VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

VZROKI ZA PLAZENJE IN PREDLOGI SANACIJE PLAZU NA OBMOČJU JAVNE POTI ČEPLJE–ZABORŠT–STARI GRAD

Kandidatka: Lucija Pretner

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: gradbeništvo

Mentor predavatelj: Bojan Dapčevič, univ.dipl. inž. gradb.

Mentor v podjetju: Mitja Birsa, univ. dipl. inž. gradb.

Lektor: Nina Polanec, prof. slov.

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Lucija Pretner sem avtorica diplomskega dela z naslovom Vzroki za plazenje in predlogi sanacije plazu na območju javne poti Čeplje – Zaboršt – Stari Grad, ki sem ga napisala pod mentorstvom Bojana Dapčeviča.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbela, 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 avtorskih 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, november 2024 Podpis študenta: Lucija Pretner

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorjema Bojanu Dapčeviču, univ. dipl. inž. gradb. in Mitji Birsi, univ. dipl. inž. gradb. za vso pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

POVZETEK

Osnova za moje diplomsko delo je projekt Sanacije plazu na območju javne poti Čeplje – Zaboršt – Stari Grad. Gre za sanacijo manjšega plazu v občini Vransko, za katerega smo projektno dokumentacijo za izvedbo gradnje (PZI) izdelali v podjetju, pri katerem sem tudi zaposlena.

V začetku diplomskega dela sem opisala delo v projektni skupini. Sošolcem sem predstavila idejno zasnovo diplomskega dela. Nato sem v teoretičnem delu podrobneje opisala zemeljske plazove. Zemeljski plazovi so naravni pojav, kjer se zemljinska gmota giblje kot telo. Govorimo o pobočnih premikanjih zemljinskih gmot pod vplivom težnosti. Plazenje ugotavljamo tako, da opazujemo nagnjenost terena, morfologijo in druge značilnosti, ki kažejo na plazenje terena (na primer nagnjenost debel dreves). Plaz, ki ga obravnavam v diplomskem delu se je aktiviral po obilnem deževju. Na asfaltiranem vozišču so se pojavile razpoke, splazelo območje je bilo cestišče in gozd. Vzrok za nastanek plazu je bila povečana količina površinske vode, ki je zatekala v območje plazu in zasičenost zemljine v brežini. Opravile so se geološke raziskave (izvedba sondažnih vrtin, inženirsko geološko kartiranje in laboratorijske preiskave). Nadalje sta v diplomskem delu predstavljena dva predloga sanacije plazu. Prva varianta je sanacija s podporno kamnito zložbo. Za podporno kamnito zložbo se odločimo, če nam konfiguracija terena omogoča izvedbo delovnega platoja, iz katerega je mogoč izkop za temelj kamnite zložbe do globine 4,5 m pod nivojem delovnega platoja. Največja prednost kamnite zložbe je enostaven odvod zalednih voda, saj vsebuje malo betona (do 30 %) in je posledično vodoprepustna. Voda pa je ravno največji problem zemeljskih plazov, saj je potrebno za uspešno sanacijo plazu, vodo odvesti izven območja plazu. Druga varianta sanacije plazu pa je armirano betonska sidrana pilotna stena, ki jo je potrebno izvesti na zelo strmih območjih in kjer je trdna podlaga pregloboko, kamnite zložbe pa ne bi bilo mogoče izvesti. Pri obeh predlogih sanacije predstavim postopek izvedbe konstrukcij in material, ki je za to potreben. V šestem poglavju sta za stroškovno primerjavo obeh rešitev podana projektantska predračuna za obe konstrukciji, ta sta tudi osnova za ovrednotenje hipotez, ki so podane v uvodu in razložene v sklepu. V krovnem delu je opravljena raziskava o ogljičnem odtisu osnovnih gradnikov kamnite zložbe in sidrane pilotne stene.

Ključne besede: *zemeljski plazovi, sanacija, AB sidrana pilotna stena, podporna kamnita zložba, stroškovna primerjava*

ABSTRACT

THE LANDSLIDE REHABILITATION PROJECT OF THE AREA OF THE PUBLIC ROAD ČEPLJE – ZABORŠT – STARI GRAD

The basis for my diploma work is the landslide rehabilitation project of the area of the public road Čeplje – Zaboršt – Stari grad. It concerns the rehabilitation of the small landslide in the municipality of Vransko, the construction project documentation was prepared by the company where I am also employed.

At the beginning of the thesis, I described the work in the project group. I presented the conceptual design of the thesis to my classmates. Then, in the theoretical part, I described landslides in more detail. Landslides are a natural phenomenon where an earth mass moves in a block. This is slope movements of earth masses under the influence of gravity. Sliding is determined by observing the slope of the terrain, morphology and other features that indicate the terrain is sliding (for example, the inclination of tree trunks). The landslide, which I discuss in my thesis, was induced after heavy rains. Cracks appeared on the asphalted road, slided area was the road surface and the forest below the road. The cause of the landslide was the increased amount of surface water that flowed into the landslide area and the saturation of the soil. Geological research was carried out (geological borehole logging, geological mapping and laboratory tests). Two proposals for landslide rehabilitation are presented in the thesis. The first variant is rehabilitation with a retaining stone wall. If the configuration of the terrain allows us to create a plateau from which excavation for the foundation of a retaining stone wall is possible up to a depth of 4.5m below the level of the plateau, one builds a retaining stone wall. The biggest advantage of the retaining stone wall is the easy drainage of backwater, as it contains little concrete (up to 30%) and is consequently water-permeable. Water is the biggest problem of landslides, as it is necessary to remove the water outside the area of the landslide in order to successfully rehabilitate the landslide. Another variant of landslide remediation is an anchored, reinforced concrete pile wall, which is the only sollution in a very steep areas and where the solid rock is too deep and the retaining stone wall would not be possible. For both construction proposals, the construction implementation process and the building materials are explained. In the sixth chapter, the cost comparison for both constructions are given, they are also the basis for the evaluation of the hypotheses, which are given in the introduction and explained in the conclusion. In the core topic, a study was carried out on the carbon footprint of the basic building materials of a retaining stone wall and an anchored pile wall.

Keywords: *landslides, rehabilitation, an anchored reinforced concrete pile wall, a retaining stone wall, cost comparison*

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 10

1.1 Opis področja in opredelitev problema 10
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve 10
1.3 Predpostavke in omejitve 11
1.4 Uporabljene raziskovalne metode 11

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI 12

3 SPLOŠNO O ZEMELJSKIH PLAZOVIH 15

3.1 Kaj so zemeljski plazovi? 15
3.2 Vzroki za nastanek zemeljskih plazov 16
3.3 Inženirsko geološko kartiranje plazu 18
3.4 Vrste zemeljskih plazov 21

4 TEHNIČNI OPIS S TEORETIČNIMI OSNOVAMI 22

4.1 Osnove za projekt sanacije plazu 22
4.2 Opis območja plazu 22
4.3 Terenske in laboratorijske raziskave 24
4.4 Povzetek geološkega poročila 24

5 PREDLOG IZVEDBE SANACIJE – IZBIRA PODPORNE KONSTRUKCIJE 28

5.1 Varianta 1: Sanacija s podporno kamnito zložbo 28
5.2 Varianta 2: Sanacija z AB podporno sidrano pilotno steno 30

6 STROŠKOVNA PRIMERJAVA VARIANTE 1 IN VARIANTE 2 35

6.1 Projektantska predračuna za obe gradbeni rešitvi 35
6.2 Delež posameznih stroškov 43

6.2.1 H1 – Zemeljska dela in temeljenje pri podporni kamniti zložbi predstavljajo približno 40 % investicije, pri AB sidrani pilotni steni pa 20 % 44

6.2.2 H2 – Gradbena in obrtniška dela pri AB sidrani pilotni steni predstavljajo približno 70 % investicije, pri podporni kamniti zložbi pa 40 % 44

6.2.3 H3 – Pred začetkom projektiranja ocenjujem, da bo sanacija plazu z AB sidrano pilotno steno manj kot 50 % dražja, kot s podporno kamnito zložbo 45

7 SKLEP 46

8 BIBLIOGRAFIJA 48

KAZALO SLIK

SLIKA 1: SITUACIJA KONČNE UREDITVE 14
SLIKA 2: PRIMER OBLIKE PO PLAZENJU KOT POSLEDICA INTENZIVNEJŠE EROZIJE 19
SLIKA 3: ELEMENTI ZEMELJSKEGA PLAZU 21
SLIKA 4: POGLED NA CESTO (PLAZ) 23
SLIKA 5: NEUREJEN IZTOK VOD IZ PREPUSTA PO STRMI BREŽINI 23
SLIKA 6: IZSEK IZ OSNOVNE GEOLOŠKE KARTE, LIST LJUBLJANA 24
SLIKA 7: VRTINA V1 25
SLIKA 8: VRTINA V2 26
SLIKA 9: VRTINA V3 27
SLIKA 10: KARAKTERISTIČNI PROFIL KAMNITE PODPORNE ZLOŽBE 29
SLIKA 11: KARAKTERISTIČNI PROFIL AB SIDRANE PILOTNE STENE 31

KAZALO TABEL

TABELA 1: 5 VZPOREDNIH POTI ZA ZNIŽEVANJE CO_2 EMISIJ IZ PROIZVODNJE CEMENTA 33
TABELA 2: PREDVIDENI UKREPI V INDUSTRIJI CEMENTA ZA ZMANJŠEVANJE EMISIJ CO_2 ZA OMEJEVANJE SEGREVANJA NA 2 °C 33
TABELA 3: PROJEKTANTSKI PREDRAČUN ZA SANACIJO PLAZU (PODPORNA KAMNITA ZLOŽBA) 35
TABELA 4: PROJEKTANTSKI PREDRAČUN ZA SANACIJO PLAZU (SIDRANA PILOTNA STENA) 38

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1: STROŠKOVNI OBSEG POSAMEZNIH DEL PRI PODPORNI KAMNITI ZLOŽBI 43
GRAFIKON 2: STROŠKOVNI OBSEG POSAMEZNIH DEL PRI AB SIDRANI PILOTNI STENI 43

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Sprožitev zemeljskega plazu je nepovratni naravni dogodek. Bistvena dejavnika za nastanek plazov sta nagib terena in litološka sestava območja. Nelitificirani sedimenti so podvrženi plazenju. Plaz se sproži, ko so za plazenje izpolnjeni pogoji. Delovanje gravitacije in vode po ploskvi šibkosti, na kateri je prišlo do zmanjšanja efektivne strižne trdnosti, povzroči premikanje večje količine zemljine, kamenja in drobirja navzdol po pobočju.

V letu 2023 smo bili priča številnim ujmam, ki so povzročile veliko škodo na infrastrukturi. Številne ceste, ki so bile že tako podvržene plazenju zaradi neugodne geološke podlage, so čez noč postale neprevozne. Potreba po učinkovitih in hitrih gradbenih rešitvah se je tako povečala.

Bistveno vlogo pri odločanju o gradbenih rešitvah igra ekonomska upravičenost. Glede na teren, globino trdne podlage in reševanje problema z odvodnjavanjem, se odločamo, ali bomo gradili armirano betonsko (AB) pilotno steno ali kamnito podporno/oporno zložbo oziroma zid.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Zaposlena sem v projektantskem podjetju, ki se ukvarja s sanacijo plazov. Svoje znanje o plazovih bi rada nadgradila. V diplomskem delu bom v teoretičnem delu predstavila vrste zemeljskih plazov, vzroke za njihov nastanek, tipične terenske geotehnične raziskave in laboratorijske raziskave. Nato pa bom na osnovi praktičnega primera najprej opisala območje obravnavanega plazu, podala dve varianti izvedbe sanacije in ju primerjala predvsem s stroškovnega vidika. Svoje trditve bom podala s tremi hipotezami, ki so glavnina mojega diplomskega dela.

- H1 – Zemeljska dela in temeljenje pri podporni kamniti zložbi predstavljajo približno 40 % investicije, pri AB sidrani pilotni steni pa 20 %.
- H2 – Gradbena in obrtniška dela pri AB sidrani pilotni steni predstavljajo približno 70 % investicije, pri kamniti zložbi pa 40 %.
- H3 – Pred začetkom projektiranja ocenjujem, da bo sanacija plazu z AB sidrano pilotno steno manj kot 50% dražja kot s podporno kamnito zložbo.

