VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

SANACIJA PLAZU IN IZDELAVA PODPORNEGA ZIDU V NASELJU VRHOLE PRI SLOVENSKIH KONJICAH

Kandidat: Aleš Frešer

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Bojan Dapčevič univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Primož Babšek, inž. grad.

Lektorica: Štefanija Krhlanko, prof. slov. jez. s knj. in soc.

Maribor, april 2026

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani/a Aleš Frešer, sem avtor diplomskega dela z naslovom »Sanacija plazu in izdelava podpornega zidu v naselju Vrhole pri Slovenskih Konjicah«, ki sem ga napisal pod mentorstvom Bojana Dapčeviča, univ. dipl. inž. gradb.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, april 2026 Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju predavatelju Bojanu Dapčeviču, univ. dipl. inž. grad., za strokovno pomoč, usmerjanje ter koristne nasvete pri pripravi in pisanju diplomskega dela. Njegovo strokovno znanje, konstruktivne pripombe in pripravljenost za sodelovanje so pomembno prispevali k uspešni izvedbi naloge.

Posebna zahvala gre tudi mentorju v podjetju Komunala d. o. o. Primožu Babšku, inž. grad., ki mi je omogočil vpogled v praktični del izvedbe projekta ter mi s svojim znanjem, izkušnjami in nasveti pomagal pri razumevanju problematike sanacije plazu in izvedbe podpornega zidu.

Zahvaljujem se tudi Hani Stegne iz podjetja Komunala d. o. o., ki mi je pomagala pri pridobivanju informacij in gradiva, potrebnega za izdelavo diplomskega dela.

Iskrena zahvala gre moji družini, ki mi je ves čas študija stala ob strani, me spodbujala ter mi nudila podporo, razumevanje in motivacijo za uspešen zaključek študija.

Vsem iskrena hvala.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava problematiko zemeljskih plazov in sanacijo plazu z izvedbo podporne konstrukcije na primeru plazu v naselju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Zemeljski plazovi predstavljajo enega izmed najpogostejših naravnih procesov, ki lahko povzročijo poškodbe infrastrukture, ogrožajo varnost prometa ter vplivajo na stabilnost grajenega prostora. Zaradi geološke zgradbe terena, reliefnih značilnosti in pogostih intenzivnih padavin je velik del območja Slovenije izpostavljen nevarnosti plazenja, zato je pravilno načrtovanje sanacijskih ukrepov ključnega pomena za dolgoročno stabilnost terena.

V diplomskem delu je predstavljen teoretični pregled zemeljskih plazov, njihovih vzrokov, vrst in posledic ter metod preprečevanja in sanacije. Poseben poudarek je namenjen geološko-geotehničnim dejavnikom, ki vplivajo na stabilnost pobočij, kot so sestava tal, prisotnost vode, morfologija terena ter človekovi posegi v prostor. Obravnavan je tudi pomen ustreznega odvodnjavanja, stabilizacijskih ukrepov in podpornih konstrukcij pri zmanjševanju tveganja za nastanek plazov.

V osrednjem delu diplomskega dela je analiziran konkreten primer plazu ob lokalni cesti v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Na podlagi terenskih ogledov, geološko-geotehničnih raziskav in projektne dokumentacije so predstavljene značilnosti območja plazenja ter dejavniki, ki so vplivali na destabilizacijo pobočja. Ugotovljeno je bilo, da so k nastanku plazu prispevali predvsem obilne padavine, povečana zasičenost tal z vodo ter neugodna sestava zemljinskih slojev.

Kot ključni sanacijski ukrep je bila izvedena gradnja kamnitega težnostnega podpornega zidu v dolžini približno 55 metrov, ki zagotavlja stabilizacijo pobočja in zaščito cestne infrastrukture. Predstavljeni so postopki načrtovanja in izvedbe podpornega zidu, vključno z zemeljskimi deli, temeljenjem, vgradnjo drenažnega sistema ter nadzorom izvedbe del. Posebna pozornost je namenjena tudi organizaciji gradbišča in zagotavljanju varnosti pri delu.

Rezultati analize kažejo, da je pravilno načrtovana in strokovno izvedena sanacija ključnega pomena za dolgoročno stabilnost terena in varno uporabo infrastrukture. Diplomsko delo prispeva k boljšemu razumevanju procesov nastanka zemeljskih plazov ter poudarja pomen interdisciplinarnega pristopa pri načrtovanju in izvedbi sanacijskih ukrepov v gradbeni praksi.

Ključne besede: *zemeljski plaz, sanacija plazu, podporni zid, geotehnika, stabilizacija pobočja*

ABSTRACT

Remediation of a Landslide and Construction of a Retaining Wall in the Settlement of Vrhole pri Slovenskih Konjicah

This thesis addresses the issue of landslides and the remediation of unstable terrain through the construction of a supporting structure, using the example of a landslide in the settlement of Vrhole near Slovenske Konjice. Landslides are among the most common natural processes that can damage infrastructure, threaten traffic safety, and affect the stability of the built environment. Due to the geological structure of the terrain, relief characteristics, and frequent intense rainfall, a large part of Slovenia is exposed to the risk of landslides, making the proper planning of remediation measures essential for long-term terrain stability.

The thesis presents a theoretical overview of landslides, their causes, types, and consequences, as well as methods of prevention and remediation. Special emphasis is placed on geological and geotechnical factors affecting slope stability, such as soil composition, the presence of water, terrain morphology, and human interventions in the environment. The importance of proper drainage, stabilization measures, and supporting structures in reducing landslide risk is also discussed. The central part of the thesis analyzes a specific case of a landslide along a local road in the settlement of Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Based on field inspections, geological and geotechnical investigations, and project documentation, the characteristics of the landslide area and the factors that contributed to slope destabilization are presented. The landslide was mainly caused by heavy rainfall, increased soil saturation, and the unfavorable composition of soil layers. As a key remediation measure, a stone gravity retaining wall approximately 55 meters long was constructed to stabilize the slope and protect the road infrastructure. The thesis presents the main procedures for planning and constructing the retaining wall, including earthworks, foundation works, installation of a drainage system, and supervision of the construction works.

The results show that properly planned and professionally executed remediation is crucial for ensuring long-term terrain stability and the safe use of infrastructure. The thesis contributes to a better understanding of landslide formation processes and highlights the importance of an interdisciplinary approach in planning and implementing remediation measures in construction practice.

Keywords: *landslide, landslide remediation, retaining wall, geotechnics, slope stabilization*

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 9

1.1 Opis področja in opredelitev problema 9

1.1.1 Raziskovalna vprašanja 10

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve 10

1.3 Predpostavke in omejitve 11

1.3.1 Predpostavke 11

1.3.2 Omejitve 12

1.4 Uporabljene raziskovalne metode 12

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI 13

2.1 Predstavitev lastnega projekta projektni skupini 16

2.2 Varstvo pri delu in organizacija gradbišča 17

2.2.1 Varnostni načrt za obravnavani projekt 21

2.2.2 Organizacija gradbišča 24

3 ZEMELJSKI PLAZOVI 25

3.1 Kaj so zemeljski plazovi? 26

3.2 Zakaj nastanejo zemeljski plazovi? 27

3.3 Kakšne vrste zemeljskih plazov poznamo? 28

3.4 Dejavniki, ki vplivajo na nastanek plazov 30

3.5 Posledice zemeljskih plazov 30

3.6 Preprečevanje in sanacija plazov 31

3.7 Zemeljski plazovi v Sloveniji 31

4 TEHNIČNI OPIS 33

4.1 Projekt sanacije plazu 33

4.2 Opis območja plazenja 34

4.3 Terenske in geološke raziskave 34

4.3.1 Vrednotenje hipoteze H1 35

4.3.2 Vrednotenje hipoteze H2 35

4.3.3 Vrednotenje hipoteze H3 36

4.3.4 Vrednotenje hipoteze H4 37

5 PREDLAGANA SANACIJA PLAZU 39

5.1 Pravilna izvedba sanacije 39

5.2 Pravilni postopki pri sanaciji 39

5.3 Sprotna kontrola izvedenih del med sanacijo 41

6 PREDLAGANA IZVEDBA PODPORNEGA ZIDU IN NJEGOVA IZVEDBA 42

6.1 Raziskava različnih možnosti izdelave podpornega zidu 42
6.2 Izdelava podpornega zidu glede na dane razmere v okolju 44
6.3 Pravilna izdelava podpornega zidu in spremnih del pri izdelavi 46
6.4 Ureditev okolice po dokončni izvedbi podpornega zidu 48

7 NAČRTOVANJE VARNE IN CENOVNO DOSTOPNE STANOVANJSKE REŠITVE (VREDNOTENJE HIPOTEZE H5) 50

8 SKLEP 54

9 BIBLIOGRAFIJA 57

10 PRILOGE 59

KAZALO SLIK

Slika 1 Organizacijska struktura projektne skupine pri sanaciji plazu (lastni vir) 16
Slika 2 Skica plazu (lastni vir) 16
Slika 3 Organizacija gradbišča pri sanaciji (lastni vir) 19
Slika 4 Primer nepravilne uporabe OVO (lastni vir) 23
Slika 5 Skica organizacije gradbišča (lastni vir) 25
Slika 6 Plaz na vkopni strani ceste (Mikec B. , 2025a) 33
Slika 7 Prikaz širšega območja plazu (Mikec B. , 2025a) 34
Slika 8 Vegetacija na obomočju plazu (lastni vir) 35
Slika 9 Nepoškodovano vodovodno omrežje na območju plazu (lastni vir) 36
Slika 10 Skica hribinskih plasti na območju plazu (lastni vir) 38
Slika 12 Lokacija plazu (Mikec B. , 2025a) 38
Slika 13 Situacijski načrt območja sanacije plazu in gradnje kamnitega podpornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah (Mikec B. , 2025a) 45
Slika 14 Gradnja podpornega zidu (lastni vir) 47
Slika 15 Končna izvedba podpornega zidu (lastni vir) 48
Slika 16 Slika obstoječega in novega stanja (karakteristični prerez) (Mikec B. , 2025b) 49
Slika 17 Lokacija nove stanovanjske rešitve na satelitskem posnetku (lastni vir) 53
Slika 18 Skica nove stanovanjske rešitve nad podpornim zidom (lastni vir) 53

KAZALO TABEL

TABELA 1 OCENA TVEGANJA 22
TABELA 2 PODATKI O PADAVINAH PO MESECIH 37
TABELA 3 TIPI PODPORNIH ZIDOV 43
TABELA 4 VGRAJENI MATERIALI - KAMNITA PODPORNA IN OPORNA KONSTRUKCIJA 46

1 UVOD

Zemeljski plazovi predstavljajo enega izmed najpogostejših naravnih procesov, ki lahko pomembno vplivajo na stabilnost terena, varnost infrastrukture in kakovost bivanjskega okolja. Na območjih z zahtevnimi geološkimi in geotehničnimi razmerami lahko intenzivne padavine, neustrezno odvodnjavanje ali posegi v prostor povzročijo porušitev ravnotežja v tleh ter sprožijo premike zemeljskih mas. Zaradi tega je razumevanje vzrokov za nastanek plazov ter načrtovanje ustreznih sanacijskih ukrepov ključnega pomena za zagotavljanje dolgoročne stabilnosti terena in varnosti objektov ter prometne infrastrukture. V diplomskem delu je obravnavan primer sanacije plazu in gradnje podpornega zidu na območju Vrhol pri Slovenskih Konjicah, pri čemer je poudarek na analizi geološko-geotehničnih razmer, izbiri ustreznega sanacijskega ukrepa ter izvedbi podporne konstrukcije kot ključnega elementa stabilizacije pobočja.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Raziskovalno področje diplomskega dela obsega področje geotehnike, sanacije zemeljskih plazov ter projektiranja in izvedbe podpornih konstrukcij v cestni infrastrukturi. Zemeljski plazovi predstavljajo v Sloveniji razmeroma pogost naravni pojav zaradi razgibanega reliefa, geološke zgradbe ter pogostih intenzivnih padavin. Ti procesi pogosto povzročajo poškodbe prometne infrastrukture, ogrožajo objekte in zmanjšujejo prometno varnost, zato je njihova sanacija pomemben del sodobnega gradbeništva (Komac & Zorn, 2007).

V diplomskem delu se obravnava problem stabilizacije terena in sanacije plazu z izvedbo podpornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah, kjer je prišlo do destabilizacije brežine ob lokalni cesti. Posledica nestabilnega terena so bili posedki in deformacije vozišča, kar je predstavljalo tveganje za nadaljnjo degradacijo ceste ter nevarnost za udeležence v prometu. Zaradi omejenega prostora, geoloških razmer in potreb po razširitvi vozišča je bilo potrebno izbrati ustrezno tehnično rešitev podporne konstrukcije, ki bi zagotavljala dolgoročno stabilnost terena in varnost prometne infrastrukture.

Za obravnavano temo sem se odločil, ker problematika plazov in stabilizacije brežin predstavlja pomembno področje gradbene stroke, ki združuje teoretična znanja iz geotehnike ter praktične izkušnje iz projektiranja in izvedbe objektov. Reševanje tovrstnih problemov je ključno za varno in trajnostno upravljanje infrastrukture ter zmanjševanje tveganj, povezanih z naravnimi procesi.

1.1.1 Raziskovalna vprašanja

Raziskovalna vprašanja diplomskega dela so usmerjena v celovito razumevanje vzrokov za nastanek plazu ter v opredelitev ustreznih sanacijskih in preventivnih ukrepov. Diplomsko delo skuša odgovoriti na naslednja raziskovalna vprašanja:

- Kateri dejavniki so vplivali na nastanek obravnavanega plazu in kakšen je njihov relativni pomen?
- Kakšni sanacijski ukrepi so strokovno in tehnično najprimernejši za stabilizacijo plazu?
- Kakšni so ustrezni postopki pri sanaciji plazu glede na geološke, hidrološke in geotehnične razmere?
- Katere preventivne ukrepe je treba izvesti pred gradnjo podpornega zidu, da se zmanjša tveganje za ponovni pojav plazenja?
- Kako je treba podporni zid pravilno načrtovati in izvesti, da bo zagotavljal dolgoročno stabilnost pobočja?

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen raziskave je predstaviti možnosti izvedbe podpornih konstrukcij, na konkretnem primeru analizirati izbrano rešitev in njen pomen za stabilizacijo terena in varnost ceste, analizirati vzroke za nastanek plazu na obravnavanem območju ter ugotoviti, kateri dejavniki so imeli ključno vlogo pri njegovi sprožitvi. Izhajajoč iz opredeljenega problema v prejšnjem poglavju je cilj dela celostno ovrednotiti naravne in antropogene dejavnike, ki vplivajo na stabilnost pobočja, ter prispevati k boljšemu razumevanju mehanizmov nastanka plazov v podobnih okoljskih razmerah. Delo je usmerjeno tudi v iskanje strokovnih podlag za preprečevanje oziroma zmanjševanje tveganja za nastanek plazov v prihodnje.

