. Glinasto meljni pokrov pa je v območju ceste prekrit z do 0.6 m debelim slojem cestnega nasipa kamnitega lomljenca. Debelina glinasto meljnega pokrova je v območju sondažnih vrtin 1.3-2.3 m, debelina preperele hribine pa 0.3-0.5 m. Hribina laporja se je v območju raziskovalnih vrtin pojavi v relativni globini 2.3 - 2.7 m pod površjem terena.

Terenske preiskave so pokazale, da je pretežni del glineno meljnega pokrova v naravno odloženih oblikah težko gnetne konsistence im težko gntene do poltrdne konsistence, enoosna tlačna trdnost $q_u = 160-210 \text{ kN/m}^2$, strižne lastnosti zemljin so v mejah kot notranjega trenja $\varphi = 22-25^\circ$ pri koheziji $c=3-8 \text{ kN/m}^2$. V omočeni sredini pa so zemljine srednje do težko gnetne konsistnece, z enoosnimi tlačnimi trdnostmi $q_u = 105 \text{ kN/m}^2$ strižne lastnosti zemljin so v mejah kot notranjega trenja $\varphi = 18-22^\circ$ pri koheziji $c=0-3 \text{ kN/m}^2$. Osnovna hribina je zelo gostega sestava in pretežno visoko penetrabilna s strižni lastnostmi $\varphi > 38^\circ$ pri koheziji $c=20-25 \text{ kN/m}^2$.

V hidro geološkem smislu se v obravnavanem prostoru ločita praktično nepropustna podlaga in različno propustne zemljine pobočnega pokrova. Površina je pokrita s slabo vodoprepustnim pokrovom zemljin debeline do 2.3 m. Inženirsko geološke lastnosti ki pogojujejo stabilnostne karakteristike tal so v preperinskem pokrovu v glavnem dobre. 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 plazenja oziroma zdrsi z vodo prepojenega preperinskega pokrova.

V območju plazu se na osnovi popisa vrtin ločijo naslednje geotehnične enote:

- cestni nasip: nasip v podlagi cestišča, debeline do 0.6 m
- paket vezanih zemljin: glinaste in meljne zemljine, debeline 2.3 m
- preperela hribina, debeline 0.5 m
- podlaga: lapor

4.0 STABILNOSTNA PRESOJA

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

Stabilnostna presoja 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 z upoštevanjem pojava talne precejne vode, vidnih lomom in narivom zemljin. Za porušitve je faktor varnosti proti zdrsu $F < 1.0$.

Za stanje porušitve pri faktorju varnosti $F = 0.98$, ustrezajo naslednje mehanske lastnosti zemljin pokrova podane v tabeli 3:

opis sloja	prost. teža γ (kN/m ³)	strižni kot φ (°)	kohezija c (kN/m ²)
hribina laporja	21.0	38	25
preperina	20.0	33	10
glinaste zemljine	18.5	22.5	4
cestni nasip	21.0	32	0

Tabela 3:

Iz rezultata analize lahko zaključim, da se je drsna ploskev formirala v vrhnjem sloju nasipa in zasičenih glinastih zemljin, katera poteka v območju od notranjega roba ceste v niže ležeči del pobočja, kar ustreza terenskemu stanju porušitve.

Konfiguracija obdelanih pobočnih profilov, lega vodostaja ter kritična drsna ploskve z rezultatom minimalnega faktorja varnosti so podani v poglavju 3.4.

5.0 ZASNOVA IZVEDBE SANACIJE

Za sanacijo plazu oziroma zavarovanje ceste je glede na ugotovljene geotehnične ter stabilnostne razmere predvidena izvedba podporne konstrukcije po celotni dolžini porušitve ter ojačitev konstrukcije zgornjega ustroja v območju poškodovane ceste v

zunanjem jugozahodnem območju. Model podporne konstrukcija predstavlja vkopana kamnita zložba- kamen v betonu, dolžine 16.75 m. Temeljenje se izvede v kompaktni hribini laporja z vkopov minimalno 30 cm na srednji relativni globini $D=2.8-3.0$ m pod površjem terena. Kamnita zložba je predvidena v spodnjem robu cestne brežine z osnim odmikom 1.85 m od desnega - jugovzhodnega roba asfalta. Tlorisno je zložba ravna.