- H4 – Dodatna hipoteza: Glede energetske učinkovitosti sta si obe gradbeni rešitvi primerljivi.

1.3 Predpostavke in omejitve

Cene gradbenih materialov (armature in cementa) so v zadnjem času zelo variirale, cene podane v popisih del se nanašajo na neko obdobje iz leta 2023.

Glede na dolgoletne izkušnje podjetja na sanacijah plazov bom poskušala ugotoviti, v katerem primeru se odločimo za izvedbo podporne kamnite zložbe in v katerem primeru za pilotno steno.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Projektant sanacije plazov mora najprej na teren, da si ogleda razsežnost plazu, nato se naroči sondažne izkope ali geološke vrtine. Sondažni izkopi oziroma sondažne vrtine so osnova za delo, saj nam ponazorijo sestavo tal. Pred začetkom projektiranja je potrebno naročiti tudi geodetski posnetek, na podlagi katerega narišemo geološko inženirsko situacijo, prečne in vzdolžne profile. Sledijo statični izračuni, na osnovi katerih predlagamo ustrezne ukrepe za sanacijo plazu.

Geolog popiše sondažno vrtino, tako da določi sestavo tal glede na globino. Z ročnim penetrometrom se na terenu naredi hitro oceno enoosne tlačne trdnosti zemljin. Rezultati meritev z ročnim penetrometrom so podani kot konsistenčno stanje zemljin.

Izvajalec sondažnih vrtin s strojem naredi standardne penetracijske preizkuse (SPP). Pri tem poskusu se določi število udarcev N, potrebnih za zabitje penetracijskega noža v globino 30 mm, pri penetrabilnosti P pa se izmeri penetracija pri šestdesetih udarcih.

Geolog vzame nekatere reprezentativne vzorce iz sondažne vrtine, ki jih da na analizo v geomehanski laboratorij. Tam se opravi standardne teste, kot so preiskava vlažnosti, določitev prostorninske teže in gostote.

Za potrebe diplomskega dela bom uporabila literaturo, projekt za izvedbo (PZI) in za vsako varianto posebej podala projektantski predračun, kjer bodo zapisane vrste del oziroma vrste materialov, količina in cena na enoto. Naredila bom stroškovno primerjavo. Še prej pa bom ugotovila, če sta za sanacijo plazu glede na teren primerni obe varianti. Primerjavo bom podkrepila s slikami in grafikoni.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Pred začetkom vsake gradnje je potrebno izbrati tim. Za uspešno zaključenim projektom stoji dober tim. Vsaka skupina ljudi v podjetju še ni tim. Torej, kako ustvariti dober tim? Pri timskem delu je potrebno dobro medsebojno komuniciranje, sodelovanje in vzajemna pomoč. Če so vsi deležniki vešči dobre komunikacije in sodelovanja na delovnem mestu, se v prvi vrsti ohranja in gradi dobre odnose, uspešno rešuje (nepredvidene) probleme in dela kakovostno in učinkovito. V nasprotnem primeru, ko tim ne sodeluje in komunicira dobro, pa sta tako kakovost kot učinkovitost dela nižja, »ciljna usmerjenost« ni tako dobro izražena, kot v uspešnih timih, konflikti med sodelavci pa še izdatneje botrujejo slabo opravljenemu delu.

Na Višji strokovni šoli Academia so nam pred začetkom pisanja diplomskih nalog želeli sporočiti, kako pomemben je dober tim, zato so nam razdelili obrazca: Belbinov popis tima in Myers-Brigssov test osebnosti.

Belbin je leta 1981 v svoji knjigi management teams: Why they succeed or fail, predstavil svojo teorijo timskih vlog. V svoji knjigi je predstavil, da mora biti za učinkovit tim izpolnjenih 5 pogojev:

- Vsak član preko svoje funkcionalne in timske vloge prispeva k doseganju ciljev.
- Med drugimi funkcionalnimi in timskimi vlogami je potrebno optimalno ravnovesje, odvisno od ciljev in nalog tima.
- Učinkovitost tima je odvisna od obsega, do katerega člani pravilno prepoznajo in se prilagodijo prednostim.
- Osebnostne značilnosti in duševne sposobnosti so podlaga za nekatere timske vloge ter omejujejo sposobnosti za druge timske vloge.
- Tim lahko najbolje razporedi svoje tehnične vire za zagotovitev uspešnosti le, kadar ima celoten obseg in ravnovesje med timskimi vlogami (Belbin, 1981; v Fisher, Hunter in Macrosson, 2001).

Vsak član tima ima v timu dvojno vlogo: funkcionalno in timsko. Funkcionalna vloga se nanaša na strokovno znanje in izkušnje posameznika. Timsko vlogo pa je Belbin opredelil kot vedenjske vzorce, ki jih posameznik razvije v skupini in načine, s katerimi vstopa v interakcijo

z ostalimi člani tima (Aritzeta, Swailes in Senior, 2007). Timska vloga opisuje, kako se posameznik prilega v tim, ne pa kakšno funkcijo ima v timu.

Belbin je določil devet timskih vlog, ki jih je razdelil v tri skupine, in sicer:

- Usmerjenost v akcijo (dovrševalec, spodbujevalec, izvajalec).
- Usmerjenost v ljudi (koordinator, timski delavec, raziskovalec virov).
- Usmerjenost v ideje (inovator, kritik, strokovnjak).

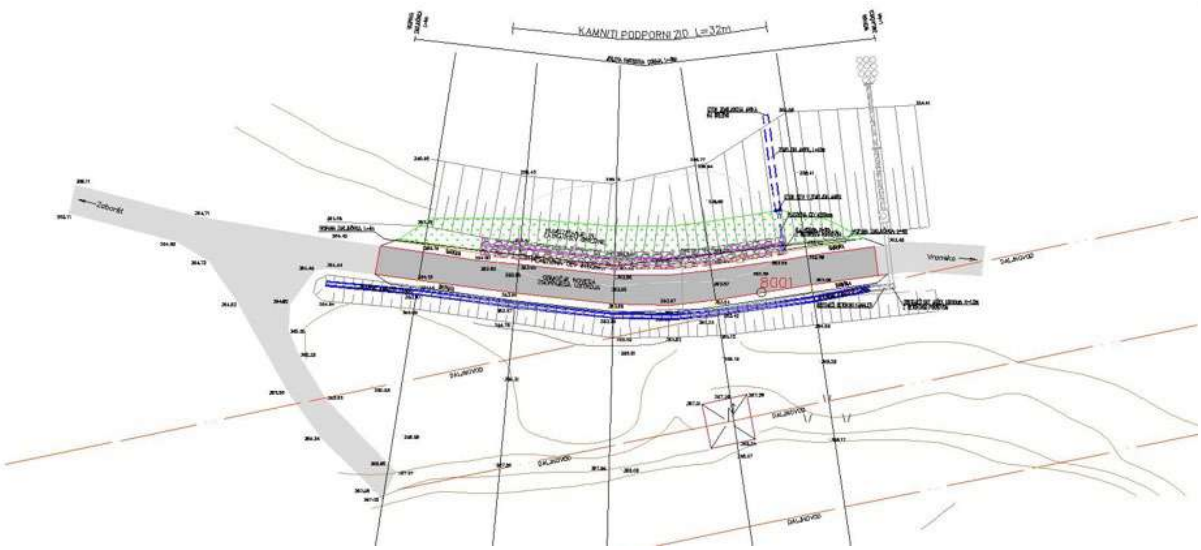
Na podlagi poznavanja Belbinove tipologije lahko oblikujemo individualne profile ali profil tima. S pomočjo individualnega profila lahko določimo ustrezno vlogo posameznika v timu. Ta spoznanja lahko uporabimo za razporejanje kadrov ali karierno svetovanje. Poleg tega lahko zmanjšamo razhajanja v samopercepciji in ocenami drugih. Individualni profil lahko uporabimo za svetovanje za bolj učinkovito rabo spretnosti znotraj tima in nadgradimo učinkovitost tima. Pomemben pa je tudi za prepoznavanje potreb po treningu in razvoju.

Profil tima nam lahko služi kot osnova za načrtovanje teambuildinga za boljšo izrabo virov članov tima. Te informacije nam služijo za gradnjo tima. Identificiramo lahko pomanjkljivosti tima, informacije pa nam služijo tudi za reševanje konfliktov in gradnjo odnosov znotraj tima (Zakrajšek, 2015).

Na podlagi rezultatov smo bili razdeljeni v projektne skupine, v katerih je vsak predstavil svojo temo diplomskega dela, člani skupine pa so na podlagi svojega znanja in izkušenj komentirali zamisel in svetovali. Na prvem srečanju smo se razdelili v skupine. V moji skupini sem opravljala vlogo nadzornega ocenjevalca. Na drugem srečanju je vsak predstavil temo svojega diplomskega dela in okvirne hipoteze. Seznanila sem jih, da bom primerjala izvedbo AB pilotne stene in podporne kamnite zložbe v stroškovnem smislu.

Sošolcem sem pokazala situacijo končne ureditve za primer kamnite podporne zložbe. Na situaciji, ki jo prikazujem na naslednji sliki, so prikazane dimenzije zložbe in odvodnjavanje. Razložila sem, da je pri izvedbi sanacije plazu najbolj pomembno, da se pravilno pristopi k izvedbi odvodnjavanja, saj je glavni razlog za plazenje ravno voda. Vodo je namreč potrebno odvesti izven območja plazu. Na vkopni strani ceste se bodo izvedle betonske kanalete. Voda iz njih pa se bo iztekala v obstoječi betonski jašek, nato preko ceste po obstoječem tlakovanem jarku po brežini. Na nasipni strani ceste se bo v zložbo vgradilo plastično cev premera 150 mm,

iz katere bo voda odtekala v betonski jašek, nato v plastično cev in zemeljski jarek. Iztok vode iz zemeljskega jarka na prosto brežino, bo šele izven območja plazu.



Slika 1: situacija končne ureditve

Vir: (Grading d.o.o., 2023)

3 SPLOŠNO O ZEMELJSKIH PLAZOVIH

3.1 Kaj so zemeljski plazovi?

Kadar plazino sestavljajo zemljine (gline, melji, grušči in peski), govorimo o zemeljskem plazu, ta sodi med procese pobočnega premikanja (pobočni procesi). Zemljine se premikajo po pobočju navzdol pod vplivom težnosti.

Lastnosti sedimentov na pobočju, naklon pobočja in ustrezna količina vode so ključni dejavniki, ki vplivajo na pojav plazu. Na pojav plazenja vplivajo tudi drugi prostorski dejavniki, ki so zelo spremenljivi in zato običajno težko predvidljivi. Kljub spremenljivosti se znanstveniki trudijo, da bi odkrili njihove zakonitosti in bi tako lahko napovedali, kaj se bo kje zgodilo. Določeni deli Slovenije so bolj podvrženi nastajanju zemeljskih plazov. Skoraj četrtina Slovenije je dovzetna na tovrstne pojave. Izstopajo območja, ki jih gradijo mehkejše klastične kamnine in sedimenti, zato so najbolj ogroženi deli vzhodne in jugovzhodne Slovenije, deli osrednje Slovenije in Zasavja, Karavanke, Škofjeloško in Cerkljansko hribovje ter flišnata območja zahodne Slovenije. Na vsakem od teh območij na sprožitev in velikost plazov ter prostorsko razporeditev vplivajo predvsem lokalne geološke razmere. Mnoga pobočja so v danih razmerah le pogojno stabilna in samo vprašanje časa je, kdaj bo padla zadostna količina padavin, ali pa bo človek posegel v komaj stabilno zemljino, da se začne plazenje. Zemeljski plazovi so torej naravni pojav, ki se je pojavljal v preteklosti in se bo pojavljal tudi v prihodnosti. Pomembno je, da tovrstne pojave razumemo in se njihovim posledicam poskušamo izogniti oziroma jih čim bolj omiliti (Jež, 2016).