Glavni cilji diplomskega dela so:

- analizirati geomorfološke, geološke in hidrološke značilnosti obravnavanega območja,
- preučiti vpliv vegetacije in koreninskega sistema na stabilnost pobočja,
- oceniti vpliv poškodbe vodovodnega sistema na zasičenost tal in sprožitev plazu,
- analizirati vpliv meteoroloških razmer, zlasti obilnega deževja, na nastanek plazu,
- ovrednotiti vpliv različne sestave tal na mehanske lastnosti pobočja,

- na podlagi zbranih podatkov preveriti zastavljene hipoteze ter oblikovati zaključke in priporočila za zmanjševanje plazovne ogroženosti.

Hipoteze, ki smo si jih zastavili in jih želimo dokazati v raziskovalnem delu, so:

- H1: Do plazu je prišlo zaradi slabega koreninskega sistema.
- H2: Do plazu je prišlo zaradi poškodbe na glavnem vodovodnem sistemu.
- H3: Do plazu je prišlo zaradi obilnega deževja.
- H4: Do plazu je prišlo zaradi različne sestave tal.
- H5: Dodatna hipoteza: na lokaciji, kjer je postavljen sanacijski zid, je možno načrtovati varno in cenovno dostopno stanovanjsko rešitev.

1.3 Predpostavke in omejitve

V tem podpoglavju so predstavljene predpostavke in omejitve pri pisanju diplomskega dela.

1.3.1 Predpostavke

Pri pripravi diplomskega dela so bile upoštevane naslednje predpostavke:

- predpostavlja se, da so uporabljeni podatki iz strokovne literature, poročil in uradnih evidenc verodostojni, strokovno utemeljeni in primerni za analizo obravnavanega plazu,
- predpostavlja se, da so razpoložljivi geološki, geotehnični in hidrološki podatki dovolj reprezentativni za razumevanje razmer na obravnavanem območju,
- predpostavlja se, da so meteorološki podatki, uporabljeni v analizi (npr. podatki o količini padavin), točni in zanesljivi,
- predpostavlja se, da uporabljene metode analize in sanacije plazov, opisane v strokovni literaturi, ustrezajo dejanskim razmeram na terenu,
- predpostavlja se, da izbrani primer obravnavanega plazu omogoča posploševanje ugotovitev na podobne primere plazov v primerljivih naravnih in prostorskih razmerah.

1.3.2 Omejitve

Pri izvedbi diplomskega dela so se pojavile naslednje omejitve:

- dostop do podrobnih geotehničnih in projektnih dokumentacij je bil omejen, saj so nekateri podatki obravnavani kot last pristojnih institucij,
- razpoložljivi podatki o padavinah in hidroloških razmerah so bili omejeni na določeno časovno obdobje, kar lahko vpliva na celovitost analize dolgoročnih vplivov,
- terenski ogledi in meritve so bili časovno in finančno omejeni, zato niso zajemali vseh potencialno pomembnih parametrov,
- obseg strokovne literature v slovenskem jeziku s področja sanacije plazov in podpornih konstrukcij je omejen, zato je bilo potrebno vključevanje tujejezičnih virov,
- diplomsko delo obravnava zgolj en primer plazu, kar predstavlja omejitev pri neposrednem posploševanju rezultatov na vse vrste plazov,
- projekt ne vključuje eksperimentalnih laboratorijskih preiskav tal, temveč temelji na analizi obstoječih podatkov in teoretičnih modelov.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Raziskava zemeljskih plazov je temeljila na kombinaciji kvalitativnih in kvantitativnih metod. Najprej je bila izvedena sistematična analiza literature, znanstvenih člankov in uradnih dokumentov, ki je zagotovila teoretični okvir in vpogled v obstoječe ukrepe preprečevanja in sanacije plazov. Terensko raziskovanje je zajemalo opazovanje pobočja. V sklopu diplomskega dela smo pregledali dokumentacijo, ki je vsebovala tudi kvantitativne analize, geodetske meritve, fotodokumentacijo in vzorčenje tal, kar je omogočilo preverjanje teoretičnih predpostavk in dodatno karakterizacijo območij. Dopolnilno so bili uporabljeni podatki kart, geodetskih izmer in evidenc preteklih plazov za identifikacijo območij z večjim tveganjem, analizirali smo tudi projektno dokumentacijo za gradnjo podpornega zidu.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Timsko delo je v kontekstu izvedbe kompleksnih projektov temeljna organizacijska in socialno-psihološka komponenta, ki bistveno vpliva na učinkovitost, kvaliteto in uspešnost doseganja projektnih ciljev. Timske strukture omogočajo razpršeno razporejanje nalog, hkratno vključevanje različnih strokovnih kompetenc ter dinamično reševanje nepredvidenih izzivov, na katere lahko naletimo pri sanaciji plazu. Pri tem tim ne predstavlja le skupek posameznikov z raznolikimi funkcionalnimi znanji, temveč dinamično socialno organizacijo, zmožno skupnega soočanja s kompleksnimi izzivi (Mathieu, Gallagher, Domingo, & Klock, 2018).

Osrednji cilj diplomske naloge, ki obravnava sanacijo plazu in gradnjo podpornega zidu, zahteva precizno usklajevanje tehničnih, okoljevarstvenih in organizacijskih aktivnosti. Znotraj takšne projektne dinamike ima timsko delo ključno vlogo pri zagotavljanju medsebojne podpore, pravočasnega prepoznavanja in reševanja težav ter koherentnega napredka projekta. Timsko delovanje omogoča, da se posamezni člani iz različnih strokovnih področij in z različnimi vedenjskimi kompetencami dopolnjujejo v procesu odločanja in izvedbe tehničnih nalog. Obenem prispeva k povečani fleksibilnosti skupine v odgovor na nepredvidene razmere v projektu, kot so npr. variabilne geološke razmere ter tveganja, povezana z vodnim režimom na lokaciji sanacije plazu.

Pred začetkom pisanja diplomskega dela smo se na Višji strokovni šoli Academia znotraj predhodnih srečanj ukvarjali s problematiko timskega dela in razumevanjem osebnih vedenjskih predispozicij posameznikov v timskem okolju. Namen takšnih aktivnosti je bila krepitev samozavedanja o vlogah, ki jih posamezniki prevzemamo v timu in spoznavanje pomena proceduralnega timskega usklajevanja že v začetnih fazah projektnega procesa. Kot del tega procesa sta bili uporabljeni dve psihološki metodi: Belbinov popis tima in Myers-Briggsov test osebnosti (MBTI).

Belbinova teorija timskih vlog predstavlja eno izmed najbolj uveljavljenih konceptualnih okvirov za analizo vedenja posameznikov v timu. Belbin in sodelavci, ki so devet let opazovali mednarodne management skupine, so identificirali devet timskih vlog, pri čemer vsaka vloga predstavlja skupek vedenjskih atributov, ki pomembno vplivajo na timsko dinamiko in rezultate (Fisher, S. G., Hunter, T. A., & Macrosson, W. D. K., 2001). Model predpostavlja, da je optimalna učinkovitost tima odvisna ne le od strokovnih kompetenc posameznikov, temveč od ravnovesja vedenjskih vlog znotraj tima, ki omogoča pokritje različnih funkcijskih in socialnih

zahtev naloge. Te vloge zajemajo tako usmerjenost v akcijo (npr. izvajalec, spodbujevalec), v ljudi (npr. koordinator, timski delavec) kot v ideje (npr. inovator, strokovnjak).

Belbinova vloga ni enakovredna tradicionalnim funkcijam v timu (kot so inženir, projektni vodja ali strokovni sodelavec), temveč se nanaša na vedenjske vzorce in načine, kako posameznik sodeluje z drugimi, prispeva k socialnemu kapitalu tima in podpira timske procese. Gre torej za obliko vedenjske dinamike, ki dopolnjuje strokovno funkcionalnost in vpliva na kohezijo ter upravljanje konflikta znotraj skupine (Fisher, S. G., Hunter, T. A., & Macrosson, W. D. K., 2001).

Poleg Belbinovega pristopa smo se seznanili tudi z Myers-Briggsovim testom osebnosti (MBTI)**,** ki temelji na razširjeni interpretaciji Jungove teorije psiholoških tipov in cilja razkriti posameznikove preference v dojemanju sveta in sprejemanju odločitev. MBTI opredeljuje štiri dimenzije osebnostnih preferenc – npr. introverzija / ekstravertizacija, zaznavanje / intuicija, razmišljanje / čustvovanje ter presojo / percepcijo – katerih kombinacije tvorijo 16 možnih tipov osebnosti (Myers, I. B. & Briggs, K. C., 2010). Čeprav MBTI kot orodje ni brez kritik glede psihometrične zanesljivosti, je v praksi pogosto uporabljan za izboljšanje komunikacije, sodelovanja in razumevanja dinamike v delovnih skupinah ter posledično pri izgradnji učinkovitih timov.

V okviru dela v skupini na skupinskem srečanju sem rešil Belbinov test, katerega rezultat je pokazal, da imam prevladujočo vlogo timskega delavca. Ta vloga se opredeljuje kot družbeno usmerjen, blag in občutljiv prispevek k timu, ki se kaže v podpornih in povezovalnih dejavnostih. Posamezniki v tej vlogi so značilno dojemljivi, dobri poslušalci in diplomatski. V timu delujejo kot povezovalni člen, ki zmanjšuje medosebne napetosti in prispeva k celostnemu usklajevanju med člani. Njihova prisotnost ne predstavlja grožnje drugim in pomembno preprečuje konflikte ter spodbuja timsko kohezijo. Poudariti je treba, da ima vsak timski delavec tudi dovoljene slabosti – zlasti lahko postanejo neodločni v kritičnih trenutkih in niso vedno naravnani za prevzem jasnega vodenja v kriznih situacijah. To vedenjsko samoidentifikacijo lahko v projektnih okoliščinah uporabimo za bolj primerno razporeditev vlog in nalog znotraj projektne skupine ter za ustvarjanje ravnovesja med funkcijami, ki prispevajo k napredku projekta.

Sklenemo lahko, da premišljeno oblikovanje projektnih timov – ki temelji na razumevanju vedenjskih profilov članov – povečuje verjetnost uspešne izvedbe projekta, kot je sanacija plazu in gradnja podpornega zidu. Integracija vedenjskih profilov prispeva k izboljšanim

komunikacijskim vzorcem, boljši delitvi odgovornosti in večji stopnji medsebojne podpore, kar je v kontekstu kompleksnih tehničnih in projektnih situacij ključnega pomena za doseganje zastavljenih ciljev.

Delo v projektni skupini predstavlja pomemben organizacijski element pri izvedbi gradbenih projektov, še posebej pri projektih sanacije plazov, kjer je potrebno interdisciplinarno sodelovanje različnih strokovnjakov. Pri obravnavanem projektu sanacije plazu in izgradnje podpornega zidu v naselju Vrhole pri Slovenskih Konjicah je sodelovalo več ključnih deležnikov, ki so bili vključeni v faze načrtovanja, priprave projektne dokumentacije in izvedbe gradbenih del.

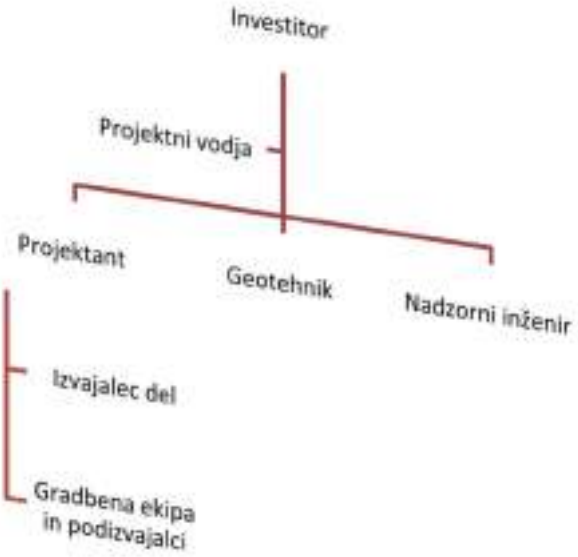
Investitor predstavlja naročnika projekta, ki zagotavlja finančna sredstva ter določa osnovne cilje in obseg investicije. Operativno vodenje projekta prevzame projektni vodja, katerega naloga je koordinacija med projektantom, nadzornim inženirjem ter izvajalcem del. Projektni vodja skrbi tudi za časovno usklajenost posameznih faz projekta ter nadzor nad potekom izvedbe del.

Projektant pripravi tehnično dokumentacijo, ki vsebuje načrte za izvedbo sanacijskih ukrepov in podporne konstrukcije. Pri projektih stabilizacije plazov ima pomembno vlogo tudi geotehnik, ki na podlagi geoloških in geotehničnih raziskav določi lastnosti zemljin ter predlaga ustrezne stabilizacijske ukrepe.

Nadzorni inženir spremlja potek gradnje in preverja skladnost izvedenih del s projektno dokumentacijo in veljavno zakonodajo. Njegova naloga je tudi nadzor nad kakovostjo vgrajenih materialov in pravilnostjo izvedbe posameznih gradbenih postopkov.

Izvajalec del skupaj z gradbeno ekipo in morebitnimi podizvajalci skrbi za izvedbo vseh gradbenih aktivnosti na terenu. To vključuje zemeljska dela, temeljenje podpornega zidu, vgradnjo drenažnega sistema ter končno ureditev okolice.

Učinkovito sodelovanje vseh članov projektne skupine je ključno za uspešno izvedbo projekta, saj omogoča pravočasno reševanje tehničnih problemov ter zagotavlja kakovostno in varno izvedbo sanacijskih del.

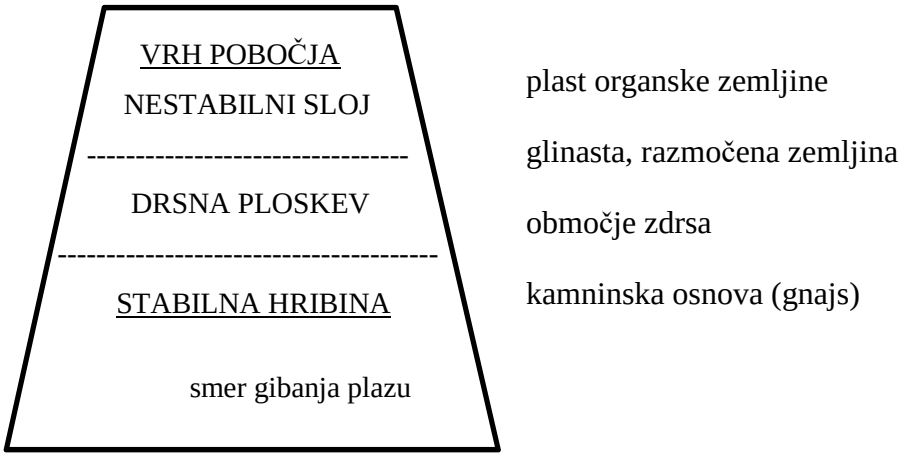


Slika 1 Organizacijska struktura projektne skupine pri sanaciji plazu

Vir: Lastni vir

2.1 Predstavitev lastnega projekta projektni skupini

Projekt, ki ga obravnavam v okviru diplomskega dela, se nanaša na sanacijo zemeljskega plazu in gradnjo podpornega zidu ob lokalni cesti v naselju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Do plazu je prišlo kot posledica kombinacije neugodnih geološko-geotehničnih razmer ter povečanih količin padavin, ki so povzročile zasičenost tal in zmanjšanje njihove strižne trdnosti. Posledično je prišlo do premika zemljine, ki je ogrozil stabilnost brežine in varnost prometne infrastrukture.