Nad zložbo je v terasastem zaseku predvidena izvedba delna zamenjava zemljin oziroma izvedba novega cestnega nasipa iz prodno peščenega materiala ali drobljenega kamnitega lomljenca do kote planuma zgornjega ustroja ceste, delovni naklon izkopne brežine $n=1:1$.

Na odseku jugozahodno od kamnite zložbe kjer so vidne poškodbe v cestnem telesu v obliki vzdolžnih razpok v asfaltu ter poseđenem robu ceste, pa je v dolžini 13,60 m predvidena izvedba ojačitev konstrukcije zgornjega ustroja z kamnitim nasipom.

Na celotnem odseku se obnovi cestišče ter uredi odvodnjavanje precejšnjih zalednih vod.

5.1 Stabilnostna presoja sanacije

Za predvideno zasnovano sanacijo plazu je izvedena stabilnostna analiza sanacije po metodi mejnih ravnovesnih stanj za mejno stanje nosilnosti MSN, računalniški program Cobus-Larix 5 z upoštevanimi mehanskimi lastnostmi zemeljskega polprostora prevzetih iz tabele 2.

Analiza je izvedena za karakteristični prečni prerez 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: $\gamma_{G,dst}=1.35$ (za aktivni zem. pritisk)
 $\gamma_{G,stab}=1.0$ (teža zemljine pred steno)
- faktor za odpor: $\gamma_{R,e}=1.4$ (za pasivni zem. pritisk)
- faktorji za parametre zemljin: $\gamma=1.10$
- nadomestna prometna obremenitev voznega pasu $P_v= 10,0 \text{ kN/m}^2$
- za mehanske lastnosti kamnite zložbe je upoštevano: specifična teža $\gamma=23 \text{ kN/m}^3$, strižne lastnosti $\phi=35^\circ$, $c=35 \text{ kN/m}^2$.

Iz rezultati stabilnostne presoje podane v poglavju 3.4 je za predvideno zasnovano sanacije oziroma zavarovanja, dobljen minimalni faktor varnosti proti zdrs $F_{min}=1.42$, kar zagotavlja stabilnost cestnega telesa in ustrezno varnost.

6.0 IZVEDBA SANACIJE

Kamnita zložba poteka v peti brežine v območju izrazitega loma. Kamnita podporna zložba je peti širine 1.20 m in skupne višine na kroni 2.8-2,9 m, pri naklonu čelnega in zalednega dela 3:1. Zložba je grajena iz kosov grobega lomljenca volumna 0.1- 0.5 m³ z betonskim vezivom 30%, kvalitete C16/20. Na zalednem delu zložbe 40-50 cm se zložbe izvede brez betonskega veziva. Na temeljna tla se vgradi izravnalni sloj

pustega betona C10/15 v debelini 20 cm. Dela pri izvedbi zložbe se izvedejo tako, da se pri zlaganju kamnitih blokov doseže čim boljša zaklinjenost.

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

Vzdolžna drenažna veja se izvede v notranjem robu na betonsko podlago zložbe. Za odvodno cev je izbrana trdostenska (stidren) drenažna cev DN150 mm, dolžine 15.25 m, zaščiten z enoznatim drenažnim zasipom, debeline 30-40 cm nad temenom cevi. Drenažna odvodna cev je vgrajena iz smeri jugozahoda proti severovzhodu z vzdolžnim padcem 16.0 %. Na severovzhodnem robnem delu je predviden zbirni revizijski jašek BC ϕ 80 cm, višine 4.0 m.

Kamnita zložba se izvede iz nivoja delovnega platoja v kampadah maksimalne dolžine 5.0-6.0 m oziroma se ta prilagodi dejanskim razmeram pri izvedbi del. Izkopi za izvedbo zložbe se izvedejo v širokem izkopu in v delovnem naklonu $n=3:1$. Dinamiko del je prilagoditi tako, da se v dnevno izkopanih kampadah izvede vsaj $2/3$ višine zložbe. Glede na razmere bo potrebno delno zavarovanje oziroma razpiranje izkopov.

Površina brežine cestnega nasipa se zasipa s plodno zemeljino- humuzira in poseje s travnim semenom.