Škodo, ki nastane zaradi proženja plazov, bi bilo mogoče nekoliko omiliti. V izdelavi je karta verjetnosti plazov. “Smotrno prostorsko načrtovanje vsebuje obrambo pred obstoječimi manjšimi plazovi, vsekakor pa je bolj smiselno in pomembno odmikanje objektov od problematičnih območij. Preprosto je potrebno upoštevati naravne danosti. Sanacija plazov je pogosto samo polovična rešitev, res prava je, da na ta območja ne umeščamo gradenj. Na Geološkem zavodu Slovenije v sodelovanju z direkcijo za vode pripravljajo karto verjetnosti plazov za vso državo. Karta bo v merilu, primernem za prostorsko načrtovanje” (Senica, 2023).

»Plaz je sestavljen iz treh glavnih delov – **glave, telesa in noge plazu**. O čelu plazu govorimo, kadar plaz prodira naprej. Peta plazu je območje izrivnega roba plazu. Teme ali krona plazu je najvišje območje, kjer je prišlo do odloma. Plaz se začne z **zgornjim odlomnim robom**, ki je večinoma strm in se lahko pogosto brez večjih premikov kaže kot odlomna razpoka. Zgornji

odlomni rob je najvišji del drsne ploskve. Nad zgornjim odlomnim robom se pogosto pojavijo **natezne sekundarne spremljajoče odlomne razpoke** različnih oblik. Zgornji odlomni rob je lahko (tlorisno gledano) polkrožna, valovita ali pa nepravilna linija, lahko je tudi previsen. Pri opisu podamo tudi višino odlomnega roba, oziroma vertikalen premik. Za **čelo plazu** podamo premik čela, obliko (kotanjasto, izbočeno, ravno) in ostale značilnosti (grude, prečne razpoke…). **Stranski odlomni robovi** so ravno tako več ali manj dobro vidni na obeh straneh telesa plazu pa do pete plazu. Na stranskih odlomnih robovih lahko opazujemo razpoke različnih oblik (razvejane, valovite, tlačne in dimenzije, ki kažejo na smer premika). Stranski odlomni robovi se lahko spuščajo vzporedno s smerjo plazenja ali pa imajo tendenco širjenja v bok. Plazina lahko zdrsne več ali manj brez sprememb na površini **telesa plazu** (v primeru, če je plazina togo telo in drsna ploskev vzporedna pobočju), lahko pa le s ploskimi vdolbinami in izboklinami ali pa jih **vzdolžne in prečne (tenzijske) razpoke** razdelijo v posamezne **grude**. Deformacija plazine je odvisna od zgradbe, plastičnosti in trdnosti plazine in oblike podlage plazu. Gruščnata plazina se prilagodi podlagi. Mehka plazina se naguba, trda pa razpoka. V primeru narivanja plazu pride do gubanja, v primeru plazenja po ravni ali vbočeni podlagi pa do nateznih razpok. Podobno v prečni smeri, če plaz drsi po grebenu, nastanejo natezne razpoke. V primeru plazenja po vdolbini v podlagi je plazina nagubana. **Peta plazu** se lahko nariva na podlago in nastane narivni rob, ki se lahko valovito razlije po podlagi ali pa nagrbančí (izrine) podlago. Če plazina vsebuje veliko vode, ki omoči plazeči material, se peta plazu lahko oblikuje v obliki jezika in obstoji možnost nastanka sekundarnega drsenja. Na peti plazu se zaradi povečanega trenja material začne kopičiti in se pogosto deformira (prečne in vzdolžne razpoke) ter naguba. Značilne oblike pete plazu so močno nagrbančene površine z jasnim narivnim robom« (Ribičič, 2007).

3.2 Vzroki za nastanek zemeljskih plazov

Razlikovati moramo med vzroki in povodi pobočnih procesov. Slednji delujejo ponavadi le kratek čas in odločajo le o času sprožitve materiala, ne pa o njegovi količini. Vzroki za pobočne procese so dejavniki, ki daljši čas delujejo na območje sprožitve in krhajo ravnovesje. Tisti dejavnik, ki dokončno podre ravovesje v sistemu (vzpostavi novo ravnovesno stanje), pa je povod. Poglavitni povodi za nastanek zemeljskih plazov so ekstremna vremenska dogajanja (močne in/ali dolgotrajne padavine, poplave ter nenaden dvig podtalnice), hitre temperaturne spremembe (taljenje snega, spomladansko taljenje razpok) in potresi. Poleg “naravnih”

povodov plazenja pa plazove povzroča tudi človek z nespametnimi posegi v okolje. Med pogoste antropogene posege štejemo: spodkopavanje pobočij in gradnja usekov, povečanje naklona pobočij, gradnja naselij na nestabilnih območjih, pretirana sečnja gozdov, rudarjenje, čezmerna paša ter usmeritev odtokov padavinske vode na nestabilno območje. **Padavine** so najbolj pereč **povod plazenja**, saj obilica vode premoči preperino, kar poveča vzgonski tlak in zmanjša medzrnske sile vzdolžpotencialnih drsnih ploskev. Tako se poruši ravnovesje na pobočju in poveča možnost zdrsa. Sprožitev plazov sicer ni nujno neposredno povezana z ravnjo podtalnice, vendar ima začetna vsebnost vode v tleh pri sprožitvi pomembno vlogo, saj zmanjša potrebno mejno količino padavin. Kritična količina padavin, potrebna za sprožitev plazenja, se razlikuje glede na litostatografske enote. Tako je v skrilavih glinavcih, meljevcih, laporovcih, peščenjakih, konglomeratih, breči in tufu ta mejna količina 100 do 150 mm v 24 urah, v skrilavih glinavcih z roženci, laporovcih in apnencih pa od 400 do 450 mm v 24 urah (Komac & Zorn, 2008).

Generalno gledano sta za plazenje pomembna zlasti dva dejavnika, ki delujeta eden proti drugemu. To sta zemeljska težnost in trdnost zemeljske mase. Zemeljska težnost povzroča premikanje materiala v nižjo lego, trdnost materiala pa to preprečuje (se upira premiku). Vsebnost vode obteži pobočje in vpliva na sprijetost gradiva. Prav zaradi vode se razmerje med učinki zemeljske težnosti in trdnosti kamnine spreminja. Če se na pobočju zaradi povečane vsebnosti vode spremeni teža materiala, narašča notranji upor oziroma sprijetost materiala. Notranji upor pa lahko narašča le do določene meje, ki jo opredeljuje najvišji notranji upor. Ko je ta presežen, postane pobočje nestabilno in material se hipno ali pa postopoma premakne v nižjo lego. O zemeljskem plazu govorimo takrat, ko je začetni zdrs hiter in so v okolju opazni njegovi učinki. Do zdrsa pride vzdolž ploskve znotraj materiala, ob kateri je vrednost notranjega ali strižnega upora manjša od komponente sile teže, ki deluje v smeri pobočja. K stabilnosti pripomore tudi večja kohezivnost gradiva. V nesprijetem materialu je pri ničelni normalni napetosti strižni tlak enak nič, kar pomeni, da kohezije ni. Zato je pomembno razmerje med kotom notranjega trenja (strižnega kota), kohezivnostjo gradiva in silo težnosti. Stabilnost pobočja v nesprijetem materialu je odvisna od kota notranjega trenja. Pobočje je nestabilno, ko je naklon pobočja večji od kota notranjega trenja. Ko sta sili enaki, je pobočje v ravnovesju. Na nastanek zemeljskih plazov močno vpliva tudi voda, ki zmanjša notranji upor. Površinska vode, ki spodkopavajo pobočja z globinsko in bočno erozijo, tudi pogosto povzročijo zemeljske plazove (Komac & Zorn, 2008).

3.3 Inženirsko geološko kartiranje plazu

Plaz popišemo od začetka do konca, torej od pobočja nad plazom do ravnine pod plazom. Najprej je potrebno naročiti geodetski posnetek, s katerim gremo na teren popisovati vse elemente plazu. Podlaga za kartiranje je geološka karta. Dobra pomoč pri kartiranju plazov so aero posnetki, narejeni v večjem časovnem razmiku. Ko primerjamo te posnetke, lahko vidimo večje spremembe na površini. Vse elemente plazu tudi fotografiramo.

Kako ugotavljamo plazenje?

Opazujemo **nagnjenost terena** in **morfologijo**. Deloma neporaščena strma pobočja, vdrtine oziroma skledaste oblike, kot ostanek zgornjega odlomnega roba, grebeni nagrbančene površine prečno na pobočje in telesa v obliki jezika kažejo na stara plazenja. Opazujemo tudi stanje dreves, saj nam le-ta kažejo na morebitna premikanja pobočja. Debla dreves na stabilnem terenu rastejo pokonci in so ravna, debla na plazu so nagnjena. Če se plaz ustavi, začne deblo ponovno rasti naravnost in tako dobijo debla značilno sabljasto obliko. Višina ravnega dela debla nam pove, koliko časa je plaz že umirjen. **Morfološko-geološke oblike** razdelimo v tri skupine. Prva skupina so **prvotne oblike**, ki so ostanek morfologije terena na plazu. Nazoren primer take oblike je pot/cesta, ki prečka plaz in se je na plazu premaknila navzdol, vendar je njena oblika še vidna. Druga skupina so **oblike zaradi plazenja**, le-te so posledica določenih razmer ob plazenju. Na terenu poskušamo ugotoviti, zakaj je do določene tipične oblike plazenja prišlo. Tretja skupina so **oblike po plazenju**, ki nastanejo kot posledica intenzivnejše erozije, ki odnaša razrahljani material plazu. Primer oblike po plazenju vidimo na naslednji sliki.



Slika 2: Primer oblike po plazenju kot posledica intenzivnejše erozije

Vir: (Lastni vir)

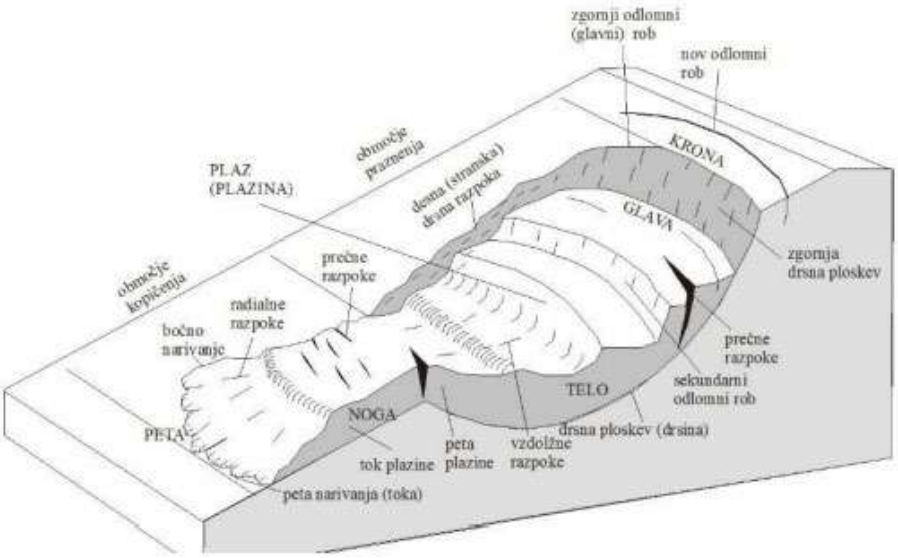
Na terenu kartiramo naslednje morfološko-geološke oblike (podamo ime in opis elementa, prikaz elementa in možni nastanek elementa):

- **Zgornja zdrsna površina** nastane pod najvišjim zgornjim odlomnim robom in predstavlja zdrs materiala vzdolž zgornje odlomne razpoke in nastane kot posledica zdrsa materiala ob zgornji odlomni razpoki. Tu se pogosto pokaže kamnina, ki je v podlagi.
- **Zdrsna površina v telesu plazu** je podobna zgoraj omenjeni površini, s tem da je slednja strmejša in manjših dimenzij. Nastane, ko je plaz razdeljen v več blokov, od katerih vsak posebej ločeno plazi po višje ležečem bloku.
- **Valovita površina** je pogost pojav, kjer določamo približne dimenzije med vboklinami in izboklinami. Nastane, kadar ima plazina različne lastnosti.
- **Horizontalna izravnava** je večja ploskev na plazu, ki je nastala na območjih, kjer drsenje poteka enakomerno in pravilno.
- **Nagnjena izravnava** je pravilna ravna ploskev, ki je nagnjena pod določenim kotom. Nastane, ker so kompaktni bloki v celoti drseli po drsni ploskvi, ki je pod takim blokom ravna in neukrivljena.