Slika 2 Skica plazu

Vir: Lastni vir

Obravnavani zemeljski plaz je značilen primer plazu v preperelih zemljinskih slojih nad kompaktno hribinsko podlago. Na obravnavanem območju se nad kamninsko osnovo (gnajsi, skrilavci in blestniki) nahajajo zemljinski sedimenti, sestavljeni pretežno iz glinastih in peščeno-meljnih zemljin. Ti sloji imajo v razmočenem stanju zmanjšano strižno trdnost, kar ustvarja pogoje za nastanek drsne ploskve. Največji vpliv je poleg oslabljenega koreninskega sistema imelo obilno deževje pred sprožitvijo plazu. Plaz se je nato aktiviral zaradi poveane zasičenosti tal z vodo, kar je povzročilo dvig pornega tlaka in zmanjšanje stabilnosti pobočja. Prišlo je do premika zemljinske mase navzdol proti cestišču.

Glavni cilj projekta je bil stabilizacija pobočja in sanacija poškodovanega odseka ceste z ustreznimi geotehničnimi ukrepi. Kot ključna rešitev je bila izbrana izvedba kamnitega težnostnega podpornega zidu, ki prevzema zemeljske pritiske in preprečuje nadaljnje premikanje zemljinskih mas. Poleg tega projekt vključuje tudi izvedbo ustreznega odvodnjavanja, saj ima voda pomembno vlogo pri destabilizaciji tal.

V okviru projektne skupine sem projekt razumel kot tipičen primer interdisciplinarnega sodelovanja, kjer je bilo potrebno usklajevanje med projektantom, geotehnikom, izvajalcem in nadzornim inženirjem. Vsak od sodelujočih je prispeval svoje strokovno znanje, kar je omogočilo izbiro optimalne tehnične rešitve ter varno in učinkovito izvedbo del.

Projekt predstavlja praktičen primer reševanja geotehničnega problema v realnem okolju, kjer je potrebno poleg tehničnih rešitev upoštevati tudi omejitve prostora, vpliv vremenskih razmer ter zagotavljanje varnosti pri delu. Takšen pristop omogoča dolgoročno stabilnost terena in varno uporabo prometne infrastrukture.

2.2 Varstvo pri delu in organizacija gradbišča

Varstvo pri delu in ustrezna organizacija gradbišča sta pri sanaciji plazu in gradnji podpornega zidu še posebej pomembna zaradi specifičnih terenskih, geotehničnih in organizacijskih okoliščin. Projekt Ureditev vozišča Vrhole – LC 440 321 – oporni zid 2 je bil izveden kot rekonstrukcija obstoječega vozišča in vključuje sanacijo plazu (odvoz izkopanega gradbenega materiala) in gradnjo kamnitega opornega zidu v dolžini približno 55 m in vidne višine do 2,0 m, z vgradnjo drenažnega sistema, barbakan ter dodatnih varovalnih elementov (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025).

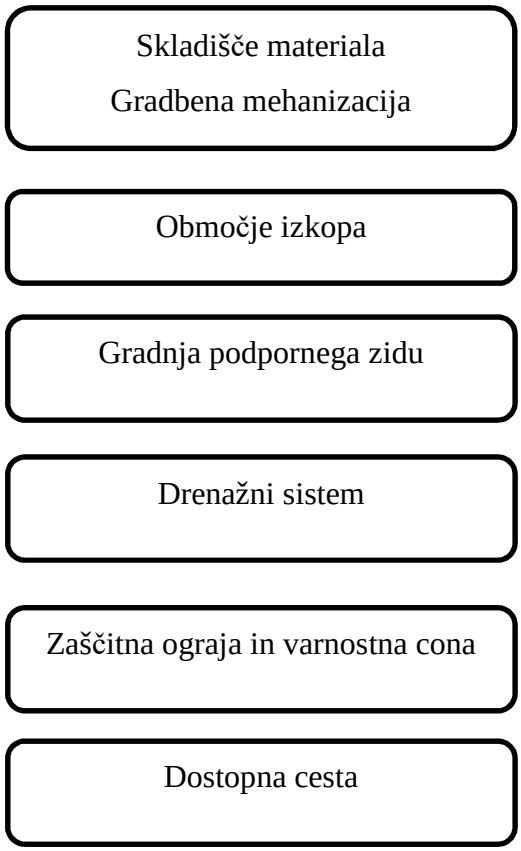
Varstvo pri delu predstavlja temeljni element organizacije gradbišča in je posebej pomembno pri projektih sanacije plazov, kjer obstaja povečano tveganje za nestabilnost terena, zdrse zemljine in nevarnost poškodb delavcev. Gradbena dela na plazovitih območjih zahtevajo skrbno načrtovanje delovnega procesa, ustrezno organizacijo gradbišča ter dosledno izvajanje varnostnih ukrepov.

Organizacija gradbišča mora zagotavljati jasno razmejitev posameznih delovnih območij, dostopnih poti za gradbeno mehanizacijo ter prostorov za skladiščenje materiala. Posebno pozornost je treba nameniti stabilnosti delovnega območja, saj lahko dodatni izkopi ali obremenitve terena povzročijo nadaljnje premike zemljine.

Varnostni načrt gradbišča vključuje več ključnih ukrepov, med katerimi so:

- uporaba osebne varovalne opreme (zaščitna čelada, varnostna obutev, odsevni jopiči),
- označitev nevarnih območij in omejitev dostopa nepooblaščenim osebam,
- nadzor nad stabilnostjo izkopov,
- varna uporaba gradbene mehanizacije,
- redni pregledi terena in spremljanje morebitnih premikov zemljine.

Pri delu na plazovitih območjih je pomembno tudi ustrezno odvodnjavanje površinske in podzemne vode, saj lahko povečana zasičenost tal bistveno zmanjša stabilnost zemljine. Zato je potrebno sprotno spremljati stanje terena ter po potrebi prilagoditi način izvajanja gradbenih del.



Slika 3 Organizacija gradbišča pri sanaciji

Vir: Lastni vir

Takšna dela sodijo med tehnično zahtevne posege, pri katerih so tveganja za zdravje in varnost delavcev povečana, zato je sistematičen pristop k varstvu pri delu ključen pogoj za varno in uspešno izvedbo projekta.

Varstvo in zdravje pri delu na gradbišču sta bila zagotovljena v skladu z veljavno slovensko zakonodajo ter predpisi Evropske unije, zlasti z Uredbo o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih. V okviru projekta je bil pripravljen in upoštevan varnostni načrt, ki je opredeljeval organizacijo gradbišča, razporeditev delovnih območij, prometno ureditev, varnostne ukrepe ter odgovornosti posameznih udeležencev.

Na podlagi projektne dokumentacije PID je razvidno, da je bil za projekt imenovan odgovorni projektant in odgovorni vodja projekta, ki sta zagotavljala strokovno vodenje in nadzor nad izvedbo del (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025).

Pomembno vlogo je imel tudi geotehnični nadzor, ki je sproti spremljal razmere v terenu ter podajal morebitne spremembe in dopolnitve podpornih ukrepov, kar ima neposreden vpliv na varnost delavcev in stabilnost gradbišča.

Ocena tveganj je bila zaradi narave projekta ena ključnih faz organizacije varstva pri delu. Sanacija plazu in gradnja opornega zidu sta vključevali zemeljska dela, izkope v enem nivoju in po kampadah, delo na brežinah ter vgradnjo kamnite podporne konstrukcije, kar vse predstavlja povečano nevarnost za zdrse, porušitve in poškodbe (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025).

Na podlagi geotehničnega mnenja (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025) so bili opredeljeni ključni varnostni ukrepi, kot so:

- postopno izvajanje izkopov,
- natančno določanje globine vkopa v nosilna tla,
- stalni geotehnični nadzor,
- sprotno prilagajanje podpornih ukrepov glede na dejanske razmere v tleh.

Znanstvena literatura potrjuje, da so prav geotehnični nadzor, fazno izvajanje del in stalna ocena tveganj bistveni elementi za zmanjševanje nezgod pri delih na nestabilnih terenih (Casagli, in drugi, 2021).

Izvajalec sanacijskih del je bil izbran na podlagi izkušenj s sanacijami plazov, kar je bistven organizacijski in varnostni dejavnik. Strokovna literatura poudarja, da imajo izkušeni izvajalci bolj razvite varnostne rutine, boljše razumevanje tveganj in večjo sposobnost odzivanja v nepredvidenih situacijah (Salas, Reyes, & McDaniel, 2018). Delavci so morali biti ustrezno usposobljeni za delo z gradbeno mehanizacijo, za izvajanje zemeljskih del ter za uporabo osebne varovalne opreme, kar je ključno za zmanjševanje poškodb in nezgod.

2.2.1 Varnostni načrt za obravnavani projekt

Namen varnostnega načrta

Namen varnostnega načrta je zagotoviti varno izvajanje vseh gradbenih del pri sanaciji plazu in gradnji podpornega zidu ter preprečiti poškodbe delavcev, tretjih oseb in materialno škodo. Načrt določa organizacijo gradbišča, prepoznavanje nevarnosti, oceno tveganj in ukrepe za njihovo zmanjšanje.

Opis projekta

Projekt obsega sanacijo plazu ob lokalni cesti, zemeljska dela in izkope, gradnjo kamnitega težnostnega podpornega zidu v dolžini približno 55 m, izvedbo drenažnega sistema (drenažne cevi, barbakani) ter ureditev okolice. Dela potekajo na plazovitem in geotehnično zahtevnem terenu, kar povečuje tveganje za zdrse in porušitve.

Organizacija varnosti na gradbišču

Odgovorne osebe:

Vodja projekta – koordinacija aktivnosti in nadzor nad izvajanjem varnostnega načrta

Odgovorni vodja del – organizacija del in izvajanje varnostnih ukrepov na gradbišču

Koordinator za varnost in zdravje pri delu – priprava in nadzor izvajanja varnostnega načrta

Geotehnični nadzor – spremljanje stabilnosti terena in predlaganje ukrepov

Identifikacija nevarnosti

- zdrs ali porušitev zemljine
- padec delavcev z višine ali brežine
- zasutje v izkopu
- delo z gradbeno mehanizacijo
- padci materiala
- zdrs zaradi mokrega ali nestabilnega terena
- nevarnost zaradi vode (padavine, podtalnica)

Tabela 1 Ocena tveganja

Nevarnost	Verjetnost	Posledica	Stopnja tveganja
Zdrs zemljine	Visoka	Zelo huda	Visoko
Padec z brežine	Srednja	Huda	Visoko
Zasutje v izkopu	Srednja	Zelo huda	Visoko
Delo z mehanizacijo	Srednja	Huda	Srednje–visoko
Padci na terenu	Visoka	Srednja	Srednje

Vir: Lastni vir

Varnostni ukrepi:

Organizacijski ukrepi

- jasna razmejitev delovnih območij
- omejitev dostopa nepooblaščenim osebam
- označitev nevarnih območij
- dnevni varnostni sestanki

Tehnični ukrepi

- postopno izvajanje izkopov (fazno)
- stabilizacija brežin
- uporaba zaščitnih ograj
- ustrezno odvodnjavanje (drenaža, barbakani)
- redni pregledi terena

Osebna varovalna oprema (OVO)

- zaščitna čelada
- varnostni čevlji
- odsevni jopič
- rokavice
- zaščita za oči po potrebi



Slika 4 Primer nepravilne uporabe OVO

Vir: Lastni vir

Varnost pri uporabi mehanizacije

- usposobljeni operaterji
- redni tehnični pregledi strojev
- varna razdalja med delavci in stroji
- signalist pri premikanju mehanizacije

Posebni ukrepi za plazovito območje

- stalni geotehnični nadzor
- spremljanje razpok in premikov
- prekinitev del ob močnem deževju
- takojšnje ukrepanje ob nestabilnosti

Ukrepi ob izrednih dogodkih

- takojšnja ustavitev del
- zavarovanje območja
- obvestilo vodji gradbišča
- klic na 112
- evakuacija delavcev

Usposabljanje delavcev

- usposabljanje za varno delo
- seznanitev z nevarnostmi plazov
- usposabljanje za delo z mehanizacijo

Zaključek

Varnostni načrt predstavlja ključni dokument za varno izvedbo projekta sanacije plazu. Zaradi zahtevnih geotehničnih razmer je dosledno izvajanje ukrepov nujno za zaščito delavcev in infrastrukture.

2.2.2 Organizacija gradbišča

Organizacija gradbišča na Vrholah je bila prilagojena omejenemu prostoru ob obstoječem vozišču ter bližini stanovanjskih objektov. Gradbišče je bilo organizirano tako, da je omogočalo varno izvajanje del ob hkratnem zagotavljanju prevoznosti in zaščite okolice. Posebna pozornost je bila namenjena:

- jasni razmejitvi delovnih območij,
- varnim dostopnim potem za delavce in mehanizacijo,
- ustreznemu skladiščenju materialov,
- zaščiti brežin in območij za opornim zidom.

Iz PID dokumentacije izhaja, da je bila za oporni zid izvedena drenaža DN 150 mm z odvodom vode v jarek ter vgrajeni barbakani za izsuševanje zaledja zidu, kar ni pomembno zgolj z vidika stabilnosti konstrukcije, temveč tudi z vidika varnosti pri delu, saj zmanjšuje nevarnost

nenadnih zdrsov ali porušitev materiala (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025).

Gradbišče je bilo dodatno zavarovano z varnostno mrežno ograjo višine do 1,2 m, kar predstavlja pomemben preventivni ukrep za zaščito delavcev in mimoidočih.



Slika 5 Skica organizacije gradbišča

Vir: Lastni vir

3 ZEMELJSKI PLAZOVI

3.1 Kaj so zemeljski plazovi?

Zemeljski plazovi so kompleksni naravni pojavi, ki jih povzročajo ugodni lokalni naravni pogoji. So geološki procesi premikanja zemeljskih mas, kamnin ali odpadlega materiala po pobočju navzdol pod vplivom gravitacije. Zemeljski plazovi predstavljajo eno izmed najpogostejših oblik masnega premikanja zemeljskih ali kamninskih mas po pobočju. Take premike lahko povzročijo naravni procesi ali kombinacija več dejavnikov, pri čemer se stabilnost naklona zmanjša do točke, ko silo teže nadvladajo odpornost materiala proti premiku. Gre za naravni geološki proces, pri katerem se masa tal, kamnin ali njihove mešanice premika po pobočju zaradi delovanja gravitacije. Do plazu pride, ko strižne sile, ki delujejo v pobočju, presežejo strižno trdnost materiala, ki sestavlja pobočje. Takšno stanje povzroči porušitev ravnotežja in premik materiala navzdol po pobočju (Mikoš, Brilly, & Ribičič, Poplave in zemeljski plazovi v Sloveniji, 2004) in (Morino, Coratza, & Soldati, 2022).