Nad kamnito zložbo se v terasastem zaseku izvede delna zamenjava zemljin oziroma izgradnja novega cestnega nasipa iz prodno peščenega materiala ali drobljenega kamnitega lomljenca do kote planuma zgornjega ustroja ceste, delovni naklon izkopne brežine $n=1:1$. Končna ureditve brežine je v naklonu $n=1:1.5$. Vgrajevanje nasipa se izvaja v plasteh debeline do 50 cm kjer je potrebno doseči optimalno gostoto v vrednosti MPP 95-97% ali $E_{v2} > 60$ MPa na vsakem vgrajenem sloju.

V območju močno poškodovanega vozišča se konstrukcija zgornjega ustroja roba ceste ojača z izvedbo kamnite pete iz grobega kamnitega lomljenca do kote planuma zgornjega ustroja ceste, delovni naklon izkopne brežine $n=2:1$, višine 1.1 m, v peti širine 1.0 m. Vgrajevanje se izvaja v plasteh debeline do 50 cm kjer je potrebno doseči optimalno gostoto v vrednosti MPP 95-97 % ali $E_{v2} > 60$ MPa na vsakem vgrajenem sloju. V notranjem robu se izdelava vzdolžna drenažna veja na betonsko podlago debeline 10 cm zložbe. Za odvodno cev je izbrana trdostenska (stidren) drenažna cev DN150 mm, dolžine 16.10 m, zaščiten z enoznatim drenažnim zasipom, debeline 30-40 cm nad temenom cevi. Drenažna odvodna cev je vgrajena iz smeri jugozahoda proti severovzhodu in se z fazonskimi komadi naveže na drenažo kamnite zložbe.

6.1 Faznost izvajanja del

Sanacijska dela se izvedejo v naslednjih fazah:

- prva faza izvedba kamnite zložbe in odvodnjavanja

- druga faza je izdelava novega cestnega nasipa, kamnite pet, ureditve brežine in planiranje površin
- tretja faza je obnova vozišča

6.2 Izvedba delovnih platojev in gradbiščnih poti

Delovni plato za izvedbo podpornega kamnite zložbe se izvede z rahlim ukopom v rob ceste in brežino v naklonu $n = 1:1$. Dovoz na delovni plato se uredi po dovozni gradbiščni poti in rampi iz smeri severovzhodne smeri. Delovni plato je minimalne širine 3.0 m.

Gradbiščna dovozna cesta je obstoječa lokalna cesta.

6.3 Organizacija prometa med gradnjo

Sanacijo plazu se izvaja ob polovični zapori lokalne ceste. Po potrebi se začasno zasipa obstoječ jarek z vgradnjo PVC kanalizacijske cevi, po končanih delih pa se vzpostavi prvotno stanje. Polovična zapora se uredi s postavitvijo predpisane signalizacije in obvestilnih tabel.

6.4 Odvodnjavanje

Odvod precejnih vod iz zložbe se uredi iz zbirnega revizijskega jaška BC ϕ 80 preko odvodne cevi stigmafleks cev DN 260 mm, dolžine 6.6 m. Iztok se uredi v pobočje z iztočno glavo iz kamna v betonu.

6.5 Deponije

Izkopni material se deponira na trajni deponiji. Za deponiranje mora izvajalec del pridobiti potrebna soglasja upravljalca.

6.6 Obnova in oprema cestišča

V območju sanacije plazu se v celoti obnovi voziščna konstrukcija v dolžini 33.0 m z vgradnjo kamnite gred debeline 20 cm in tamponskega lomljenca debeline 30 cm zgoščenega do $E_{v2} > 110$ MPa ter asfalta AC 16 base B50/70 A4, debeline 8 cm. Za vklop v obstoječo ureditev se izvede stik z rezanjem asfalta.

Kontrola vgrajenih materialov se vrši skladno s tehničnimi specifikacijami za javne ceste TSC 06.720 in TSC 06.713.

V območju sanacije plazu se obstoječa jeklena varnostna ograja JVO začasno demontira ter ponovno vgradi. V smeri severovzhodna se v navezavi na obstoječo izvede nova JVO N2W6, dolžine 32 m s poševno zaključnico.

6.7 Količbeni podatki

Geodetski posnetek, ki je služil za projektiranje je vezan na državno koordinatno, višine so absolutne. Zakoličbo elementov sanacije in obnove ceste je izvesti v predvidenih odmikih in obstoječem stanju.

7.0 ZAKLJUČKI

Dela je izvajati skladno s tehnično dokumentacijo, 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 sanacije.

Maribor, marec 2016

Sestavil:

Danilo Muhič, dipl.inž. grad.