- **Prevojne izbokline** pogosto opažamo na fosilnih plazovih, možni so različni nastanki.
- **Prevojna vboklina** se kot jarek vleče prečno preko plazu in nastane pri gibanju plazu, pri čemer se material razpira.
- **Stopnica** je oster prehod terena iz položnejšega nagiba v strmejši nagib. Poznamo več različnih nastankov.
- **Vboklina** je okrogla ali elipsasta jama, ki nastane na plazu kot posledica neenakomernega gibanja plazu. V teh jamah se dostikrat nabira voda.
- **Izboklina** je lahko posledica prvotnih morfoloških oblik, ali pa nastane pri neenakomernem premikanju plastične plazeče mase navzdol po pobočju.
- **Narivna cona** je ponavadi na peti plazu in je običajno v obliki izbokline, kjer se material nariva na podlago. Predstavlja konec plazu. Nastane na območju, kjer se strižni odpor tal močno poveča in se zato plazeče mase ustavljajo, vendar so še vedno pod pritiskom višje plazečih se mas. Rezultat tega dogajanja je kopičenje materiala.
- **Cona grud** ponavadi nastane na travnatem terenu, ki ga je zajel plaz. Humus se zaradi velikih horizontalnih premikov raztrga in tako nastanejo skupki trave.
- **Cona spodjedanja** nastane na vznožju plazu in je eden bistvenih vzrokov, zakaj do plazenja sploh pride. Pogosto nastane kot posledica erozije voda.
- **Razkrita podlaga** nam pokaže, po kakšni kamnini je plaz drsel.

(Ribičič, 2007).

Po Varnesu (2005) prilagam naslednjo sliko, kjer so prikazani vsi možni elementi zemeljskega plazu.



Slika 3: Elementi zemeljskega plazu

Vir: (https://www.e-plaz.si/Media/PDF/Priloga1_MRibicic_2014_ZEMELJSKI%20PLAZOVI%20(VRSTE%20IN%20OPIS).pdf)

3.4 Vrste zemeljskih plazov

Zemeljske plazove delimo glede na naslednje lastnosti:

- Na **sestavo materiala** (praviloma se premakne nevezani material).
- Na **hitrost plazenja** (trenutni zdrsi, hitro plazenje, počasno plazenje in gibanje s prekinitvami).
- Na **velikost** (usad obsega travno rušo in do en meter debelo plast preperine ter zemeljski plaz, kjer se gmota med premikom tudi premeša).
- Na **globino** (plitvi zemeljski plaz, ki zajame le preperino in globoki zemeljski plaz, ki zajame tudi hribino).
- Po **načinu premikanja** (rotacijski plazovi s krožno drsno ploskvijo, ki nastanejo v homogenih kamninah oziroma v preperini in translacijski zemeljski plazovi, katerih drsna ploskev je vzporedna s pobočjem, zato pride do premika materiala v enem kosu).
- Na **vrsto materiala.**
- Na **dejavnost** (aktivni, umirjeni in fosilni zemeljski plazovi).

(Komac & Zorn, 2008)

4 TEHNIČNI OPIS S TEORETIČNIMI OSNOVAMI

4.1 Osnove za projekt sanacije plazu

Osnova za projekt PZI sanacije plazu na območju javne poti Čeplje–Zaboršt–Stari Grad v občini Vransko je geodetski posnetek območja plazu, geološko geomehanski ogled terena, terenske in laboratorijske preiskave.

4.2 Opis območja plazu

Plaz se je aktiviral po obilnem deževju na omenjeni asfaltirani cesti. Širina plazu je bila cca 28 metrov. Pojavile so se odlomne razpoke na asfaltiranem vozišču, ki so segale do polovice vozišča, izrivni rob pa je bil na brežini pod cesto na oddaljenosti cca 10 metrov. Splazelo območje je bilo cestišče in gozd. Vznožje strme brežine pod cestiščem, ki je oddaljeno od 9 do 10 metrov od desnega roba vozišča, ima naklon do 37°, s padcem proti severu. Na sredini plazu se nahaja obstoječi prepust. V času nastanka plazu je voda zastajala v območju obstoječih zemeljskih jarkov ob prepustu. Vode iz prepusta so nekontrolirano tekle po strmi brežini in brežino zamakale. Vzrok za nastanek plazu je bila povečana količina površinske vode, ki je zatekala v območje plazu in zasičenost zemljine v brežini (Grading d.o.o., 2023).



Slika 4: Pogled na cesto (plaz)

Vir: (Grading d.o.o., 2023)



Slika 5: Neurejen iztok vod iz prepusta po strmi brežini

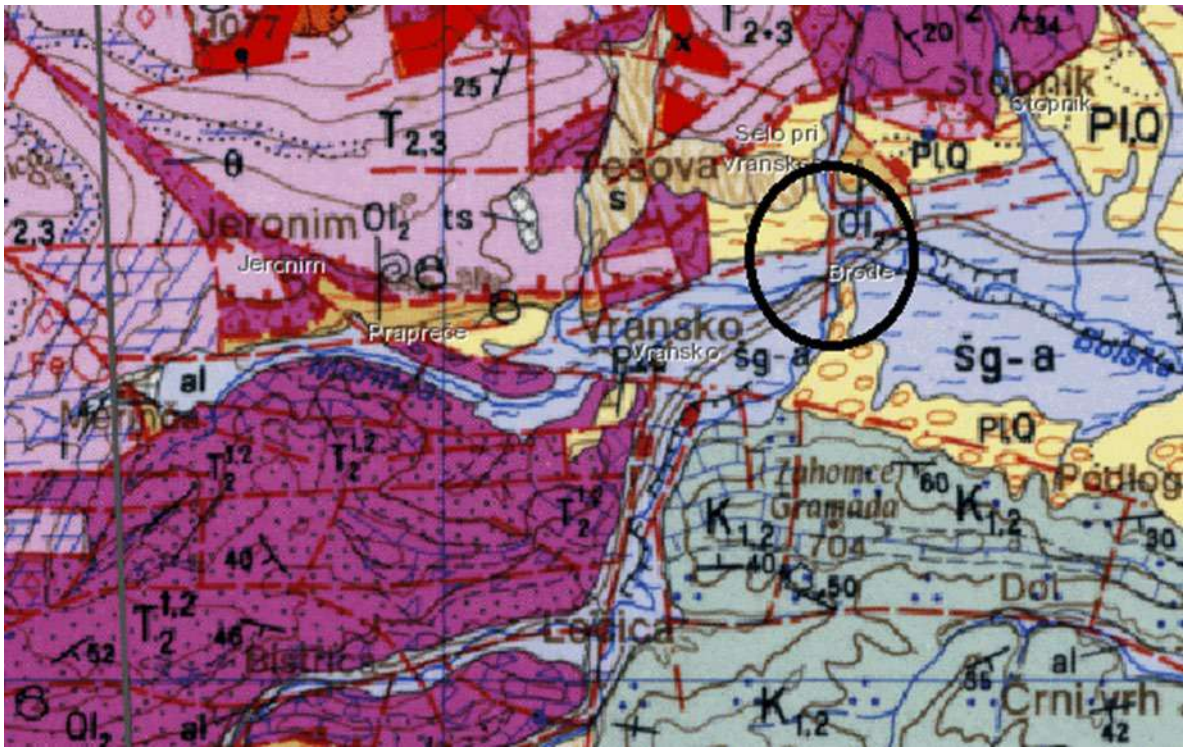
Vir: (Grading d.o.o., 2023)

4.3 Terenske in laboratorijske raziskave

Na obravnavanem območju so se za ugotovitev geološke sestave tal izvedle tri globoke sondažne vrtine in šest standardnih dinamičnih penetracij (SDP). Pri popisu sondažnih vrtin se je izvedlo vizualno klasifikacijo. V koherentnih materialih se je ugotavljala penetrabilnost z ročnim penetrometrom. Izmeril se je nivo talne vode. Na enem vzorcu se je v Laboratoriju za mehaniko tal in temeljenje, Fakultete za gradbeništvo v Maribor določilo tudi konsistenčne meje materiala.

4.4 Povzetek geološkega poročila

Iz Osnovne geološke karte, list Ljubljana, L 33−66 razberemo, da plaz leži na območju, ki je na geološki karti označeno s simbolom Ol_2 – lapor in glina. Na oligocensko podlago so bili odloženi debelejši, heterogeni pliokvartarni sedimenti, sestavljeni večinoma iz meljne do peščeno meljne gline (Premru, 1980).



Slika 6: Izsek iz Osnovne geološke karte, list Ljubljana

Vir: (https://ogk100.geo-zs.si/, 2024)

Izvedle so se tri globoke sondažne vrtine na zunanjem robu obstoječega cestnega nasipa. Z vrtinami je bilo ugotovljeno, da trdno podlago sestavlja laporovec oziroma na območju vrtine

V1 peščenjak, na globini 4 m pod površino. Preperina laporovca je debela 1 m, debelina plasti slabo vezanega peščenjaka pa 1,30 m. Nad preperino in slabo vezanim peščenjakom se nahajajo glineni materiali, ki so poltrdne konsistence, nad njo pa plast glinenih materialov, ki so v srednje do težko gnetnem konsistenčnem stanju. Na spodnjih fotografijah so prikazana jedra vrtin. V raziskovalnih vrtinah je bilo opravljenih šest SDP preizkusov. Glineni materiali so bili v srednje gnetnem do poltrdnem konsistenčnem stanju, podlaga (peščenjak oziroma laporovec) pa srednje do visoke penetrabilnosti.

V geološko geomehanskem poročilu so bile na osnovi podatkov iz izvedenih terenskih, laboratorijskih preiskav in stabilnostne analize obstoječega stanja podane fizikalno mehanske lastnosti zemljin in hribine, ki se jih je upoštevalo pri izračunu sanacijskih ukrepov:

- glina (plazina) γ=18,5 kN/m^3 c= 0kPa φ=26°
- glina (poltrdne kon.) γ=19,0 kN/m^3 c= 2kPa φ=28°
- preperina γ=21,0 kN/m^3 c=10kPa φ=30°
- podlaga γ=22,0 kN/m^3 c=20kPa φ=32°



Slika 7: vrtina V1

Vir: (Grading d.o.o., 2023)



Slika 8: vrtina V2

Vir: (Grading d.o.o., 2023)



Slika 9: vrtina V3

Vir: (Grading d.o.o., 2023)

5 PREDLOG IZVEDBE SANACIJE – IZBIRA PODPORNE KONSTRUKCIJE

5.1 Varianta 1: Sanacija s podporno kamnito zložbo

Za sanacijo plazu se predlaga izvedba podporne kamnite zložbe ob desnem robu cestišča v dolžini 32 m.

Delovni plato za izvedbo podporne zložbe se izvede delno z vkopom v obstoječo voziščno konstrukcijo. Izkop za delovni plato se izvede na oddaljenosti 1,5 m od levega roba vozišča z naklonom brežine 2:1 do globine 1,5 m pod niveleto vozišča in na tej višini do območja zunanjega roba obstoječe brežine. Delovni plato se gramozira v debelini 30 cm in utrdi.

Na območju predvidenih posegov je potrebno odstraniti grmovje in porušiti drevje, izven tega območja pa je potrebno obstoječe drevje ohraniti.

Na začetku podporne zložbe se izvede jašek iz betonske cevi **ø** 50 cm višine 1 m z betonskim pokrovom.