V geotehničnem smislu je stabilnost pobočja odvisna predvsem od mehanskih lastnosti tal in kamnin, geometrije pobočja ter hidroloških razmer v tleh. Ključni parametri, ki vplivajo na stabilnost, so kohezija, notranji kot trenja, porni tlak vode in struktura zemljine. Ko se zaradi zunanjih ali notranjih dejavnikov zmanjša strižna trdnost tal ali poveča obremenitev na pobočju, lahko pride do zdrsa materiala po drsni ploskvi (prav tam).

Zemeljski plazovi so pomemben naravni pojav tudi z vidika prostorskega načrtovanja in varnosti infrastrukture. Pogosto ogrožajo prometnice, stanovanjske objekte, komunalno infrastrukturo in kmetijska zemljišča. Zaradi tega je razumevanje njihovega nastanka in mehanizmov gibanja ključnega pomena za učinkovito načrtovanje sanacijskih ukrepov in preprečevanje škode (Meng, 2026).

Plazenje vključuje različne oblike premikanja materiala, kot so padanje, zdrsi, pretoki in premiki, ki se lahko pojavijo počasi ali zelo hitro. Zemeljski plazovi tako niso en sam dogodek, temveč skupek procesov, ki vodijo do porušitve stabilnosti pobočja in posledičnega premika materiala. Takšne pojave lahko obravnavamo tako kot proces (tj. mehanizem premikanja) kot tudi kot rezultat, saj vključujejo množico podpornih elementov (materialno telo, površino drsenja, gibanje navzdol) in so pomemben geomorfološki pojav pri oblikovanju reliefa (Morino, Coratza, & Soldati, 2022).

Plazenje v Sloveniji ne ogroža samo zgradb in infrastrukture, ampak predstavlja tudi vzrok za morfološke spremembe terena. Plazovi premikajo večje količine sedimentov, ki ne le, da ne ostanejo na pobočjih, temveč dosežejo fluvialno mrežo. Posledice plazenja so v najslabših primerih lahko hudourniški izbruhi, drobirski tokovi ali porušitveni valovi ob porušitvah naravnih pregrad. V Sloveniji je bilo leta 2004 zabeleženih okoli 2500 v večini manjših plazov (Mikoš, Brilly, & Ribičič, Poplave in zemeljski plazovi v Sloveniji, 2004).

Precejšen del Slovenije je podvržen nevarnim naravnim procesom, tudi plazenju. Tako je ogrožena tudi prometna infrastruktura na Vrholah pri Slovenskih Konjicah, kjer bomo v diplomskem delu načrtovali sanacijo plazu in izdelavo podpornega zidu.

3.2 Zakaj nastanejo zemeljski plazovi?

Vzroki za nastanek zemeljskih plazov so kompleksni in pogosto večplastni. Temeljni pogoj za premik materiala je, da sile, ki delujejo navzdol po pobočju (predvsem gravitacija), prevladajo nad silami, ki material držijo na mestu (npr. trdnost in trenje znotraj tal ali kamnin). Delež pri tem imajo tako naravni kot antropogeni dejavniki (Meng, 2026).

Nastanek zemeljskega plazu je običajno posledica kombinacije več dejavnikov, ki vplivajo na stabilnost pobočja. Ti dejavniki lahko delujejo postopoma ali pa sprožijo nenadno porušitev ravnotežja v tleh. Med najpomembnejše dejavnike sodijo geološka zgradba terena, hidrološke razmere, morfologija pobočja ter vplivi človeka (prav tam).

Geološka zgradba terena ima pomembno vlogo pri stabilnosti pobočij. Pobočja, ki so sestavljena iz različnih plasti kamnin ali zemljin z različnimi mehanskimi lastnostmi, so pogosto bolj nestabilna. Posebej problematične so plasti glinastih ali močno preperajočih materialov, ki imajo nižjo strižno trdnost. Če so te plasti nagnjene v smeri pobočja, lahko predstavljajo potencialne drsne ploskve, po katerih se masa tal začne premikati (prav tam).

Pomemben dejavnik pri nastanku plazov je tudi voda. Povečana vsebnost vode v tleh povzroči dvig pornega tlaka in zmanjšanje trenja med posameznimi delci zemljine. Posledično se zmanjša strižna trdnost materiala, kar lahko vodi do destabilizacije pobočja. Intenzivne padavine, taljenje snega ali neustrezno odvodnjavanje so zato pogosto neposredni sprožilci plazov (prav tam).

Na stabilnost pobočij vpliva tudi morfologija terena. Strma pobočja imajo večjo komponento gravitacijske sile, ki deluje v smeri gibanja materiala, zato so bolj izpostavljena plazenju. Poleg tega lahko erozija v spodnjem delu pobočja odstrani podporo zemeljskim masam, kar dodatno poveča možnost zdrsa (prav tam).

Vzroki za nastanek zemeljskih plazov so kompleksni in pogosto večplastni. Temeljni pogoj za premik materiala je, da sile, ki delujejo navzdol po pobočju (predvsem gravitacija), prevladajo nad silami, ki material držijo na mestu (npr. trdnost in trenje znotraj tal ali kamnin). Delež pri tem imajo tako naravni kot antropogeni dejavniki (Ehsan, Anees T., Bakar A. B. F., & Ahmed, 2025).

Med glavnimi naravnimi sprožilci so:

- padavine in vdor vode v tla, ki povečajo porečni tlak in s tem zmanjšajo trenje med delci,
- erozija pri vznožju pobočja, ki zmanjša oporo pobočju,
- zemeljski sunki in potresi, ki lahko neposredno pretrgajo trdnost materiala,
- geološke značilnosti, kot so tektonske razpoke in plasti slabše odpornega materiala, ki olajšajo premik (prav tam).

Poleg naravnih dejavnikov imajo na nestabilnost pobočij in verjetnost nastanka zemeljskih plazov pomemben vpliv tudi človekove aktivnosti. Gradbeni posegi, kot so izkopi pri gradnji cest ali drugih infrastrukturnih objektov, ter spremembe rabe zemljišč in odstranjevanje vegetacije, lahko spremenijo topografijo pobočij, spremenijo poteke površinskih in podtalnih voda ter zmanjšajo naravno oporo terena, kar povečuje dovzetnost pobočij za plazenje (Ehsan, Anees T., Bakar A. B. F., & Ahmed, 2025).

3.3 Kakšne vrste zemeljskih plazov poznamo?

Zemeljske plazove lahko razvrščamo glede na vrsto gibanja materiala in glede na vrsto materiala, ki se premika. Najpogosteje uporabljena klasifikacija temelji na kombinaciji teh dveh kriterijev. Med najpogostejše vrste plazov sodijo zdrsi (slides), tokovi (flows), padci (falls), prevračanja (topples) in raztezanja (spreads) (Li & Mo, 2019).

Zdrsi predstavljajo eno izmed najpogostejših oblik plazov. Pri tej vrsti plazu se masa materiala premika po jasno definirani drsni ploskvi. Zdrsi se lahko delijo na translacijske in rotacijske zdrse. Pri translacijskem zdrsu se masa premika po približno ravni drsni ploskvi, medtem ko se

pri rotacijskem zdrsu masa premika po ukrivljeni drsni ploskvi, pri čemer se zgornji del plazu pogosto nagne nazaj proti pobočju (prav tam).

Tokovi predstavljajo vrsto plazu, pri kateri se masa materiala obnaša podobno kot viskozna tekočina. Takšni plazovi so pogosto povezani z visoko vsebnostjo vode v materialu, zaradi česar se zmanjša trenje med delci. Tipični primeri so blatni tokovi in drobirski tokovi (prav tam).

Padci in prevračanja se običajno pojavljajo v kamninskih pobočjih. Pri padcih se posamezni bloki kamnin odlomijo in prosto padajo po pobočju, medtem ko se pri prevračanju kamninski bloki prevrnejo okoli svoje osi. Takšni procesi so pogosti v strmih skalnih stenah in lahko predstavljajo veliko nevarnost za infrastrukturo v dolinah ali ob vznožju pobočij (prav tam).

Klasifikacija zemeljskih plazov temelji na več kriterijih, predvsem na vrsti gibanja in vrsti materiala, ki se premika. Plazovi se lahko združujejo ali prepletajo, kar v praksi pogosto oteži natančno kategorizacijo (prav tam):

a) Glede na gibanje:

- padci (*ang.* falls): nenadno ločevanje materiala od pobočja in prosti padec;
- prevračanja (*ang.* topples): rotacijsko gibanje navzdol vodoravnih ali nagnjenih elementov;
- zdrsi (*ang.* slides): premik vzdolž vidne ali nevidne ploskve, ki je lahko translacijska ali rotacijska;
- pretoki (*ang.* flows): gibanje materiala, ki se obnaša podobno tekočini, pogosto pri visoki vsebnosti vode.

b) Glede na vrsto materiala:

- skalni plazovi: ko je premik materiala predvsem trdnih kamnin;
- zemeljski plazovi: ko je premik večinoma zemljin in prsti;
- drobirski ali blatarni pretoki: ko je material heterogen z visoko vsebnostjo vode in se obnaša kot tok.

Ker so ti kriteriji fleksibilni, se v literaturi pogosto uporabljajo kombinirane klasifikacije, ki omogočajo bolj natančen opis posameznih primerov plazenj glede na njihove značilnosti in sprožilce (prav tam).

3.4 Dejavniki, ki vplivajo na nastanek plazov

Na nastanek zemeljskih plazov vpliva več različnih dejavnikov, ki jih lahko razdelimo v tri osnovne skupine: geološke, morfološke in antropogene dejavnike (Highland & Bobrowsky, 2008).

Med geološke dejavnike sodijo predvsem lastnosti tal in kamnin. Preperele kamnine, razpokane strukture, različne plasti materialov ter neugodna orientacija geoloških plasti lahko bistveno zmanjšajo stabilnost pobočij. Prav tako lahko razlike v prepustnosti posameznih plasti povzročijo zadrževanje vode in povečanje pornega tlaka, kar vodi do destabilizacije pobočja (prav tam).

Morfološki dejavniki so povezani z obliko terena. Strmina pobočja, višina pobočja ter erozijski procesi na njegovem vznožju lahko pomembno vplivajo na stabilnost. Erozija v spodnjem delu pobočja lahko odstrani podporo zemeljskim masam, kar povzroči povečanje napetosti v pobočju in s tem večjo verjetnost plazenja (prav tam).

Antropogeni dejavniki vključujejo človekove posege v prostor. Gradnja cest, izkopi, nasipi, sečnja gozdov in spremembe v odvodnjavanju lahko pomembno vplivajo na stabilnost pobočij. Posebej problematični so posegi, ki povečajo obremenitev pobočja ali spremenijo naravne odtočne razmere. Tudi puščanje vode iz vodovodnih ali kanalizacijskih sistemov lahko poveča vsebnost vode v tleh in sproži plaz (prav tam).

3.5 Posledice zemeljskih plazov

Zemeljski plazovi lahko povzročijo številne negativne posledice za okolje, infrastrukturo in prebivalstvo. Ena najpogostejših posledic je poškodovanje ali uničenje prometne infrastrukture, kot so ceste, železnice in mostovi. Plazovi lahko povzročijo tudi poškodbe stanovanjskih objektov, komunalne infrastrukture in kmetijskih površin (Highland & Bobrowsky, 2008).

Poleg neposredne materialne škode lahko plazovi povzročijo tudi posredne gospodarske posledice, kot so prekinitev prometnih povezav, zmanjšanje vrednosti zemljišč ter stroški sanacije in preventivnih ukrepov. V nekaterih primerih lahko plazovi povzročijo tudi človeške žrtve, zlasti na območjih z gosto poselitvijo ali na območjih z nezadostno zaščito pred naravnimi nesrečami (prav tam).

Zaradi teh razlogov je pomembno, da se pri prostorskem načrtovanju upošteva nevarnost plazov ter da se izvajajo ustrezni geotehnični ukrepi za stabilizacijo pobočij. Takšni ukrepi lahko

vključujejo gradnjo podpornih konstrukcij, izboljšanje odvodnjavanja, sidranje pobočij ter zasaditev vegetacije za stabilizacijo tal (prav tam).

3.6 Preprečevanje in sanacija plazov

Preprečevanje in sanacija zemeljskih plazov vključujeta različne tehnične in organizacijske ukrepe, katerih cilj je povečanje stabilnosti pobočij ter zmanjšanje tveganja za nastanek plazu. Eden najpomembnejših ukrepov je ustrezno odvodnjavanje, saj voda predstavlja enega ključnih dejavnikov destabilizacije tal (Casagli, in drugi, 2021).

Med pogoste tehnične ukrepe sodijo gradnja podpornih zidov, sidranje pobočij, uporaba geosintetičnih materialov ter utrjevanje tal z injektiranjem ali zamenjavo materiala. Pomembno vlogo ima tudi urejanje površinskega odvodnjavanja, s katerim se prepreči zadrževanje vode v pobočju (prav tam).

Poleg tehničnih ukrepov je pomembno tudi spremljanje stanja pobočij in zgodnje zaznavanje potencialnih premikov. Sodobne metode vključujejo geodetske meritve, satelitsko opazovanje ter različne geotehnične instrumente za merjenje deformacij in pornega tlaka v tleh. Takšni sistemi omogočajo pravočasno ukrepanje in zmanjšanje tveganja za nastanek večjih plazov (prav tam).

Razumevanje procesov nastanka plazov je zato ključno za učinkovito upravljanje prostora in zmanjšanje naravnih tveganj. Z ustreznim načrtovanjem in uporabo geotehničnih ukrepov je mogoče bistveno zmanjšati nevarnost plazenja ter zagotoviti varnejšo rabo prostora (prav tam).

3.7 Zemeljski plazovi v Sloveniji

Slovenija spada med države, kjer predstavljajo zemeljski plazovi relativno pogost naravni pojav. Razlog za to so predvsem razgiban relief, geološko raznolika zgradba tal ter relativno velika količina padavin. Zaradi teh značilnosti je velik del slovenskega ozemlja izpostavljen različnim oblikam masnega premikanja tal, kot so zemeljski plazovi, drobirski tokovi in skalni podori. Po ocenah strokovnjakov je plazovita približno tretjina ozemlja države, kar pomeni, da je tveganje za pojav plazov pomemben dejavnik pri prostorskem načrtovanju in gradnji infrastrukture (Komac & Zorn, 2007).

Na območju Slovenije so zemeljski plazovi najpogostejši v hribovitih in goratih predelih, kjer se pojavljajo debelejše plasti preperelih zemljin nad kamninsko podlago. Posebej izpostavljena so območja severovzhodne Slovenije, Haloz, Slovenskih goric, Pohorja ter dela alpskega in

predalpskega sveta. V teh območjih pogosto prevladujejo glinasti in meljasti sedimenti, ki so ob povečani vsebnosti vode manj stabilni in bolj nagnjeni k plazenju (Komac M. , 2005).