Izkopi za podporno kamnito zložbo se naj izvajajo v kampadah maksimalne dolžine 4 m iz območja delovnega platoja. Izkop zaledne brežine za izvedbo zložbe se naj izvede v naklonu 5:1 do nivoja temeljnih tal. V času gradnje, ko se v gradbeni jami nahajajo delavci, je potrebno gradbeno jamo razpirati. Iz dimenzij konstrukcije v gradbeni situaciji in prečnih profilih se bo izračunalo kubaturo zemeljskih izkopov. Če rišemo prečne profile z Autocadom, nam računalniški program sam izračuna ploščine prečnih profilov in kubature zemeljskih del. Te kubature se bodo nato vnesle v projektantski popis del in tako bomo dobili ceno za zemeljska dela. Enako se bo postopalo pri pilotni steni. Hipotezo H1, ki pravi, da zemeljska dela in temeljenje pri podporni kamniti zložbi predstavljajo približno 40 % investicije, pri AB sidrani pilotni steni pa 20 %, bomo tako lahko ovrgli oziroma potrdili.

Temelj podporne zložbe mora ležati v plasti preperine laporja ali peščenjaka in trdne konsistence. Širina temelja zidu mora biti 1,8 m. Naklon temelja naj bo 10 % proti zaledni strani zidu. Zagotovljena mora biti nosilnost $\sigma \geq 190 kN/m2$.

Na izravnana temeljna tla se vgradi podložni beton C16/20 v minimalni debelini 20 cm in v njega se položi trdostensko drenažno cev ø 150 mm. Cev se zaščiti z vgradnjo drenažnega betona kamnitega nasipa frakcije 4/32 mm.

Trup podporne zložbe se izvede iz lomljenega kamna (apnenec ali eruptivec), velikosti od 30 do 80 cm intaktno na izvedeni izkop, med kamne se vgradi beton C20/25 (30 %). Kamne je potrebno zlagati tako, da se doseže čim boljša zaklinjenost. Naklon čelne strani trupa zidu naj bo 5:1. Trup zložbe na zaledni strani se od kote delovnega platoja izvede do območja projektiranega zunanjega roba bankine.

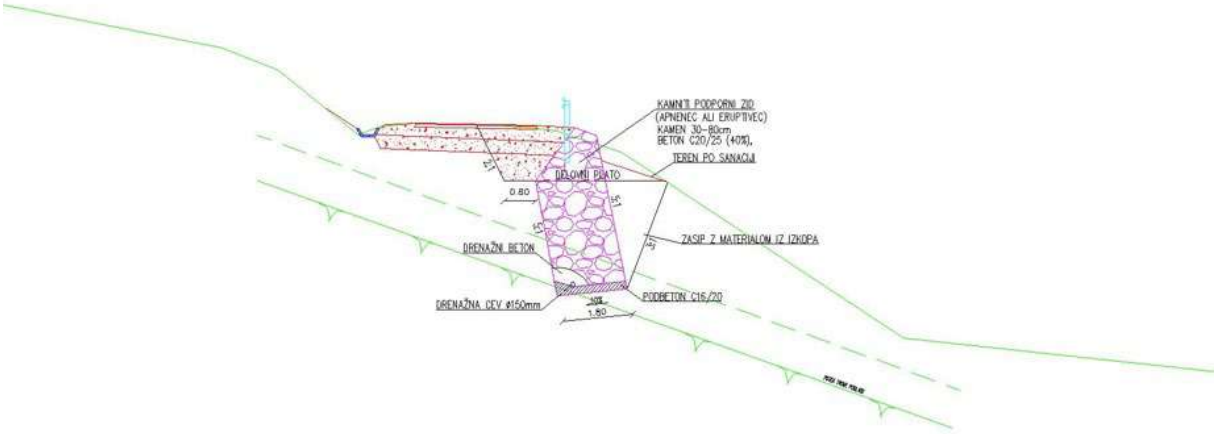
V izkop za podporno zložbo se naj do planuma temeljnih tal voziščne konstrukcije vgradi kvaliteten drobljeni kamniti material v plasteh maksimalne debeline 30 cm in utrdi. Izkop za naslednjo kampado zložbe se lahko izvede šele po izgradnji zidu v predhodni kampadi.

Na začetku in zaključku zložbe se za dosego vklopa v obstoječo brežino izvedeta zaključna stožca z vgradnjo lomljenega kamna (apnenec ali eruptivec), velikosti od 30 do 50 cm, med kamne se vgradi beton C20/25 (30 %).

V izkop pred podporno zložbo se vgradi kvaliteten material iz izkopa, ranjena brežina se humusira in zatravi.

V jašek, ki bo izveden na začetku podporne zložbe, se spelje drenažna cev iz temelja podpornega zidu, iz jaška pa se uredi iztok na brežino preko polne plastične cevi ø 200 mm.

Odvečen izkopani material je potrebno sproti nakladati na kamione in ga ločeno, po vrstah odpadkov, odvažati na registrirano trajno odlagališče odpadkov. Izkopani material, ki se bo po sanaciji ponovno vgradil, se deponira ob izkopu ali v začasni deponiji (Grading d.o.o., 2023). Zgoraj omenjeni elementi podpore kamnite zložbe so nazorno prikazani na spodnji sliki.



Slika 10: karakteristični profil kamnite podporne zložbe

Vir: (Grading d.o.o., 2023)

5.2 Varianta 2: Sanacija z AB podporno sidrano pilotno steno

Za enako širino območja (32 m) smo podali tudi rešitev s pilotno steno iz enaindvajsetih pilotov premera ø 50 cm. Pilote povezuje AB greda 70/200 cm. Piloti so dolžine od 5 do 6,5 m. Delovni plato za pilotiranje širine 5 m se izvede delno z vkopom v obstoječo voziščno konstrukcijo in delno z nasipom na brežini. V nasip se vgradi material iz vkopa v obstoječo voziščno konstrukcijo. Zaradi poteka obstoječega terena pod predvideno izvedbo delovnega platoja za pilotiranje, je na desnem robu platoja potrebno izvesti zagatno steno. Na območju predvidene lege zagatne stene se vgradijo (zabijejo) železniške tirnice 49E1 ali HEM120 profili (maksimalne dolžine dolžine 4,5 m) s konico na dnu, na medosni razdalji 1 m, vmesni prostori med profili se založijo s primernimi ploščami ali okroglicami. V nasip za zagatnimi stenami se vgradi material iz vkopa v obstoječo voziščno konstrukcijo. Delovni plato za pilotiranje se gramozira v debelini 30 cm in utrdi. Izkopi za pilote se naj izvajajo s primerno strojno opremo (garnituro za izkop pilotov), do plasti preperine pa jih je potrebno zaceviti. Izkope za pilote mora prevzemati geomehanik, ki tudi sproti določa potrebno globino izkopa. Piloti morajo na čelni strani ležati minimalno 2 m v trdni podlagi.

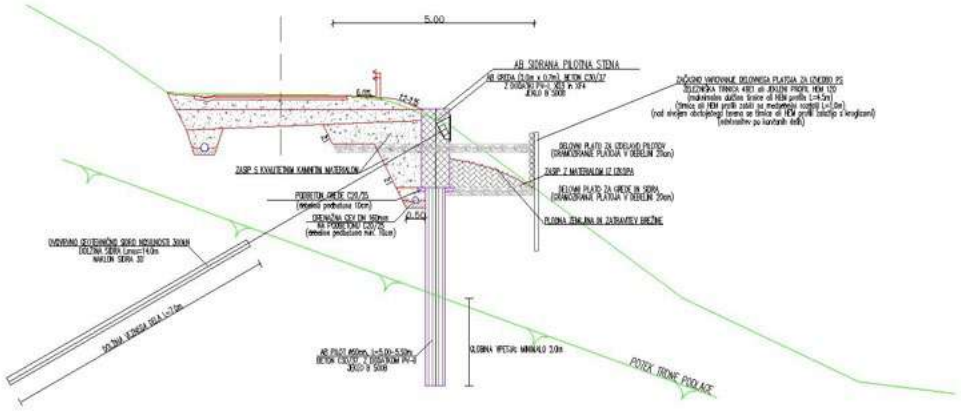
Po izkopu pilota sledi vgraditev armaturnega koša in betoniranje pilota, vgrajevanje je potrebno izvesti neposredno po izvršenem izkopu. Piloti se armirajo z glavno natezno simetrično armaturo S500(B) z devetimi palicami ø 14 mm in spiralno armaturo ø 12 mm/15 cm. V izkop za pilote se na kontraktorski način vgradi beton C30/37 z dodatki za stopnjo izpostavljenosti PV-1. Po strditvi betona je na pilotih potrebno odstraniti zgornji del betona v višini cca 0,4 m (do kote dna vezne grede).

Po izvedbi pilotov se izvede izkop do delovnega platoja za izvedbo grede in sider. Pilote ø 50 cm v zgornjem delu povezuje AB greda 70/200 cm. Na temeljna tla pod AB gredo se vgradi 10 cm izravnalnega betona C16/20. AB greda se izvede iz betona C30/37 z dodatki za stopnjo izpostavljenosti PV-I in XF4 (odpornost površine betona proti zmrzovanju in taljenju ob prisotnosti soli) in armira z armaturo S500(B). Vezno gredo se zaopaži. Opažne plošče naj bodo enake velikosti in oblike. Stiki morajo biti enakomerni. Vidni robovi vezne grede se posnamejo s trikotnimi letvami 2/2 cm. Med kampadami veznih gred se izvede stike na pero in utor (strižni zob). Na stiku med kampadami se vgradi trda penasta plošča in tesnilni material. Za gredo pilotne stene se izvede drenaža (drenažna cev DN 160 mm). Po izvedbi grede se v zaledni izkop oziroma cestni nasip do kote planuma temeljnih tal vgradi kvaliten kamniti material. Za sidranje pilotne stene so predvidena trajna dvovrvna geotehnična sidra nosilnosti 300kN in trajna

trovrvna geotehnična sidra nosilnosti 450kN. Sidra se vgrajujejo v zato pripravljene odprtine v vezni gredi, kamor se vstavijo plastične cevi premera 160 mm pod predpisanim naklonom. Spirala iz rebraste armature se vgradi okrog cevi pred betoniranjem grede. Spodnja slika prikazuje vse pomembne elemente pilotne stene.

Gradbena in obrtniška dela pri izvedbi sidrane pilotne stene torej v glavnem obsegajo opaženje, dobavo in vgraditev armaturnih košev, dobavo, vgraditev in nego cementnega betona ter dobavo in vgraditev sider. Že na prvo žogo je razvidno, da za sidrano pilotno steno potrebujemo bistveno več elementov napram podporni kamniti zložbi, kjer gradbena in obrtniška dela predstavljo v glavnem dobavo in vgraditev cementnega betona ter dobavo in vgraditev lomljenega kamna za zložbo. V projektantski predračun se bo za obe gradbeni rešitvi vneslo količine za zgoraj omenjene elemente in tako bom lahko hipotezo H2, ki pravi, da gradbena in obrtniška dela pri AB sidrani pilotni steni predstavljajo približno 70 % investicije, pri kamniti zložbi pa 40 %, ovrgli oziroma potrdili.

Glede na zgoraj napisano, se pričakuje, da bo sidrana pilotna stena bistveno dražja od kamnite podporne zložbe (H3), dokončno pa nam bo tretjo hipotezo potrdil končni znesek konstrukcij v projektantskem predračunu.



Slika 11: karakteristični profil AB sidrane pilotne stene

Vir: (Grading d.o.o., 2023)

H4 – GLEDE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STA SI OBE GRADBENI REŠITVI PRIMERLJIVI

V času uporabe podporne kamnite zložbe oziroma sidrane podporne pilotne stene ne moremo govoriti o energetski učinkovitosti. Lahko pa naredimo primerjavo o količini energije, potrebene za izdelavo enote surovine in primerjavo ogljičnega odtisa, ki nastaja pri proizvodnji te surovine. Glavna gradnika podporne kamnite zložbe sta lomljeni kamen in cementni beton, glavna gradnika sidrane podporne pilotne stene pa cementni beton in armatura (jeklo). Pri prvi konstrukciji je cementni beton v manjšini napram lomljenemu kamnu, pri drugi pa v večini napram armaturi (jeklu). Primerjali bomo proizvajalca jekla, SIJ Acroni d.o.o. in proizvajalca cementa, Salonit Anhovo d.d.

Družba SIJ Acroni d.o.o. je prepoznala učinkovito rabo energije kot ključni ukrep energetske politike za izboljšanje okoljske podobe podjetja, saj se podjetje zaveda, da izboljšave na področju energetske učinkovitosti pomembno vplivajo k izboljšanju zanesljivosti oskrbe z energijo in konkurenčnost na trgu ter zmanjšujejo negativne vplive na okolje. Eden temeljnih ukrepov družbe je rast kakovosti energetskih storitev ob manjšem vložku energije. Leta 2019 so na svetovnem merilu železarne in jeklarne v povprečju emitirale 690 kilogramov ogljikovega dioksida na tono proizvedenega jekla. Emisije SIJ Acroni d.o.o. pa so takrat znašale 400 kilogramov na tono, kar je tretjino manj od povprečja industrije. Integralne jeklarne, ki za izdelavo jekla uporabljajo rudo, v povprečju emitirajo 2300 kg CO_2/t jekla, jeklarne, ki pa jeklo izdelujejo iz sekundarnih surovin pa le 690 kg/t jekla. Prav zato daje SIJ Acroni prednost uporabi sekundarnih surovin za izdelavo jekla. Slogan podjetja je krožno gospodarstvo, saj jeklo lahko vedno znova recikliramo in ga predelamo v nove vrste jekel brez izgube kakovosti. Na ta način se v Evropi proizvede 40 odstotkov jekla, v družbi SIJ Acroni d.o.o. pa ga v celoti proizvajajo brez jeklenega odpadka. Vertikalna povezanost družb podjetju omogoča sklenjen krog gospodarnega ravnanja med družbami, usmerjenimi v zbiranje in predelavo jeklenega odpadka, proizvodnjo jekla ter predelavo in distribucijo, ki vključuje tudi vračanje odpadkov v proizvodnjo. Tako torej podjetje razvija in proizvaja jekla z nižjim ogljičnim odtisom (Acroni, 2024).

Tudi Salonit Anhovo d.d. zre v brezogljično prihodnost, saj je v sodelovanju s podjetjem Interenergo na svoji strehi zgradil eno največjih sončnih elektrarn v Sloveniji. Celotno pričakovano proizvedeno električno energijo bo Salonit Anhovo porabil v svojem proizvodnem procesu. Podjetje se zaveda, da je proizvodnja cementa energetsko zelo intenzivna dejavnost, zato je v luči zelenega prehoda pomembno, tako povečevanje energetskega deleža iz

obnovljivih virov kot tudi izboljševanje energetske učinkovitosti samega procesa z vlaganjem v najnovejše tehnologije. Z novo sončno elektrarno bo podjetje prispevalo k znižanju do 995 ton CO_2 letno (Alpacem, 2024).

Na evropski ravni so se emisije CO_2 za proizvodnjo 1t cementa od leta 1990 do leta 2010 znižale iz 719 kg/t na 660 kg/t cementa. Za doseganje nizkoogljičnih standardov se je na evropski ravni predstavilo 5 vzporednih poti za zniževanje emisij ogljikovega dioksida iz proizvodnje cementa:

Tabela 1: 5 vzporednih poti za zniževanje CO_2 emisij iz proizvodnje cementa

Racionalna raba virov	Energetska učinkovitost	Shranjevanje ogljika	Učinkovita raba cementa	Trajnostna gradnja
- Uporaba Alternativnih goriv ter stranskih proizvodov in odpadnih surovin - Nadomeščanje klinkerja v cementu - Nove vrste cementov - Učinkovita logistika	- Električna energija - Toplotna energija	- Shranjevanje v zemlji - Skladiščenje z biološkimi procesi	- Beton z nizkim ogljičnim odtisom	- Pametne stavbe - Recikliranje betona - Karbonatizacija betona

Vir: (https://okoljskidan.gzs.si/Portals/Portal-Okoljski-dan/Vsebine/06_Vuk.pdf, 2015)

Za zmanjševanje emisij CO_2 iz proizvodnje cementa skladno s cilji podnebne politike je potrebna tehnologija za shranjevanje ogljika. Predvideni ukrepi v industriji cementa za zmanjševanje emisij CO_2 za omejevanje segrevanje na 2 °C so predstavljeni v spodnji tabeli.

Tabela 2: Predvideni ukrepi v industriji cementa za zmanjševanje emisij CO_2 za omejevanje segrevanja na 2 °C

	2020	2030	2040	2050
Industrija	Uvedba BAT v vseh sektorjih	Bio-osnovane kemikalije in plastike	Novejše membranske tehnike separicije	Taljenje z vodikom in oksidna elektroliza v staljenem železu in jeklu
	Peč z recikliranjem zgornjega plina	Gasifikacija črne tekoče frakcije	Inertne anode in karbotermična redukcija	Novi tipi cementa
	Izboljšanje katalitskega procesa		CCS v cementu	CCS v aluminiju
	CCS v amonijaku in HVC			

Vir: (https://okoljskidan.gzs.si/Portals/Portal-Okoljski-dan/Vsebine/06_Vuk.pdf, 2015)

Glavni gradnik podporne kamnite zložbe je kamen lomljenec, ki se pridobiva v kamnolomu. Pereč problem pri pridobivanju kamna lomljenca je povišana onesnaženost zraka z drobnimi delci $PM_{2,5}$.

Hipoteze, zapisane v zgornjem naslovu, ne moremo niti potrditi niti ovreči, saj ne razpolagamo z zadostnim številom podatkov. Podatki meritve emisij CO_2 niso bili merjeni v istem času, niti izvor cementnega betona, armature in lomljenega kamna ni znan.

6 STROŠKOVNA PRIMERJAVA VARIANTE 1 IN VARIANTE 2

6.1 Projektantska predračuna za obe gradbeni rešitvi

Tabela 3: Projektantski predračun za sanacijo plazu (podporna kamnita zložba)

1.00	**PREDDELA**				
1.01	Zakoličba in zavarovanje lege kamnite zložbe in poligonske točke (13 točk)	kos	1,00	240,00	240,00
1.02	Ureditev dovozne gradbiščne poti dolžine 20 m, vključno z izkopom in gramoziranjem v debelini 30 cm ter zasipom in humusiranjem po končanih delih	kos	1,00	420,00	420,00
	SKUPAJ PREDDELA				660,00
2.00	**ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE**				
2.01	Izkop zemljine − 3. kategorije do kote delovnega platoja	m3	132,00	6,20	818,40
2.02	Izkop vezljive zemljine – 3. kategorije za gradbene jame za objekte globine od 2,1 do 4 m	m3	188,00	5,80	1.090,40
2.03	Izkop laporja in preperine za gradbene jame za objekte globine od 2,1 do 4 m	m3	68,00	7,60	516,80
2.04	Razpiranje gradbene jame globine do 3,5 m	m2	205,00	4,50	922,50
2.05	Izdelava delovnega platoja iz gramoznega materiala v debelini 30 cm	m2	160,00	5,40	864,00
2.06	Planiranje dna gradbene jame v laporju ali v preperini laporja trdne konsistence	m2	58,00	2,60	150,80
2.07	Vgraditev kamnitega materiala 4/32 mm − drenažni zasip	m3	13,00	21,80	283,40
2.08	Vgraditev nasipa iz kvalitetnega materiala iz izkopa v izkop pred zložbo z utrditvijo	m3	78,00	4,20	327,60

2.09	Izdelava nasipa iz zrnate kamnine – 3. kategorije z dobavo iz kamnoloma	m3	28,00	19,60	548,80
	29 163				
2.10	Nakladanje vezljive zemljine – 3. in 4. kategorije	m3	310,00	1,20	372,00
	29 116				
2.11	Prevoz materiala na registrirano deponijo zbiralcu odpadkov	t	589,00	4,20	2.473,80
	SKUPAJ ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE				8.368,50

4.00 ODVODNJAVANJE

4.01	Izdelava vzdolžne drenaže na že izvedeni podložni plasti iz cementnega betona v zidu s trdimi plastičnimi cevmi premera 16 cm	m1	32,00	16,30	521,60
4.02	Izdelava jaška iz cementnega betona krožnega prereza premera 50 cm, globokega 1 m	kos	1,00	85,00	85,00
4.03	Dobava in vgraditev pokrova iz ojačenega cementnega betona krožnega prereza s premerom 50 cm	kos	1,00	36,00	36,00
4.04	Izdelava prečnega iztoka vod iz jaška s polnimi plastičnimi cevmi premera 20 cm, položenimi na betonsko podlago C20/25, povprečne globine 1,5 m, vključno z izkopom in zasipom	m1	7,00	34,20	239,40
4.05	Izdelava iztočne glave za cev premera 20 cm z lomljenim kamnom, povezanim z betonom C20/25	kos	1,00	66,00	66,00
4.06	Ureditev vtoka ali iztoka v jaške iz cementnega betona (cevi)	kos	2,00	25,00	50,00
	SKUPAJ ODVODNJAVANJE				998,00

5.00 GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA

5.01	Dobava in vgraditev cementnega betona C20/25 v temelj podporne zložbe	m3	14,00	114,00	1.596,00
5.02	Izdelava kamnite podporne zložbe iz lomljenega kamna (eruptivec ali apnenec) velikosti 30−80 cm, vključno z betonom C20/25 (30 %)	m3	232,00	86,00	19.952,00

5.03	Izdelava zaključnega stožca iz lomljenega kamna velikosti od 30 do 50 cm (apnenec ali eruptivec), vključno z betonom C20/25 (30 %)	m3	6,00	84,00	504,00
	SKUPAJ GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA				22.052,00

7.00 TUJE STORITVE

	79 311				
7.01	Projektantski nadzor	ur	20,00	40,00	800,00
	79 351				
7.02	Geotehnični nadzor	ur	10,00	40,00	400,00
	SKUPAJ TUJE STORITVE				1.200,00

REKAPITULACIJA

1.00	PREDDELA	660,00
2.00	ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE	8.368,50
4.00	ODVODNJAVANJE	998,00
5.00	GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA	22.052,00
7.00	TUJE STORITVE	1.200,00
	SKUPAJ 1.0+2.0+3.0+4.0+5.0+6.0+7.0	33.278,50
	NEPREDVIDENA DELA 10 %	3.327,85
	SKUPAJ	36.606,35
	22 % DDV	8.053,40
	SKUPAJ z DDV	44.659,75

Tabela 4: Projektantski predračun za sanacijo plazu (sidrana pilotna stena)

PROJEKTANTSKI PREDRAČUN ZA SANACIJO PLAZU (sidrana pilotna stena)

1.00	**PREDDELA**				
1.01	Zakoličba in zavarovanje lege pilotne stene (28 točk)	kos	1,00	320,00	320,00
1.02	Ureditev dovozne gradbiščne poti dolžine 20 m vključno z izkopom in gramoziranjem v debelini 30 cm ter zasipom in humusiranjem po končanih delih	kos	1,00	420,00	420,00
1.03	Transport in montaža garniture za izkop pilotov fi 50 cm in garniture za izvedbo sider na gradbišče ter iz gradbišča	kos	1,00	1.900,00	1.900,00
1.04	Premiki garniture za izkop pilotov na posamezne pilote	kos	22,00	36,00	792,00
1.05	Premiki garniture za izdelavo sider na posamezna sidra	kos	10,00	36,00	360,00
	SKUPAJ PREDDELA				3.792,00
2.00	**ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE**				
2.01	Izkop vezljive zemljine/zrnate kamnine −3. kategorije do kote delovnega platoja za izvedbo pilotov, delno premet materiala v nasip, utrditev	m3	109,00	6,20	675,80
2.02	Izkop vezljive zemljine − 3. kategorije do platoja za izvedbo grede, sider	m3	135,00	5,80	783,00
2.03	Izkop vezljive zemljine/zrnate kamnine – 3. kategorije za drenaže globine do 2,5 m	m3	10,00	6,40	64,00
2.04	Izvedba zagatne stene − varovanje roba delovnega platoja, zabitje jeklenih profilov (železniška tirnica 49E1 ali HEM120) dolžine od 2 do 4 m, založenih s ploščami. Profili se vgradijo na medsebojni razdalji 1 m. Odstranitev po končanih delih	m1	34,00	68,00	2.312,00