Pomemben dejavnik za nastanek plazov v Sloveniji so tudi padavine. Intenzivne in dolgotrajne padavine povzročijo povečano zasičenost tal z vodo, kar vodi do zmanjšanja strižne trdnosti zemljin in povečanega pornega tlaka. Posledično lahko pride do zdrsa zemeljskih mas po pobočju. Takšni dogodki so bili v Sloveniji večkrat zabeleženi predvsem ob ekstremnih vremenskih dogodkih, ko so obilne padavine povzročile številne plazove na različnih območjih države (Jordanova, in drugi, 2020).

Zemeljski plazovi v Sloveniji pogosto povzročajo škodo na prometni infrastrukturi, stanovanjskih objektih in kmetijskih površinah. Posebej izpostavljene so lokalne in regionalne ceste, ki pogosto potekajo po pobočjih ali ob njihovem vznožju. Plazovi lahko povzročijo poškodbe vozišč ali celo popolno zaporo le-teh. Zaradi tega so sanacijski ukrepi, med katere spadajo gradnja podpornih zidov, odvodnjavanje ter stabilizacija brežin, pomemben del vzdrževanja prometne infrastrukture (Mikoš, 2011).

Za spremljanje in evidentiranje plazov v Sloveniji skrbi več institucij, med katerimi pomembno vlogo igra Geološki zavod Slovenije, ki vodi evidence plazov in izvaja raziskave s področja geologije in geotehnike. Pomembne podatke o pojavljanju plazov zbira tudi Agencija Republike Slovenije za okolje, ki spremlja hidrološke in meteorološke razmere ter izdaja opozorila ob ekstremnih vremenskih dogodkih.

V zadnjih letih se v Sloveniji vedno več pozornosti namenja tudi preventivnim ukrepom in načrtovanju rabe prostora. Pri načrtovanju novih objektov in prometne infrastrukture se vse pogosteje izvajajo geološko-geotehnične raziskave, s katerimi se ocenjuje stabilnost terena in tveganje za nastanek plazov. Takšen pristop omogoča pravočasno načrtovanje ustreznih tehničnih rešitev (npr. podporne konstrukcije, drenažni sistemi ali drugi stabilizacijski ukrepi) (Komac & Zorn, 2007).

Razumevanje značilnosti in pojavnosti zemeljskih plazov v Sloveniji je zato ključnega pomena za varno načrtovanje posegov v prostor. Z ustreznimi geotehničnimi raziskavami, preventivnimi ukrepi in pravilno izvedenimi sanacijskimi posegi je mogoče bistveno zmanjšati tveganje za nastanek plazov ter omejiti njihove negativne posledice za okolje, infrastrukturo in prebivalstvo.

4 TEHNIČNI OPIS

4.1 Projekt sanacije plazu

Osnova za PZI sanacije plazu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah v občini Slovenska Bistrica so fotografije območja plazu, ogled terena, terenske preiskave.



Slika 6 Plaz na vkopni strani ceste

Vir: (Mikec B. , 2025a)

Vsa dela v sklopu projekta so se izvedla v skladu z geotehničnim mnenjem, predlog sanacije zemeljskega plazu na cesti Vrhole pri Slovenskih Konjicah – ZID 2 v občini Slovenska Bistrica, je septembra 2023 izdelalo podjetje Geoten Geotehnično načrtovanje, projekt je vodil dr. Bojan Žlender (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025).

4.2 Opis območja plazenja

Na lokaciji je bila izvedena terenska prospekcija z oceno hribinske sestave in njenih lastnosti. Geološko geotehnične razmere so bile povzete po pregledu Geološke karte obravnavanega območja in iz znanih podatkov za širše območje obravnavane lokacije (Mikec B. , 2025a).

Plaz se je aktiviral po obilnejšem deževju leta 2023. Podor zemljine je delno zasul lokalno prometno infrastrukturo. Širina plazu je znašala približno 18 m. Območje, ki je splazilo, je del zemljišča, ki pripada dvostanovanjski hiši (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025).



Slika 7 Prikaz širšega območja plazu

Vir: (Mikec B. , 2025a)

4.3 Terenske in geološke raziskave

Hribinske plasti na območju plazu formirajo skrilavci, gnajsi in blestniki, lokalno pretežno muskovitno biotitov gnajs s prehodi v blestnik. Strukture potekajo v smeri severozahod-jugovzhod (Mikec B. , 2025a).

Podlaga za geološko geotehnične razmere so bile predhodne sondažne preiskave in znani podatki o geološko-geotehničnih pogojih v širšem območju obravnavega plazu. Ocenjeno je bilo, da na pobočju vzdolž ceste tla tvorijo zemljinski sedimenti, globine do 7 metrov. Zemljinske sloje tvorijo pod tankim slojem organske zemljine glinaste zemljine srednje gnetne konsistence in zaglinjene peščeno meljne zemljine, ki so v srednjem gostotnem stanju. Lokalno

so sloji zemljin razmočeni in v lahko gnetnem konsistentnem oz. v rahlem gostotnem stanju. Globlje preide zemljinski sloj v hribinsko podlago, ki je na kontaktu preperela. Glede na naravo problema lahko obravnavamo nižje sloje kompaktne kamnine kot stabilno in nepodajno podlago (prav tam).

4.3.1 Vrednotenje hipoteze H1

Na stabilnost pobočij pomembno vpliva tudi vegetacija, saj koreninski sistemi rastlin povečujejo kohezijo zemljine in zmanjšujejo erozijo površine tal. Korenine povezujejo posamezne delce zemljine ter tako prispevajo k večji mehanski stabilnosti pobočja. V obravnavanem primeru je bila vegetacija na območju plazu sicer prisotna, vendar ni predstavljala odločilnega stabilizacijskega elementa. Koreninski sistem rastlin ni bil dovolj razvit, da bi bistveno vplival na stabilnost zemljinskih slojev. Na podlagi teh ugotovitev lahko zaključimo, da hipoteza H1 ni v celoti potrjena, saj vegetacija ni imela odločilnega vpliva na preprečevanje nastanka plazu.



Slika 8 Vegetacija na obomočju plazu

Vir: Lastni vir

4.3.2 Vrednotenje hipoteze H2

Pri analizi infrastrukture na obravnavanem območju ni bilo zaznanih poškodb vodovodnega omrežja, ki bi lahko povzročile dodatno pronicanje vode v zemljino. Prav tako ni bilo zabeleženih večjih okvar ali puščanj vodovodnih cevi v obdobju pred nastankom plazu. Na podlagi razpoložljivih podatkov lahko sklepamo, da vodovodna infrastruktura ni imela bistvenega vpliva na destabilizacijo pobočja. Zato hipoteza H2 ni potrjena.



Slika 9 Nepoškodovano vodovodno omrežje na območju plazu

Vir: Lastni vir

4.3.3 Vrednotenje hipoteze H3

Analiza podatkov ARSO kaže, da je bil september 2023 na območju vzhodne Slovenije nadpovprečno namočen. Kljub temu pa ni bil najbolj namočen mesec v letu. Največ padavin je bilo zabeleženih avgusta 2023, ko so Slovenijo prizadele izjemne padavine in poplave, medtem ko je bil tudi maj izrazito nadpovprečen. September predstavlja nadaljevanje vlažnega obdobja po ekstremnem poletju (ARSO, 2026). Meteorološki podatki za obravnavano obdobje kažejo

na povečano količino padavin pred nastankom plazu. Dolgotrajno deževje je povzročilo povečano zasičenost tal z vodo, kar zmanjšuje strižno trdnost zemljine in povečuje verjetnost zdrsa zemeljskih mas. Na podlagi teh ugotovitev lahko potrdimo hipotezo H3, ki predvideva pomemben vpliv intenzivnih padavin na nastanek plazu.

Tabela 2 Podatki o padavinah po mesecih

Mesec	Padavine (mm)	
Januar	~45 mm	normalno
Februar	~30 mm	sušno
Marec	~70 mm	normalno
April	~90 mm	nekoliko nadpovprečno
Maj	~180 mm	zelo mokro
Junij	~110 mm	nadpovprečno
Julij	~130 mm	mokro
Avgust	~220 mm	ekstrem (poplave)
September	~140 mm	nadpovprečno
Oktober	~100 mm	normalno
November	~80 mm	normalno
December	~95 mm	normalno

Vir: (ARSO, 2026)

4.3.4 Vrednotenje hipoteze H4

Na sami lokaciji so bile izvedene geološko geotehnične preiskave v minimalnem obsegu za določitev sanacijskih ukrepov (Mikec B. , 2025a).

Osnovni seizmični podatki za analizo stabilnosti po slovenskem standardu SIST EN 1998-1: 2005, ki upošteva povratno dobo potresov 475 let, potrjujejo, da spada območje v obdelavi v 7. stopnjo po EMS. Po karti projektnega pospeška tal, ki je primerljiva s karto potresne intenzitete, saj se območja majhne in velike potresne nevarnosti v povprečju kar dobro ujemajo, za obravnavano območje znaša projektni pospešek tal Qg = 0,1 g (prav tam).

Po podatkih iz atlasa okolja Agencije Republike Slovenije za okolje je iz karte verjetnosti pojavljanja plazov razvidno, da je obravnavana trasa ceste na območju verjetnosti pojavljanja plazov. Iz opozorilne karte erozije je prav tako razvidno, da je obravnavana parcela na območju zahtevanih zaščitnih ukrepov (prav tam).

Na podlagi terenskih in geoloških raziskav o sestavi zemljine lahko potrdimo hipotezo H4.



Slika 10 Skica hribinskih plasti na območju plazu

Vir: Lastni vir



Slika 11 Lokacija plazu

Vir: (Mikec B. , 2025a)

5 PREDLAGANA SANACIJA PLAZU

Sanacija zemeljskih plazov zahteva sistematičen in strokovno voden pristop, ki temelji na natančni analizi geološko-geotehničnih razmer, pravilni izbiri sanacijskih ukrepov ter stalnem nadzoru nad izvedbo del. Septembra 2023 je bil izveden pregled območja plazu in širšega območja.

5.1 Pravilna izvedba sanacije

Na podlagi geotehničnega mnenja so se pri izvedbi sanacije izvedla naslednja dela (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025):

- zemeljska dela in izkopi so se izvedli v enem nivoju in po kampadah .

5.2 Pravilni postopki pri sanaciji

Namen pravilnih postopkov pri sanaciji je predvsem stabilizacija terena, zmanjšanje vpliva vode v zemljinskih slojih ter zagotovitev dolgoročne stabilnosti pobočja in infrastrukturnih objektov na obravnavanem območju.

Na območju obravnavanega plazu so geološko-geotehnične razmere pogojene z značilno hribinsko zgradbo, ki jo sestavljajo skrilavci, gnajsi in blestniki, lokalno pa prevladuje muskovitno-biotitni gnajs s prehodi v blestnik. Strukturne značilnosti kamnin potekajo v smeri severozahod–jugovzhod, kar vpliva na stabilnost pobočja in potencialne drsne ploskve (Mikec, 2025a). Nad hribinsko podlago se nahajajo zemljinski sedimenti debeline do približno 7 m, ki jih sestavljajo predvsem glinaste zemljine srednje gnetne konsistence ter zaglinjene peščeno-meljne zemljine srednje gostotnega stanja. Lokalno so zemljinski sloji zaradi vpliva vode razmočeni in imajo zmanjšano nosilnost, kar predstavlja pomemben dejavnik pri nastanku plazu (Mikec B. , 2025a).

Pravilni postopki sanacije v takšnih razmerah vključujejo več medsebojno povezanih faz. Prva faza obsega natančno geotehnično analizo terena in določitev ustreznih sanacijskih ukrepov na podlagi terenskih raziskav. Na obravnavanem območju so bile izvedene geološko-geotehnične preiskave v minimalnem obsegu, ki pa so omogočile opredelitev osnovnih značilnosti zemljin ter določitev potrebnih sanacijskih ukrepov. Pomemben element sanacije je tudi upoštevanje seizmičnih razmer. Po slovenskem standardu SIST EN 1998-1 območje spada v potresno

območje s projektiranim pospeškom tal približno 0,1 g, kar je bilo upoštevano pri načrtovanju stabilizacijskih ukrepov (prav tam).

Druga faza sanacije vključuje pripravljalna in zemeljska dela. Ta obsegajo odstranjevanje nestabilnih zemljinskih slojev, izvedbo kontroliranih izkopov ter oblikovanje stabilnega gradbenega platoja. Pri tem je bistveno, da se izkopi izvajajo postopno in v manjših odsekih, saj se s tem preprečuje dodatno razbremenjevanje in destabilizacija pobočja. Posebno pozornost je treba nameniti tudi ustreznemu ravnanju z izkopanim materialom ter zaščiti gradbišča pred dodatnim vplivom padavinskih voda (prav tam).

Tretja faza vključuje izvedbo konstrukcijskih in stabilizacijskih ukrepov, katerih namen je zagotoviti mehansko stabilnost pobočja. Med najpogosteje uporabljenimi ukrepi so gradnja podpornih konstrukcij, izboljšanje drenaže ter stabilizacija zalednih zemljin. Na obravnavanem območju je bila kot ključni stabilizacijski element predvidena izvedba podpornega zidu, ki prevzema zemeljske pritiske in preprečuje nadaljnje premikanje zemljinskih mas (prav tam).

Pomemben del pravilnih postopkov sanacije predstavlja tudi učinkovito odvodnjavanje. Voda je namreč eden izmed glavnih dejavnikov nastanka in razvoja plazov, saj povečuje tlak v zemljinah in zmanjšuje njihovo strižno trdnost. Zato je potrebno zagotoviti ustrezno površinsko in podzemno odvodnjavanje, ki omogoča zmanjšanje zasičenosti zemljin in izboljšanje stabilnosti pobočja (prav tam).

Pri načrtovanju sanacijskih ukrepov je bilo upoštevano tudi dejstvo, da se obravnavano območje po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje nahaja na območju povečane verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov ter na območju, kjer so potrebni zaščitni ukrepi zaradi erozije tal. To dodatno potrjuje potrebo po skrbno načrtovanih in strokovno izvedenih sanacijskih postopkih (prav tam).

Na podlagi navedenih postopkov je bilo mogoče zagotoviti učinkovito in trajnostno sanacijo plazu, ki zmanjšuje tveganje za ponovni nastanek nestabilnosti ter omogoča varno uporabo prostora tudi v prihodnje. Pri tem je ključnega pomena sodelovanje različnih strokovnjakov s področja geotehnike, gradbeništva in geologije, saj je le z interdisciplinarnim pristopom mogoče zagotoviti ustrezno in dolgoročno stabilnost obravnavanega območja (prav tam).

5.3 Sprotna kontrola izvedenih del med sanacijo

Dejanske lastnosti posameznih slojev, geometrija in debeline slojev so odstopale od podanih, zato se je pred pričetkom sanacijskih del izvedla kontrolna preiskava s sondiranjem. Izvedbo del je nadzoroval geotehnik, ki je sproti podajal morebitne spremembe podpornih ukrepov oziroma dopolnilnih del (Mikec B. , 2025a).

6 PREDLAGANA IZVEDBA PODPORNEGA ZIDU IN NJEGOVA IZVEDBA

6.1 Raziskava različnih možnosti izdelave podpornega zidu

Podporni zidovi predstavljajo pomemben konstrukcijski element pri stabilizaciji pobočij, zaščiti prometne infrastrukture ter preprečevanju nadaljnjega premikanja zemljinskih mas. Njihova osnovna funkcija je zadrževanje zemljine oziroma hribine na različnih višinah ter prevzemanje horizontalnih pritiskov zemljine, ki nastajajo zaradi lastne teže tal, obtežbe površine in vpliva vode (Das, 2011).

Pri izbiri ustrezne vrste podpornega zidu je potrebno upoštevati geološko-geotehnične razmere, višino zadrževanja zemljine, razpoložljiv prostor za gradnjo, ekonomske vidike ter zahtevano trajnost konstrukcije (prav tam).

V geotehnični praksi se uporablja več osnovnih tipov podpornih konstrukcij. Med najpogostejšimi so težnostni podporni zidovi, armiranobetonski konzolni zidovi, sidrani podporni zidovi, pilotne oziroma zagatne stene ter gabionske konstrukcije. Vsaka od navedenih rešitev ima svoje prednosti in omejitve, zato je pri načrtovanju potrebno izvesti primerjalno analizo možnih rešitev (prav tam).

Ena izmed najstarejših in najpogosteje uporabljenih oblik podpornih konstrukcij je težnostni podporni zid. Stabilnost takšnega zidu temelji predvsem na lastni teži konstrukcije, ki nasprotuje horizontalnim pritiskom zaledne zemljine. Ti zidovi so praviloma zgrajeni iz kamna, betona ali masivnega zidanega materiala in so primerni predvsem za manjše višine zadrževanja zemljine, praviloma do približno 3 m (prav tam).

Zaradi enostavne zasnove, robustnosti in relativno enostavne izvedbe so težnostni zidovi pogosto uporabljeni pri stabilizaciji manjših plazov in zaščiti cestne infrastrukture.

Druga pogosto uporabljena rešitev so armiranobetonski konzolni podporni zidovi. Ti zidovi so sestavljeni iz tanke armiranobetonske stene (stebla) in temeljne plošče, ki deluje kot konzola. Stabilnost konstrukcije se doseže s kombinacijo lastne teže zidu in teže zaledne zemljine, ki deluje na temeljno ploščo. Takšni zidovi so običajno bolj ekonomični pri večjih višinah zadrževanja zemljine, saj omogočajo tanjše konstrukcijske elemente in racionalnejšo porabo materiala (prav tam).

Poleg teh se v praksi uporabljajo tudi gabionski podporni zidovi, ki so sestavljeni iz kovinskih mrežastih košar, napolnjenih s kamnitim materialom. Gabioni delujejo kot težnostna konstrukcija, vendar imajo dodatno prednost visoke prepustnosti za vodo, kar zmanjšuje hidrostatni tlak v zaledju zidu. Zaradi svoje fleksibilnosti so primerni predvsem na območjih z večjimi deformacijami tal ali na območjih, kjer obstaja nevarnost erozije (prav tam).

V posebnih geotehničnih razmerah se uporabljajo tudi sidrani podporni zidovi, pri katerih je konstrukcija dodatno stabilizirana s sidri ali nateznimi palicami, ki so vgrajene globoko v zaledno hribino. Takšne konstrukcije so primerne predvsem v primerih, ko je na voljo omejen prostor za širino temeljenja ali kadar je potrebno zadržati večje višine zemljine (prav tam).

Pri stabilizaciji pobočij se v sodobnem geotehničnem inženirstvu uporabljajo tudi armirane zemljine (t. i. MSE – mechanically stabilized earth) ter različne metode utrjevanja pobočij, kot so žebljičenje tal ali pilotne stene. Te metode omogočajo učinkovito stabilizacijo večjih zemeljskih mas in so pogosto uporabljene pri infrastrukturnih projektih, kjer so potrebne višje in kompleksnejše podporne konstrukcije (prav tam).

Pri izbiri najprimernejše rešitve je potrebno upoštevati več kriterijev, med katerimi so ključni geotehnične lastnosti tal, višina in obremenitve podporne konstrukcije, razpoložljiv prostor za gradnjo ter ekonomičnost izvedbe. V primeru manjših višin zadrževanja zemljine in stabilne hribinske podlage se pogosto izkaže kot optimalna rešitev masivni kamniti oziroma težnostni zid, saj omogoča relativno enostavno izvedbo, uporabo lokalnega kamnitega materiala ter dobro prilagoditev naravnemu okolju (prav tam).

Tabela 3 Tipi podpornih zidov

TIP	**OSNOVNA KONSTRUKCIJSKA ZNAČILNOST**	**PREDNOSTI**	**SLABOSTI**	**TIPIČNA UPORABA**
Težnostni zid (kamniti ali betonski)	stabilnost zagotavlja predvsem lastna teža konstrukcije	enostavna izvedba, velika trajnost, dobra prilagoditev naravnemu okolju	večja poraba materiala, večja širina temeljenja	manjše višine zadrževanja zemljine, stabilizacija cest in pobočij
Armiranobetonski konzolni zid	armiranobetonska stena s temeljno ploščo, ki deluje kot konzola	manjša poraba materiala pri večjih višinah,	zahtevnejša izvedba, potreba po armaturi in opaženju	večje višine podpornih konstrukcij,

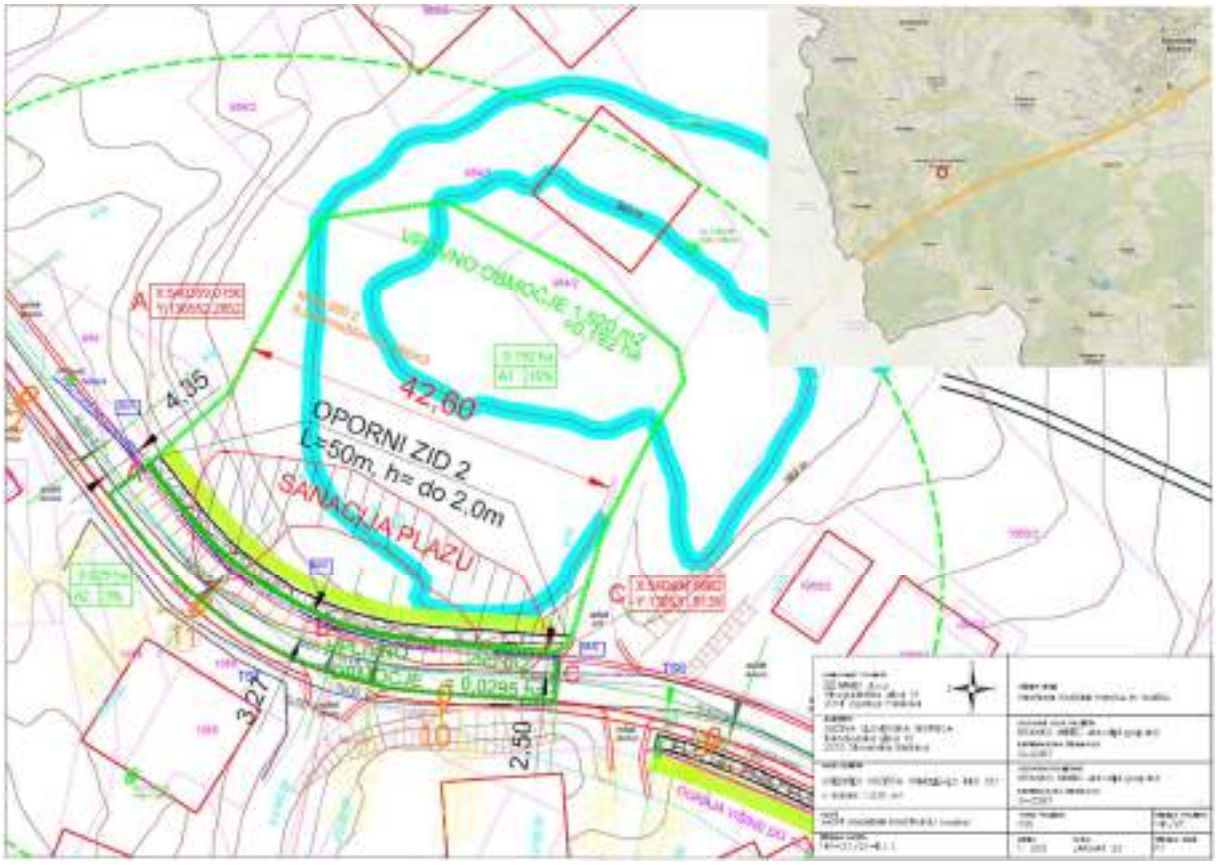
		dobra statična učinkovitost		urbana infrastruktura
Gabionski zid	kovinske mrežaste košare, napolnjene s kamnom	dobra prepustnost za vodo, fleksibilnost, dobra prilagoditev deformacijam tal	omejena trajnost mreže, potreba po zaščiti pred korozijo	stabilizacija brežin, vodotoki, erozijska območja
Sidrani podporni zid	konstrukcija dodatno stabilizirana s sidri v hribini	primeren za večje višine in omejen prostor	kompleksnejša izvedba in višji stroški	globoki izkopi, zahtevne geotehnične razmere
Armirana zemljina (MSE)	zemljina armirana s trakovi ali geosintetiki	ekonomična rešitev za večje višine, hitra izvedba	zahteva kakovosten nasipni material	prometna infrastruktura, nasipi

Vir: (Das, 2011)

Na podlagi pregleda različnih konstrukcijskih rešitev in analize lokalnih geotehničnih razmer je bila za obravnavano območje izbrana izvedba kamnitega težnostnega podpornega zidu, ki predstavlja ustrezno kombinacijo konstrukcijske stabilnosti, trajnosti in ekonomičnosti. Takšna rešitev omogoča učinkovito stabilizacijo pobočja ter dolgoročno zaščito cestne infrastrukture na obravnavani lokaciji.

6.2 Izdelava podpornega zidu glede na dane razmere v okolju

Oporna konstrukcija se izvede pod cesto kot težnostni kamniti zid, dolžine po projektu (55 m). Zložba se izvede kot klasično zasnovana zložba s temeljenjem v kompaktno hribinsko osnovo. Do hribinske osnove se izvede izkop, ki naj bo izveden v dveh korakih. Globina izkopa se spreminja glede na globino hribine. Izkop je načrtovan pod naklonom brežin izkopa 2:1, izvaja se po kampanadah, dolžine do 5 m (Mikec B. , 2025a).



Slika 12 Situacijski načrt območja sanacije plazu in gradnje kamnitega podpornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah

Vir: (Mikec B. , 2025a)

Podložni beton se je izvedel z betonom marke MB 20, v debelini vsaj 20 cm in pod nagibom 10% k zaledju. Na podložni beton se je izvedla drenaža iz fleksibilne drenažno odtočne cevi ustreznega premera. Drenažna cev se je obbetonirala z drenažnim betonom v debelini 0,5 m oziroma zasuje z eno-zrnatim drenažnim kamnitim materialom (rizlom). Naklon drenaže je bil minimalno 2% v smeri proti iztoku. Iztok se je izvedel preko »slepega« betonskega jaška premera 40 cm. Trup kamnite zložbe se je izvedel iz kamnitih blokov velikosti do 50 cm. Posamezne kamne je bilo potrebno zlagati tako, da je dosežena čim večja zaklinjenost. Kamne se je polagalo na nestrjen beton C 15/25 (MB 20), s čimer dosežemo kompaktnost zložbe. Predvidena poraba betona je bila 20% (razmerje kamen/beton je 75%/25%). Višina trupa zložbe se je definirala na terenu in je merila predvidoma 1 m. Širina zložbe zgoraj je 80 cm in spodaj vsaj 150 cm. Nad trupom zložbe se je delno vgradil prodno peščeni material (prav tam).

Tabela 4 Vgrajeni materiali - kamnita podporna in oporna konstrukcija

Element	Beton*	Jeklo*	Kamen*
Podložni beton	C15/25	-	
Rebra	C15/25	-	vodoodporen kamen
Beton kamnitih reber 25% prostornine kamna	C15/25	-	
Konstrukcija (zaključni venci)	C 25/30, XD3, XF4, Dmax = 32 mm armiran beton	S 500 (B) Visoko duktilno jeklo	
Zaščitni sloj betona	c = 4,5 cm		
Drenažne cevi DN 200			»rizl«

Vir: *Po SIST EN 206: 2013 (Mikec B. , 2025a)

Na podlagi geotehničnega mnenja so se pri izvedbi podpornega zidu izvedla naslednja dela (Mikec, 2025):

- podporna konstrukcija, kamniti oporni zid, dolžine 55m.

Statični izračuni podpornega zidu se nahajajo v Prilogi 1.

Sanacijska dela (sanacijski ukrep gradnje opornega zidu na lokaciji plazu) so bila nujna, saj lahko v primeru večjih nalivov nastane tudi bistveno večja škoda.

6.3 Pravilna izdelava podpornega zidu in spremnih del pri izdelavi

Na podlagi geotehničnega mnenja so se pri izvedbi podpornega zidu izvedla naslednja dela:

- zid se je izvedel vkopan v nosilna tla in se v zaledju zasul. Globina vkopa se je natančno definirala z geotehničnim nadzorom,
- drenaža se je izvedla v zaledju zidu DN 150 mm, z odvodom vode v jarek (Mikec B. , 2025a).

Upoštevala se je širina zidu na peti 150 cm. Oporni zid se je umestil med profiloma P14 in P18 – desno, v dolžini cca. 55 m vidne višine do 2 m. Izvedena je bila zakoličba osi razširjenega

vozišča z mikrolokacijo zakoličbe kamnitega opornega zidu z lesenimi profili. Po zakoličbi so se izvedli izkopi, potrebni za izvedbo kamnitega opornega zidu s podbetonom, drenaže za zidom in kamnito oblogo zidu. Med kamni so se za izsuševanje terena za zidovi umestile barbakane. Za kamniti zid se je umestila varnostna mrežna ograja višine do 1,2 m. Brežina za opornimi zidovi se je smiselno uredila s planiranjem ter zasaditvijo s travnim semenom. Oporni zidovi so se v stiku z obstoječim voziščem zasipali s tamponom (Mikec B. , Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo, 2025).



Slika 13 Gradnja podpornega zidu

Vir: Lastni vir

6.4 Ureditev okolice po dokončni izvedbi podpornega zidu



Slika 14 Končna izvedba podpornega zidu

Vir: Lastni vir

Občinska cesta poteka vzporedno s pobočjem, cesta je v asfaltni izvedbi. Na nasipni strani je odlom, ki sega v cestno telo. Cesta je poškodovana, vozišče je v zelo slabem stanju. Predvidena je rekonstrukcija obstoječega vozišča iz širine 2,9 m na širino vozišča 4,5 m ter hodnikom za pešce s širino 1,2 m, z umestitvijo vseh potrebnih komunalnih vodov (meteorno odvodnjavanje, fekalna kanalizacija, telekomunikacije in javna razsvetljava) in opornih zidov ter škarp.