2.05	Razpiranje gradbene jame globine do 3 m	m2	80,00	6,50	520,00
2.06	Izdelava delovnega platoja iz gramoznega materiala v debelini 30 cm	m2	160,00	5,40	864,00
2.07	Izkop za pilote z garnituro za izkop pilotov fi 50 cm v vezljivi zemljini − 3. kategorije (cevitev vrtine)	m1	79,00	55,00	4.345,00
2.08	Izkop za pilote z garnituro za izkop pilotov fi 50 cm v mehki kamnini − 4. kategorije	m1	46,00	68,00	3.128,00
2.09	Ročni izkop vezljive zemljine − 3. kategorije med piloti s premetom materiala	m3	6,00	28,00	168,00
2.10	Izkop vezljive zemljine − 3. kategorije pred pilotno steno	m3	42,00	4,20	176,40
2.11	Zasip z vezljivo zemljino − 3. kat. strojno, brežina pod pilotno steno	m3	26,00	3,20	83,20
2.12	Izdelava nasipa iz zrnate kamnine – 3. kategorije z dobavo iz kamnoloma v izkop za piloti	m3	116,00	19,60	2.273,60
2.13	Vgraditev kamnitega materiala 4/32 mm − drenažni zasip	m3	13,00	21,80	283,40
2.14	Nakladanje vezljive zemljine – 3. in 4. kategorije	m3	254,00	1,20	304,80
2.15	Prevoz materiala na registrirano deponijo zbiralcu odpadkov	t	483,00	4,20	2.028,60
	SKUPAJ ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE				18.009,80

4.00 ODVODNJAVANJE

4.01	Izdelava vzdolžne drenaže, globoke do 2,5 m, na podložni plasti iz cementnega betona s trdostenskimi plastičnimi cevmi premera 16 cm (ob pilotni steni)	m1	32,00	26,40	844,80
4.02	Izdelava prečnega iztoka vod iz jaška preko polnih plastičnih cevi premera 20 cm, položenih na betonsko podlago C20/25	m1	10,00	34,20	342,00
4.03	Izdelava jaška iz cementnega betona krožnega prereza premera 50 cm, globokega 2 m	kos	1,00	160,00	160,00

4.04	Dobava in vgraditev pokrova iz ojačenega cementnega betona, krožnega prereza s premerom 50 cm	kos	1,00	36,00	36,00
4.05	Izdelava iztočne glave za cev premera 20 cm z lomljenim kamnom povezanim z betonom C20/25	kos	1,00	66,00	66,00
4.06	Ureditev vtoka ali iztoka v jaške iz cementnega betona (cevi)	kos	2,00	25,00	50,00
	SKUPAJ ODVODNJAVANJE				1.498,80

5.00 GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA

5.01	Izdelava podprtega opaža za raven zid, visok do 2 m	m2	6,00	48,00	288,00
5.02	Izdelava dvostranskega vezanega opaža za raven zid, visok do 2 m	m2	128,00	18,00	2.304,00
5.03	Dobava in postavitev rebrastih žic iz visokovrednega naravno trdega jekla S 500 s premerom do 12 mm za srednje zahtevno ojačitev	kg	529,00	1,65	872,85
5.04	Dobava in postavitev rebrastih palic iz visokovrednega naravno trdega jekla S 500 s premerom 14 mm in večjim za srednje zahtevno ojačitev	kg	2.918,00	1,60	4.668,80
5.05	Dobava in vgraditev podložnega cementnega betona C16/20 (podbeton grede)	m3	3,00	104,00	312,00
5.06	Dobava in vgraditev ojačenega cementnega betona C30/37 (AB piloti in greda)	m3	70,00	120,00	8.400,00
5.07	Doplačilo za zagotovitev kvalitete cementnega betona C 30/37 za stopnjo izpostavljenosti PV-I	m3	70,00	3,00	210,00
5.08	Doplačilo za zagotovitev kvalitete cementnega betona C 30/37 za stopnjo izpostavljenosti XD3	m3	45,00	3,00	135,00
5.09	Doplačilo za zagotovitev kvalitete cementnega betona C 30/37 za stopnjo izpostavljenosti XF4	m3	45,00	3,00	135,00
5.10	Doplačilo za vgraditev ojačenega				

	cementnega betona v pilote na kontraktorski način	m3	25,00	5,00	125,00
5.11	Obsekanje krone pilotov iz ojačenega cementnega betona premera 50 cm z odvozom betona na deponijo, vključno s stroški deponiranja (cca 40 cm)	kos	21,00	28,00	588,00
5.12	Doplačilo za nego betona (preprečevanje krčenja), stalno vlaženje vseh odprtih betonskih površin v času strjevanja, tudi prekritje z geotekstilom	m2	160,00	2,60	416,00
5.13	Dobava, vgraditev in odstranitev lesenih letvic 2/2 cm za posnete robove na vezni gredi	m1	82,00	2,80	229,60
5.14	Izdelava stika med posameznimi kampadami grede s strižnim zobom pero-utor (opaž, tesnilni material), armatura je že upoštevana	kos	2,00	34,00	68,00
5.15	Dovoz in vgraditev armaturnih košev	kos	21,00	24,00	504,00
	51 951				
5.16	Izdelava opaža za sidrne odprtine in zaščita odprtin s pokrovi 65/65/5 cm iz nerjaveče inox pločevine in vijaki	kos	13,00	24,00	312,00
5.17	Vgraditev PVC ali pločevinastih tulcev vključno s spiralno armaturo (v gredi za izvedbo sider)	kos	13,00	37,00	481,00
5.18	Vrtanje vrtine, dobava, vgraditev, prednapenjanje in injektiranje trajnega dvovrvnega geotehničnega sidra nosilnosti 300 kN, dolžine 13−14m, dolžina veznega dela 7,0 m	kos	7,00	2.230,00	15.610,00
5.19	Vrtanje vrtine, dobava, vgraditev, prednapenjanje in injektiranje trajnega trovrvnega geotehničnega sidra nosilnosti 450 kN, dolžine 13−14m, dolžina veznega dela 7 m	kos	3,00	2.340,00	7.020,00
	56 878				
5.20	Doplačilo za izvedbo popolnega napenjalnega preizkusa testnih sider	kos	3,00	96,00	288,00
5.21	Izdelava zaključnega stožca iz lomljenega klamna velikosti od 30 do 50 cm (apnenec ali eruptivec), vključno z betonom C20/25 (30 %)	m3	4,00	86,00	344,00

	56 882				
5.22	Dobava in vgraditev mehanskih merilcev sidrnih sil	kos	2,00	1.200,00	2.400,00
	SKUPAJ GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA				45.711,25

7.00 TUJE STORITVE

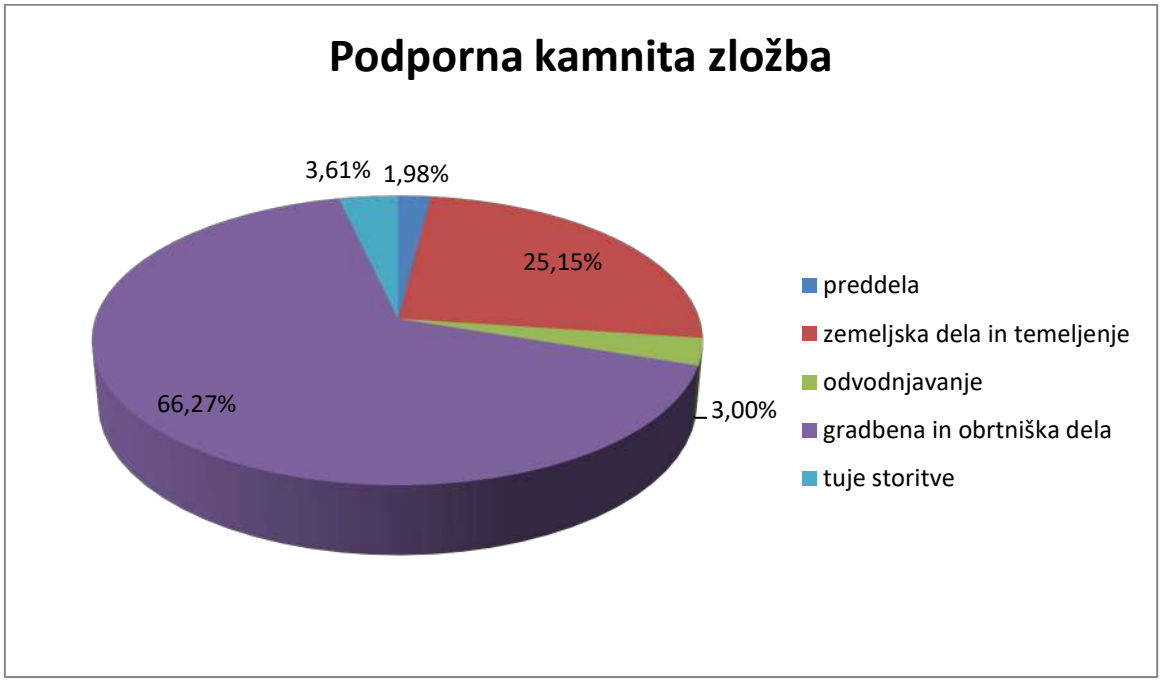
7.01	Preverba zveznosti pilota	kos	16,00	62,00	992,00
	79 311				
7.02	Projektantski nadzor	ur	20,00	40,00	800,00
	79 351				
7.03	Geotehnični nadzor	ur	25,00	40,00	1.000,00
7.04	Izvedba popolnih napenjalnih preizkusov (3 kos) in enostavnih napenjalnih preizkusov (5 kos)	kos	8,00	45,00	360,00
7.05	Preizkusi nosilnosti in električne upornosti trajnih sider (EPN)	kos	11,00	32,00	352,00
7.06	Meritve sil v merilnih sidrih (3x)	kos	2,00	100,00	200,00
	SKUPAJ TUJE STORITVE				3.704,00

REKAPITULACIJA

1.00	PREDDELA	3.792,00
2.00	ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE	18.009,80
4.00	ODVODNJAVANJE	1.498,80
5.00	GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA	45.711,25
7.00	TUJE STORITVE	3.704,00
	SKUPAJ 1.0+2.0+3.0+4.0+5.0+6.0+7.0	72.715,85
	NEPREDVIDENA DELA 10 %	7.271,59
	SKUPAJ	79.987,44
	22 % DDV	17.597,24
	SKUPAJ z DDV	97.584,67

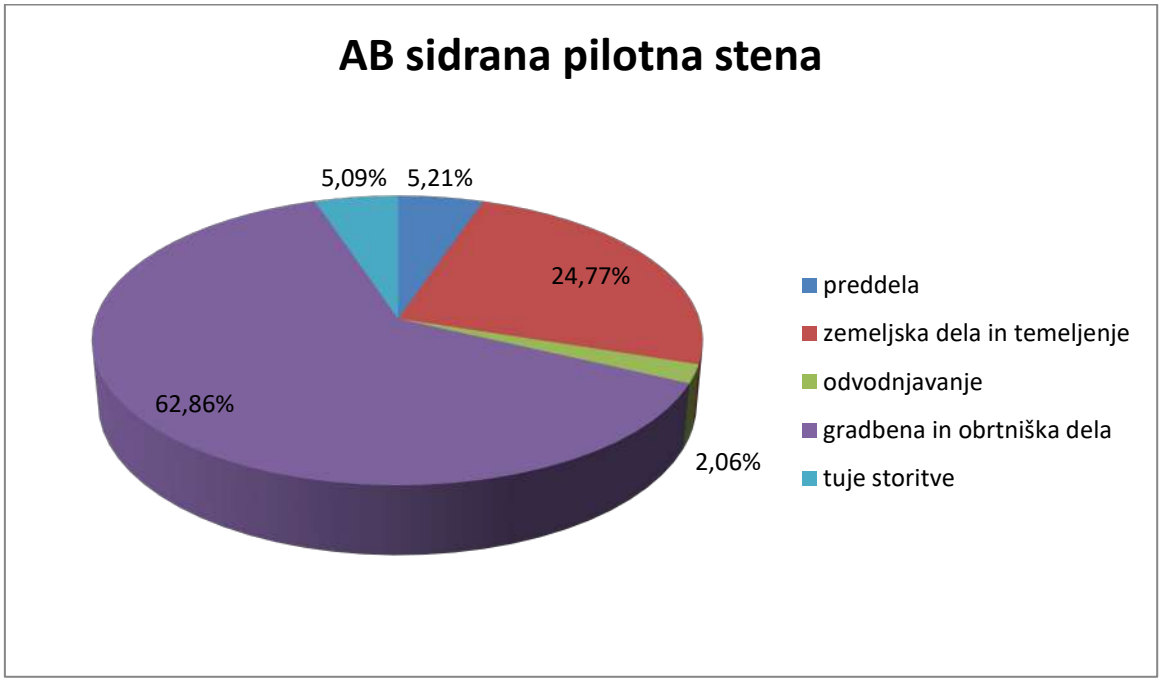
6.2 *Delež posameznih stroškov*

V analizi sem upoštevala cene brez DDV in brez nepredvidenih del.