Na podlagi dokumentacije so se pri izvedbi podpornega zidu izvedla naslednja dela (Mikec B. , 2025b).

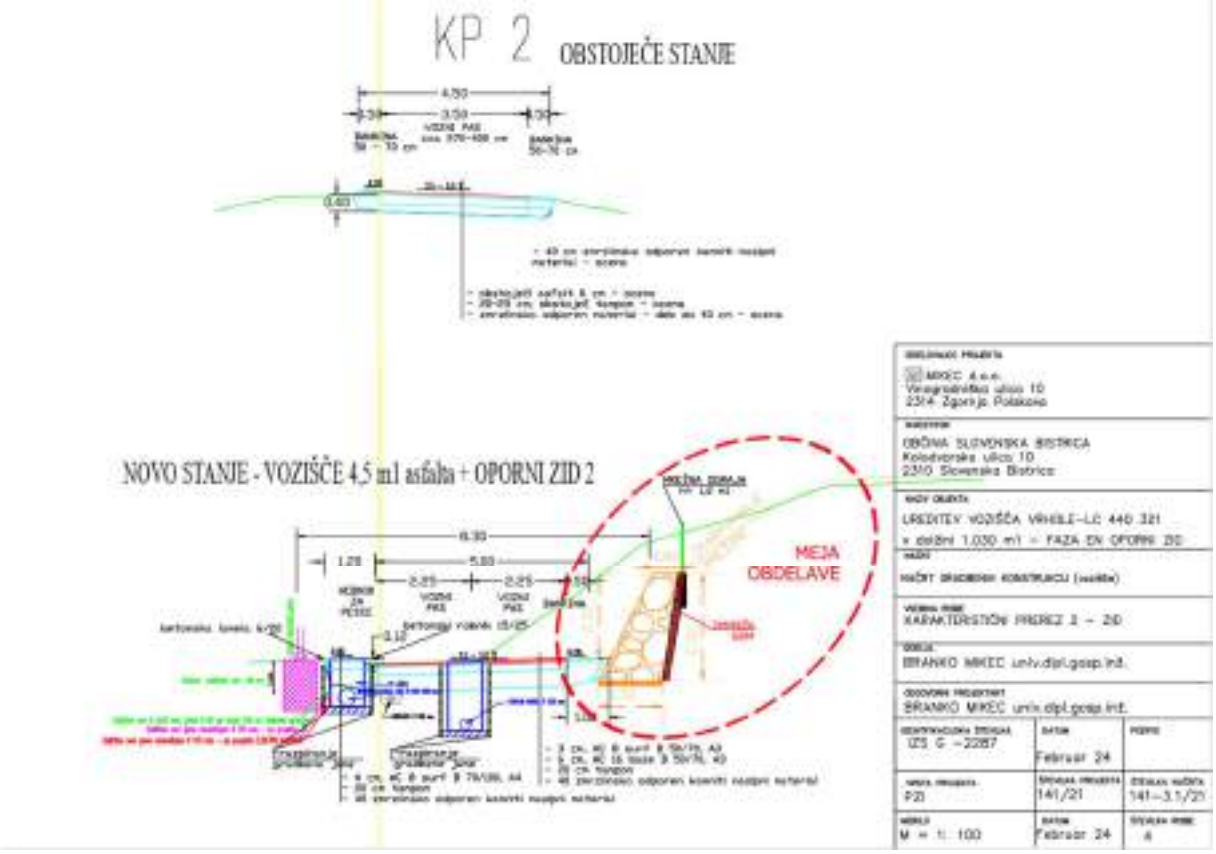
- pregled tal in rekonstrukcija ceste.

V sklopu rekonstrukcije je predviden oporni zid 2, ki se lahko smatra kot sanacijski ukrep na lokaciji plazu.

Kljub temu, da je bila predlagana tudi preplastitev voziščne konstrukcije in izvedba nove voziščne konstrukcije, v tej fazi ne bo izvedena, saj je, kot je že omenjeno, predvidena rekonstrukcija obstoječega vozišča iz širine 2,9 m na širino vozišča 4,5 m ter hodnikom za pešce s širino 1,2 m, z umestitvijo vseh potrebnih komunalnih vodov (meteorno odvodnjavanje, fekalna kanalizacija, telekomunikacije in javna razsvetljava), kar bo del drugega projekta.

Spodnja slika (Slika 13) prikazuje karakteristični prečni prerez obravnavanega odseka ceste v obstoječem in predvidenem stanju. V zgornjem delu je prikazano obstoječe stanje vozišča z

razporeditvijo voznega pasu in bankin, v spodnjem delu pa projektirana ureditev z razširitvijo vozišča na širino 4,5 m ter izvedbo podpornega zidu. Prikazani so tudi sloji vozišče konstrukcije, drenažni elementi in geotehnični ukrepi za stabilizacijo brežine. Posebej je označena meja obdelave ter območje nove podporne konstrukcije, ki zagotavlja stabilnost pobočja in varnost prometne infrastrukture.



Slika 15 Slika obstoječega in novega stanja (karakteristični prerez)

Vir: (Mikec B. , 2025b)

7 NAČRTOVANJE VARNE IN CENOVNO DOSTOPNE STANOVANJSKE REŠITVE (VREDNOTENJE HIPOTEZE H5)

Dodatna hipoteza H5 izhaja iz predpostavke, da je na lokaciji, kjer je bil izveden sanacijski podporni zid, po ustrezni stabilizaciji terena mogoče načrtovati varno in cenovno dostopno stanovanjsko rešitev. Obravnavana hipoteza presega zgolj tehnični vidik sanacije plazu, saj odpira vprašanje nadaljnje prostorske, funkcionalne in socialne rabe zemljišča. V tem smislu sanacija plazu ni pomembna le kot ukrep za zaščito ceste in stabilizacijo brežine, temveč tudi kot poseg, ki lahko zemljišču ponovno vzpostavi uporabno vrednost.

V obravnavanem primeru je bil plaz evidentiran na območju ob lokalni cesti v naselju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Iz dokumentacije izhaja, da se je plaz aktiviral po obilnejšem deževju leta 2023, pri čemer je zemljina delno zasula lokalno prometno infrastrukturo. Pomemben podatek za obravnavo hipoteze H5 je tudi dejstvo, da je splazelo območje del zemljišča, ki pripada dvostanovanjski hiši. To pomeni, da problematika sanacije ni omejena samo na prometno varnost in geotehnično stabilnost, temveč je neposredno povezana tudi z vprašanjem kakovosti bivanjskega prostora in možnosti nadaljnje stanovanjske rabe lokacije.

Načrtovanje nove ali dodatne stanovanjske enote na takšni lokaciji je mogoče obravnavati šele po presoji, ali so bili s sanacijskimi ukrepi vzpostavljeni osnovni pogoji za dolgoročno stabilnost terena. V diplomskem delu je ugotovljeno, da je bil kot ključni sanacijski ukrep izveden kamniti težnostni podporni zid v dolžini približno 55 metrov, katerega funkcija je stabilizacija brežine in zaščita cestne infrastrukture. Poleg podporne konstrukcije so bili izvedeni tudi spremljajoči ukrepi, zlasti odvodnjavanje in drenaža, ki so z geotehničnega vidika bistveni za zmanjšanje zasičenosti zemljine z vodo in posledično za zmanjšanje verjetnosti ponovne aktivacije plazu. Prav kombinacija podporne konstrukcije in ustreznega odvodnjavanja predstavlja temeljni pogoj za razmislek o nadaljnji namenski rabi prostora.

Pri presoji možnosti stanovanjske rabe saniranega območja je treba izhajati iz načela, da je varnost primarni kriterij vsake nadaljnje gradnje. V obravnavanem primeru je bila lokacija pred sanacijo zaradi nestabilnosti terena omejena oziroma neprimerna za vsakršen resnejši poseg. Po izvedbi sanacijskih del pa se razmere bistveno spremenijo, saj podporni zid prevzema del zemeljskih pritiskov, drenažni sistem zmanjšuje vpliv zalednih voda, urejena odvodnja pa preprečuje dodatno namakanje terena. Na tej podlagi je mogoče strokovno utemeljiti stališče,

da sanacija izboljšuje pogoje za nadaljnjo prostorsko uporabo območja. To ne pomeni, da je po sanaciji gradnja avtomatično dopustna brez dodatnih preveritev, pomeni pa, da so bili vzpostavljeni osnovni geotehnični pogoji za razmislek o varni stanovanjski rabi prostora.

V kontekstu hipoteze H5 je posebej pomembno razlikovanje med dvema ravnema presoje. Prva raven je geotehnična in prostorska izvedljivost, druga pa ekonomska dostopnost predvidene rešitve. Na podlagi obstoječe projektne dokumentacije in sanacijskih ukrepov je mogoče relativno utemeljeno govoriti o izboljšani varnosti in ponovni uporabnosti zemljišča. Bistveno težje pa je z enako stopnjo gotovosti dokazovati cenovno dostopnost bodoče stanovanjske rešitve, saj to zahteva dodatne podatke, kot so ocenjena investicijska vrednost objekta, stroški komunalnega opremljanja, stroški projektiranja, morebitni stroški dodatnih geotehničnih preveritev ter primerjava z alternativnimi stanovanjskimi možnostmi. Tovrstna ekonomska analiza v obstoječem diplomskem delu ni sistematično izvedena.

Zato je treba hipotezo H5 obravnavati metodološko natančno. Del hipoteze, ki se nanaša na varnost in možnost načrtovanja stanovanjske rešitve, je na podlagi sanacije in vzpostavljene stabilizacije terena mogoče podpreti. Del hipoteze, ki se nanaša na cenovno dostopnost, pa je treba formulirati previdneje, saj v diplomski nalogi ni podane ločene investicijsko-ekonomske analize. Akademsko ustrezneje je zato zapisati, da sanacija plazu ustvarja predpogoje za načrtovanje manjše in funkcionalne stanovanjske rešitve, ki bi lahko bila cenovno dostopnejša predvsem zato, ker bi šlo za uporabo že obstoječe družinske lokacije in ne za pridobivanje novega stavbnega zemljišča. Takšna trditev je vsebinsko bližje obstoječim podatkom in ne presega dokaznega okvira diplomske naloge.

Družbeni vidik H5 je v obravnavanem primeru prav tako relevanten. V osnutku naloge je že nakazano, da na obravnavani lokaciji v obstoječi hiši prebivajo tri generacije družine in da bi dodatna manjša stanovanjska enota lahko pomenila rešitev za prihodnje generacije. Takšen prostorski razvoj bi lahko prispeval k večji stanovanjski samostojnosti mlajših družinskih članov, hkrati pa ohranil bližino, ki je pomembna za medgeneracijsko pomoč in podporo. V tem pogledu ima sanacija plazu širši pomen: ne gre zgolj za sanacijo geotehnične nestabilnosti, temveč za ponovno vzpostavitev možnosti kakovostnega bivanja na zemljišču, ki je bilo pred sanacijo deloma funkcionalno degradirano.

Kljub temu pa je treba pri oblikovanju zaključkov ostati strokovno zadržan. Sam podporni zid še ne dokazuje, da je na lokaciji možno takojšnje projektiranje stanovanjskega objekta brez dodatnih strokovnih podlag. Pred morebitno nadaljnjo gradnjo bi bilo treba izdelati podrobnejšo

geotehnično presojo za konkretni objekt, preveriti skladnost s prostorskimi akti, določiti dopustne obremenitve tal, preveriti komunalno opremljenost zemljišča ter opredeliti pogoje temeljenja. Šele na podlagi teh dodatnih preveritev bi bilo mogoče dokončno potrditi, kakšen tip objekta je na lokaciji dopusten in pod kakšnimi pogoji. Takšna omejitev ne slabi hipoteze H5, ampak jo metodološko natančneje umešča v okvir tega diplomskega dela.

Na podlagi vseh ugotovitev je mogoče skleniti, da izvedena sanacija plazu z gradnjo podpornega zidu, drenažo in ureditvijo odvodnjavanja pomembno izboljšuje stabilnost terena ter ponovno odpira možnost njegove nadaljnje funkcionalne rabe. V tem smislu je hipoteza H5 delno do pretežno potrjena: sanirano območje po izvedenih ukrepih omogoča strokovno utemeljen razmislek o nadaljnji varni stanovanjski rabi, medtem ko je del hipoteze, ki se nanaša na cenovno dostopnost, mogoče podpreti le pogojno, saj v nalogi ni izvedene posebne ekonomske analize. Akademsko najbolj korektno je zato zaključiti, da sanacija ustvarja prostorske in tehnične pogoje za načrtovanje manjše, funkcionalne in potencialno cenovno ugodnejše stanovanjske rešitve, ne pa še dokončnega dokaza o njeni ekonomski izvedljivosti.

Na podlagi analize sanacijskih ukrepov, projektne dokumentacije in značilnosti obravnavane lokacije je mogoče ugotoviti, da je bila s stabilizacijo terena vzpostavljena bistveno ugodnejša osnova za nadaljnjo prostorsko rabo zemljišča. Izvedba podpornega zidu in spremljajočih drenažnih ukrepov predstavlja pomemben predpogoj za varno načrtovanje bodočih posegov v prostor. Hipoteza H5 se zato v delu, ki se nanaša na možnost varne stanovanjske rabe, potrjuje, medtem ko je del hipoteze o cenovni dostopnosti mogoče potrditi le pogojno, saj ta zahteva dodatno investicijsko-ekonomsko analizo.



Slika 16 Lokacija nove stanovanjske rešitve na satelitskem posnetku

Vir: Lastni vir



Slika 17 Skica nove stanovanjske rešitve nad podpornim zidom

Vir: Lastni vir

8 SKLEP

V diplomskem delu je bil obravnavan problem sanacije zemeljskega plazu in izvedbe podpornega zidu na območju naselja Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Namen raziskave je bil analizirati vzroke za nastanek plazu, preučiti geološke in geotehnične razmere na obravnavanem območju ter predstaviti ustrezne sanacijske ukrepe za stabilizacijo pobočja in zaščito cestne infrastrukture. Pri tem je bilo posebno poudarjeno tudi načrtovanje in izvedbo podporne konstrukcije, ki zagotavlja dolgoročno stabilnost terena.

Zemeljski plazovi predstavljajo pomemben naravni proces, ki lahko povzroča resne poškodbe infrastrukture in ogroža varnost ljudi. Zaradi razgibanega reliefa in geološke zgradbe je velik del območja Slovenije izpostavljen nevarnosti plazenja, zato je razumevanje mehanizmov nastanka plazov in pravilno načrtovanje sanacijskih ukrepov ključnega pomena.

V teoretičnem delu diplomskega dela so bili predstavljeni osnovni pojmi o zemeljskih plazovih, njihovih vzrokih, vrstah in posledicah. Posebna pozornost je bila namenjena dejavnikom, ki vplivajo na stabilnost pobočij, kot so geološka sestava tal, prisotnost vode, morfologija terena in človekovi posegi v prostor. Ugotovljeno je bilo, da nastanek plazov običajno ni posledica enega samega dejavnika, temveč kombinacije več medsebojno povezanih vplivov.

Na podlagi pregleda terenskih podatkov, geološko-geotehničnih raziskav in analize razmer na območju plazu je bilo ugotovljeno, da so k nastanku plazu prispevali različni naravni dejavniki. Analiza je pokazala, da ima pomembno vlogo predvsem geološka zgradba terena, saj območje sestavljajo skrilavci, gnajsi in blestniki, nad katerimi se nahajajo zemljinski sedimenti glinaste in peščeno-meljne sestave. Takšna kombinacija zemljinskih plasti in kamninske podlage predstavlja razmere, v katerih lahko ob povečani vsebnosti vode pride do zmanjšanja strižne trdnosti zemljine in posledičnega zdrsa materiala po pobočju. **S tem smo potrdili hipotezo H4.**

Na osnovi analize meteoroloških razmer je mogoče ugotoviti, da so obilne padavine pomembno vplivale na sprožitev plazu, saj so povzročile povečano zasičenost zemljinskih slojev z vodo ter zmanjšanje stabilnosti pobočja. **Zaradi tega lahko potrdimo hipotezo H3, ki predpostavlja, da je do plazu prišlo zaradi obilnega deževja.** Prav tako se kot pomemben dejavnik izkaže različna sestava tal, saj so zemljinski sedimenti z različnimi mehanskimi lastnostmi ustvarili pogoje za razvoj drsne ploskve, zato lahko potrdimo tudi hipotezo H4, ki predpostavlja vpliv različne sestave tal na nastanek plazu.

Hipoteza H1, ki predpostavlja, da je do plazu prišlo predvsem zaradi slabega koreninskega sistema vegetacije, se na podlagi razpoložljivih podatkov ne potrdi v celoti. Vegetacija sicer lahko pomembno prispeva k stabilnosti pobočja zaradi vezave zemljine s koreninskim sistemom, vendar analiza konkretnega primera kaže, da je imel bistveno večji vpliv kombiniran učinek geoloških razmer in povečane zasičenosti tal z vodo.

Hipoteza H2, ki predpostavlja, da je do plazu prišlo zaradi poškodbe na glavnem vodovodnem sistemu, se na podlagi zbranih podatkov ovrže. V okviru pregleda razpoložljive dokumentacije in terenskih podatkov ni bilo mogoče potrditi neposredne povezave med morebitno poškodbo vodovodnega sistema in sprožitvijo plazu.

Na podlagi izvedenih analiz in pregleda projektne dokumentacije je bilo ugotovljeno, da predstavlja izvedba kamnitega podpornega zidu ustrezno tehnično rešitev za stabilizacijo obravnavanega območja. Podporna konstrukcija omogoča prenos zemeljskih pritiskov, stabilizacijo brežine ter hkrati zagotavlja zaščito cestne infrastrukture pred nadaljnjim posedanjem ali plazenjem. Izvedeni sanacijski ukrepi tako pomembno prispevajo k dolgoročni stabilnosti pobočja ter izboljšanju prometne varnosti na lokalni cesti.

Dodatno hipotezo H5, ki predpostavlja, da je na lokaciji, kjer je bil izveden sanacijski podporni zid, po ustrezni stabilizaciji terena možno načrtovati varno in cenovno dostopno stanovanjsko rešitev, lahko delno potrdimo. Del, ki se nanaša na vzpostavitev pogojev za varno nadaljnjo stanovanjsko rabo območja, je potrjen, medtem ko je ocena cenovne dostopnosti možna le pogojno, saj v okviru diplomskega dela ni bila izvedena samostojna ekonomska analiza, zato ne moremo oceniti, ali je stanovanjska rešitev cenovno dostopna.

Sanacija plazu z izgradnjo podpornega zidu bistveno izboljša geotehnično stabilnost terena ter zmanjša tveganje za nadaljnje premike zemljine, kar predstavlja osnovni pogoj za nadaljnjo prostorsko in funkcionalno rabo zemljišča. Rezultati analize in projektne dokumentacije kažejo, da izvedeni sanacijski ukrepi omogočajo ponovno uporabo prostora, ki je bil pred sanacijo zaradi nestabilnosti terena omejen ali celo neprimeren za kakršno koli gradnjo. Stabilizacija pobočja z armiranobetonskim podpornim zidom, ustreznim drenažnim sistemom in kontroliranim odvodnjavanjem padavinskih voda omogoča dolgoročno varnost terena in ustvarja pogoje za načrtovanje manjših, funkcionalnih in cenovno dostopnih stanovanjskih objektov. Izveden projekt predstavlja koristno rešitev z vidika družbenih in demografskih potreb. Na obravnavani lokaciji v obstoječi stanovanjski hiši sedaj skupaj prebivajo tri generacije družine. V takšnih primerih lahko dodatna manjša stanovanjska enota na isti lokaciji

predstavlja pomembno rešitev za prihodnje generacije družine. Takšna rešitev omogoča večjo stanovanjsko samostojnost mlajših članov družine, hkrati pa ohranja medgeneracijsko povezanost in bližino, ki je ključna za medsebojno pomoč in socialno podporo. Pomemben vidik je tudi zagotavljanje socialne oskrbe najstarejše generacije. Bivanje več generacij na isti lokaciji omogoča, da lahko mlajši družinski člani lažje skrbijo za starejše, kar zmanjšuje potrebo po institucionalnem varstvu v domovih za starejše. Takšen model bivanja ima poleg socialnih prednosti tudi pomembne ekonomske učinke, saj zmanjšuje obremenitve javnih sistemov socialnega varstva.

Sanacija plazu torej ne predstavlja zgolj tehničnega ukrepa za stabilizacijo terena, temveč lahko prispeva tudi k izboljšanju dolgoročne prostorske in socialne funkcije območja. Izvedba podpornega zidu tako odpira možnost trajnostne rabe prostora, ki poleg zagotavljanja varnosti omogoča tudi razvoj cenovno dostopnih stanovanjskih rešitev za prihodnje generacije. V tem kontekstu se dodatna hipoteza H5 lahko potrdi, saj izvedeni sanacijski ukrepi ustvarjajo pogoje za načrtovanje manjših stanovanjskih objektov, ki bi lahko služili kot dolgoročna stanovanjska rešitev za družinske člane ter hkrati prispevali k večji socialni varnosti in medgeneracijski podpori.

Na podlagi celotne analize lahko zaključimo, da je bila zastavljena raziskava uspešno izvedena, saj so bili doseženi zastavljeni cilji diplomskega dela. Raziskava je prispevala k boljšemu razumevanju vzrokov za nastanek zemeljskega plazu na obravnavanem območju ter predstavila ustrezne tehnične rešitve za njegovo sanacijo. Ugotovitve diplomskega dela potrjujejo, da je za uspešno obvladovanje plazov ključna kombinacija natančnih geotehničnih raziskav, ustreznega projektiranja ter strokovno izvedenih sanacijskih ukrepov. Rezultati raziskave lahko predstavljajo tudi uporabno strokovno izhodišče za načrtovanje podobnih sanacijskih projektov v primerljivih geoloških in prostorskih razmerah.

9 BIBLIOGRAFIJA

ARSO. (18. februar 2026). *ARSO*. Pridobljeno iz Arhiv meteoroloških meritev, podatki o dnevnih padavinah za postajo Slovenske Konjice, september 2023: https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive

Casagli, N., Intrieri, E., Carlà, T., Di Traglia, F., Frodella, W., Gigli, G., . . . Tofani, V. (2021). Monitoring and Early Warning Systems: Aplications and Perspectives. *Springer Nature Switzerland*, 1-21.

Das, B. M. (2011). *Principles of geotechnical engineering (7th. ed.).* Stamford: Cengage Learning.

Ehsan, M., Anees T., M., Bakar A. B. F., A., & Ahmed, A. (2025). A review of geological and triggering factors influencing landslide. *International Journal of Environmental Science and Technology, 22*, 17347-17382.

Fisher, S. G., Hunter, T. A., & Macrosson, W. D. K. (2001). The structure of Belbin`s team roles. *Journal of Occupational and Organizational Psychology, 74 (4)*, 433-440.

Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). The Landslide Handbook - a guide to understanding landslides. *U.S. Geological Survey Circular*.

Jordanova, G., Gariano, L., Melillo, M., Peruccacci, S., Brunetti, M., & Auflič Jemec, M. (2020). Determination of Empirical Rainfall Thresholds for Shallow Landslides in Slovenia Using an Automatic Tool. *Water, 12(5)*, 1449.

Komac, M. (2005). A landslide susceptibility model using the analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology, 74*, 17-28.

Komac, M., & Zorn, M. (2007). *Pobočni procesi in človek.* Ljubljana: Založba ZRC.

Li, Y., & Mo, P. (2019). A unified landslide classification system for loess slopes: A critical review. *Geomorphology, 340*, 67-83.

Mathieu, J. E., Gallagher, P. T., Domingo, M. A., & Klock, E. A. (2018). Embracing complexity: Reviewing the past decade of team effectiveness research. *Annual reviewof Organizationa Psychology and Organizational Behavior, 6*, 17-46.

Meng, X. (16. februar 2026). *www.britannica.com*. Pridobljeno iz https://www.britannica.com/science/landslide

Mikec, B. (2025). *Geotehnično mnenje za sanacijo plazu in gradnjo opornega zidu v kraju Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Strokovno poročilo.*

Mikec, B. (2025a). *Geološko-geotehnične razmere in sanacijski ukrepi na območju plazu. Neobjavljeno strokovno poročilo.*

Mikec, B. (2025b). *PID - Zid v ovinku, 2. faza: Sanacija plazu in gradnja podpornega zidu Vrhole pri Slovenskih Konjicah. Projektna dokumentacija.*

Mikoš, M. (2011). Landslides in Slovenia and the need for systematic risk management. *Natural Hazards and Earth System Sciences*.

Mikoš, M., Brilly, M., & Ribičič, M. (2004). Poplave in zemeljski plazovi v Sloveniji. *Acta Hyddrotechnica, 22(37)*, 113-133.

Morino, C., Coratza, P., & Soldati, M. (2022). Landslides, a Key Landform in the Global Geological Heritage. *Geoscience and Society, 10*.

Myers, I. B., & Briggs, K. C. (2010). *MBTI manual: A guide to the development and use of the Myers-Briggs Type Indicator (3. izd.).* Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

Salas, E., Reyes, D., & McDaniel, S. (2018). The science of teamwork: Progress, reflections, and the road ahead. *American Psychologist*(73(4)), 593-600.

10 PRILOGE

Priloga 1: Statični izračuni podpornega zidu

STATIČNI IZRAČUN PODPORNEGA ZIDU

objekt: VRHOLE PRI KONJICAH

profil: OPORNI ZID - P14-P18

1. PODATKI:

Višina zidu nad temeljem:	1,50	m	(hz)
Višina temelja:	0,50	m	(ht)
Skupna višina zidu:	2,00	m	(h)
Debelina zidu-zgoraj:	0,60	m	(a)
Debelina zidu-spodaj:	1,50	m	(b)
Širina temelja:	1,80	m	(c)
Teža zemljine:	18,00	KN/m3	(γ)
Nagib notranjega roba zidu:	0	°	(α)
Nagib terena nad zidom:	-20	°	(β)
Strižni kot nasutega materiala-gramoz:	35	°	(φ)
Kot sile zemljine na navpični zid:	0	°	(σ)
Koristna obtežba	18	KN/m2	p

2. AKTIVNI ZEMELJSKI PRITISK:

$$\lambda a = \frac{\cos^2(\varphi+\alpha)}{\cos^2\alpha\left(1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\sigma)\sin(\varphi-\beta)}{\cos(\alpha-\sigma)\cos(\alpha+\beta)}}\right)^2}\cdot\frac{1}{\cos\alpha}$$

$\lambda a =$ 0,2303

$\gamma 1 = \gamma + 2\rho\, h$

$\gamma 1 =$ 36,00 KN/m2

$$Ea = \frac{\gamma 1 \cdot h^2}{2}\cdot \lambda a$$

$Ea =$ 16,58 KN/m

$$Eah = Ea \cdot \cos(\alpha - \beta)$$

$Eah =$ 16,58 KN/m

$$Eav = Ea \cdot \sin(\alpha - \beta)$$

$Eav =$ 0,00 KN/m

3. PASIVNII ZEMELJSKI PRITISK:

$$\lambda p = \frac{\cos^2(\varphi-\alpha)}{\cos^2\alpha\left(1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi-\sigma)\sin(\varphi+\beta)}{\cos(\alpha-\sigma)\cos(\alpha+\beta)}}\right)^2}$$

$\lambda a =$ 1,8483

$$Ep = \frac{\gamma \cdot \lambda p \cdot h^2}{2}\cdot$$

$Eap =$ 4,16 KN/m

4. UPOGIBNI MOMENTI

$$Ma = Eah\,1/3(hz+ht) - ht$$

$Ma=$ 2,76 KN/m

$$Mp = Ep \cdot 2/3ht$$

$Mp=$ 1,39 KN/m

5. KONTROLA STABILNOSTI PODPORNEGA ZIDU

Kontrola prevrnitve

Pogoj: $\gamma = \dfrac{Mz + Mt + Mpp}{Mpr} \geq 1{,}5$

Moment odpora za 1,0 m

Zid:	Mz=Vz . γ Mz=	37,80	KN/m
Temelj:	Mt=Vt . γ Mt=	18,36	KN/m
p.z. pritisk:	Mpp= Mp . 1/3(ht) Mpp=	0,23	KN/m

Moment prevrnitve

a.z. pritisk:	Mpr= Eah .1/3 h Mpr=	11,05	KN/m

γ= 5,10 > 1,5

Kontrola zdrsa

Pogoj: Hd≤ Sd+ Epd

a.z. pritisk:	Hd=Eah.γ=	16,58	KN/m
pritisk zidu:	Sd=V'd.tanδd=	31,45	KN/m
skupna teža:	V'd=γ(Eav+G)=	56,16	KN/m
teža zidu:	G= Mz+ Mt=	56,16	KN/m

	trenje:	tanδd=φd'=	0,56
Upoštevamo, če se aktivira!	p.z. pritisk:	$E_{pd} = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \cdot (45° \div \frac{\varphi' d}{2})$	
		Epd=	6,53 KN/m
Hd < Sd= Epd:	16,58	<	37,97
koef. izk.:	f= Hd / Sd=	0,44	

6. DIMENZIONIRANJE

Mmax=Mu= 1,39 KN/m

beton: C 25/30

armatura: B 500 A

Ea/Eb= 10prom (po metodi mejnih stanj)

$$kb = \frac{d}{\sqrt{\frac{M\ max \cdot 100}{l \cdot fb}}}$$

kb= 60,62

μ= 4,7 % (iz tabel)

Površina natezne armature

As= μ b l fcd / fyd

As= 9,13 cm2

Izberemo mrežo 2 x Q 283

Opmba: - mreža se umesti po dogovoru na terenu - po potrditvi geomehanika