Grafikon 1: stroškovni obseg posameznih del pri podporni kamniti zložbi

Vir: (Lastni vir)



Grafikon 2: stroškovni obseg posameznih del pri AB sidrani pilotni steni

Vir: (Lastni vir)

6.2.1 H1 – Zemeljska dela in temeljenje pri podporni kamniti zložbi predstavljajo približno 40 % investicije, pri AB sidrani pilotni steni pa 20 %

Strošek zemeljskih del in temeljenja pri podporni kamniti zložbi je 8.368,50 EUR. Največji delež predstavlja prevoz materiala na deponijo, ki je 2.473 EUR, sledi izkop zemljin različnih kategorij, ki je le 50 eurov cenejši, na tretje mesto pa je uvrščen strošek razpiranja gradbene jame, ki je 922 EUR. Ostala zemeljska dela predstavljajo nižji strošek. Iz grafikona številka 1 je razvidno, da zemeljska dela in temeljenje predstavljajo dobrih 25 % investicije.

Strošek zemeljskih del in temeljenja pri AB sidrani pilotni steni je 18.009,80 EUR. Iz projektantskega predračuna je razvidno, da je pri AB sidrani pilotni steni 15 postavk, pri zložbi pa 11. Največji strošek predstavljajo naslednje 3 postavke, ki jih pri podporni kamniti zložbi ni: izkop za pilote v vezljivi in mehki kamnini je 7.473 EUR, sledi izvedba zagatne stene za varovanje delovnega platoja, ki je 2.312 EUR, 2.273 EUR pa stane izdelava nasipa iz zrnate kamnine v izkop za piloti. Kot vidimo so zemeljska dela pri pilotni steni bistveno dražja na račun del, ki jih pri zložbi sploh ni. Iz grafikona številka 2 je razvidno, da zemeljska dela in temeljenje predstavljajo slabih 25 % investicije.

Zgornjo hipotezo torej v celoti ovržem.

6.2.2 H2 – Gradbena in obrtniška dela pri AB sidrani pilotni steni predstavljajo približno 70 % investicije, pri podporni kamniti zložbi pa 40 %

Gradbena in obrtniška dela pri zložbi obsegajo le 3 postavke v projektantskem predračunu. Največji strošek predstavlja dobava in vgradnja lomljenega kamna z betonom (19.952 EUR), ostali dve postavki sta pri celotni ceni zemeljskih del, 22.052 EUR, zanemarljivi. Iz grafikona številka 1 je razvidno, da gradbena in obrtniška dela predstavljajo dobrih 66 % investicije.

Gradbena in obrtniška dela pri pilotni steni obsegajo 22 postavk v projektantskem predračunu. Največji strošek predstavlja vrtanje vrtine, dobava, vgraditev, prednapenjanje in injektiranje dvo in trovrvnih sider (22.630 EUR). Sledi strošek dobave in vgraditve ojačanega cementnega betona, ki stane 8.400 EUR, strošek armature je 5.541 EUR. Iz grafikona številka 2 je razvidno, da gradbena in obrtniška dela predstavljajo približno 63 % investicije, torej se s svojo predpostavko (70 %) nisem zelo oddaljila. Zaradi visoke cene kamna lomljenca pa zemeljska

dela pri zložbi predstavljajo velik delež investicije, od katere sem se s predvidenimi 40 % zelo oddaljila, zato zgornjo hipotezo ovržem.

6.2.3 H3 – Pred začetkom projektiranja ocenjujem, da bo sanacija plazu z AB sidrano pilotno steno manj kot 50 % dražja, kot s podporno kamnito zložbo

Iz projektantskega predračuna je razvidno, da bo podporna kamnita zložba stala 33.278,50 EUR, AB sidrana pilotna stena pa 72.715,85 EUR. Bistveni strošek zložbe je kamen lomljenec, pilotne stene pa dvo in trovrvna sidra. Bistveno večje število postavk v projektantskem predračunu pri pilotni steni prispeva tudi k bistveno večji končni ceni konstrukcije. Hipotezo torej v celoti ovržem.

7 SKLEP

V diplomskem delu, z naslovom »Sanacija plazu na območju javne poti Čeplje–Zaboršt–Stari Grad« sem odgovorila na vsa zastavljena vprašanja. Najprej sem morala podrobneje spoznati, zakaj pride do plazov in kakšni so znaki plazenja v naravi oziroma, kako na terenu prepoznavamo posamezne elemente plazu. Nato, kako poteka delo na terenu, terensko raziskovalna dela in kakšne analize materialov iz sondažnih vrtin lahko opravimo v laboratoriju. Natančno sem opisala tehnologijo izvedbe sanacije plazu s kamnito podporno zložbo in z AB sidrano pilotno steno. Material, ki je za izvedbo obeh konstrukcij potreben, sem podala v projektantskem predračunu in tako naredila stroškovno primerjavo obeh rešitev. Skozi diplomsko delo sem se naučila, da se pri sanaciji plazu za izbiro optimalne gradbene konstrukcije odločimo glede na konfiguracijo terena in z reševanjem odvodnjavanja. Za stroškovno primerjavo med dvema gradbenima rešitvama sem na začetku diplomskega dela predstavila naslednje hipoteze, ki jih bom potrdila oziroma ovrgla:

H1 – *Zemeljska dela in temeljenje pri podporni kamniti zložbi predstavljajo približno 40% investicije, pri AB sidrani pilotni steni pa 20 %.* Hipotezo ovržem, saj je iz projektantskega popisa oziroma iz tortnega diagrama razvidno, da tovrstna dela pri obeh podpornih konstrukcijah tovrstna dela predstavljajo približno 25 % investicije.

H2 – *Gradbena in obrtniška dela pri AB sidrani pilotni steni predstavljajo približno 70 % investicije, pri podporni kamniti zložbi pa 40 %.* Hipotezo ovržem, saj je iz prejšnjega poglavja razvidno, da gradbena in obrtniška dela pri AB sidrani pilotni steni predstavljajo približno 63 % vse investicije, pri podporni kamniti zložbi pa 66 %.

H3 – *Pred začetkom projektiranja ocenjujem, da bo sanacija plazu z AB sidrano pilotno steno manj kot 50 % dražja, kot s podporno kamnito zložbo.* Hipotezo ovržem, saj je cena brez DDV in nepredvidenih del za podporno kamnito zložbo 33.278,50 EUR, za AB sidrano pilotno steno pa kar 72.715,85 EUR. Pri pilotni steni največji strošek predstavljajo trajna dvovrvna in trovrvna geotehnična sidra (skupaj 22.630,00 EUR). Za dobavo in vgraditev cementnega betona je bilo namenjenih 8.400,00 eur, cena izkopa za pilote v vezljivi zemljini in mehki kamnini pa je bila 7.473,00 EUR. Pri podporni kamniti zložbi pa je največji strošek izdelava kamnite podporne zložbe iz lomljenega kamna, saj le-ta znaša skoraj 20.000,00 EUR. Izdelava podporne kamnite zložbe je bistveno cenejša, saj je za izdelavo le-te potrebno manj elementov v primerjavi s pilotno steno, kar je razvidno iz postavk projektantskega predračuna.

H4 – *Dodatna hipoteza: Glede energetske učinkovitosti sta si obe gradbeni rešitvi primerljivi.* Hipoteze tako ne morem niti ovreči niti potrditi, saj ne obstaja merilo, po katerem bi dokazala svojo trditev.

Glede na globino trdne podlage in naklon terena oziroma dostopnost z gradbeno mehanizacijo sanacija plazu z AB sidrano pilotno steno ne bi bila ekonomsko upravičena niti potrebna. V primeru zelo strme nasipne brežine, pa bi bila zaradi oteženega dostopa gradbene mehanizacije izvedba pilotne stene edina možna rešitev. Prav tako izvedba kamnite podporne zložbe ne bi bila mogoča, če bi bila trdna podlaga globje, saj mora konstrukcija na celotni širini temelja ležati na trdni (nosilni) podlagi. Kamnita podporna zložba sodi med težnostne podporne konstrukcije in je primerna za nižje podporne konstrukcije. Z njo saniramo plazove, kjer je možna izvedba. Za vodo je prepustna, saj vsebuje zelo malo betona (do 30 %). Osnovni problem zemeljskih plazov pa je ravno voda, ki bi jo radi odvedli izven območja plazu, zato je za sanacijo plazov najbolj primerna kamnita zložba. Večina plazov se zgodi zaradi prisotnosti pronicujočih vod, kjer voda zastaja in zamaka nižje ležeče materiale in tako pride do tvorbe drsin. Torej, če konfiguracija terena omogoča izvedbo delovnega platoja, iz katerega je mogoč izkop za temelj kamnite zložbe ali kamnitega zidu do globine 4,5 m pod nivojem delovnega platoja, se odločimo za kamnito zložbo oziroma kamniti zid.

AB sidrano pilotno steno bi naredili v primeru strmejšega pobočja, plazu večjih razsežnosti, v primeru manj ugodnih fizikalno-mehanskih lastnosti zemljin in hribin ter tam, kjer je nosilna podlaga globje. Za dosego boljše stabilnosti podporne konstrukcije bi pilotno steno tudi sidrali. Slabost pilotne stene pa je ravno odvod voda, saj z izvedbo pilotne stene ne rešimo odvoda prostih talnih vod nižje od drenaže, ki je izvedena za gredo pilotne stene, tako da vzroka plazenja ne odpravimo kot bi ga odpravili z izvedbo vodoprepustne zložbe.

V skladu z veljavnim geotehničnim standardom SIST EN 1997-1 se računsko preveri mejno stanje nosilnosti obravnavane konstrukcije.

Bistveno torej je, da se za stabilizacijo plazov, geotehnično konstrukcijo projektira tako, da se zagotovi nosilnost in da bodo deformacije (posedki in premiki konstrukcije) ostale v dopustnih mejah.

8 BIBLIOGRAFIJA

Acroni, S. (15. junij 2024). Energetsko okoljski kazalniki. Prevzeto 15. junij 2024 iz http://acroni.si

Alpacem. (15. junij 2024). Salonit Anhovo in Interego podpisala dogovor o gradnji ene največjih sončnih elektrarn na strehi v Sloveniji. Prevzeto 15. junij 2024 iz https://alpacem.si

Grading d.o.o. (2023). *Geološko geomehansko poročilo.* Maribor.

Grading d.o.o. (2023). *Tehnično poročilo Sanacija plazu na JP Čeplje−Zaboršt−Stari Grad.* Maribor.

Jež, J. e. (2016). Zemeljski plazovi: naravni, neizogibni, obvladljivi. *Gea*.

Komac, B., & Zorn, M. (2008). *Zemeljski plazovi v Sloveniji.* (D. K. Perko, Ured.) Prevzeto 15. januar 2024 iz giam.zrc-sazu: https://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612541071.pdf

Premru, U. (1980). Osnovna geološka karta SFRJ. *list Ljubljana*. Beograd, Yugoslavija.

Ribičič, M. (2007). Inženirska geologija I. Ljubljana, Slovenija: Naravoslovnotehniška fakulteta.

Senica, S. (2023). Zdaj imamo priložnost, da napak iz preteklosti ne ponavljamo. *Delo*.

Zakrajšek, T. (2. januar 2015). *Oblikovanje in vodenje učinkovitih timov: Belbinove timske vloge.* Prevzeto 10. januar 2024 iz spletno mesto psihologije dela: https://psihologijadela.com/2015/01/02/oblikovanje-in-vodenje-ucinkovitih-timov-belbinove-timske-vloge/