



**Geološko rudarski elaborat sočasne ureditve vzhodnih brežin
kamnoloma Červivec ter izvedbe razširitve vozišča lokalne ceste
LC 399211**

Investitor/Naročnik :

GMP LUZAR Škocjan, nizke gradnje d.o.o.
Škocjan 72, 8275 Škocjan

Arh.št.: GR 3/20 DB
Datum: 31.07.2020
Obdelal: Domen Bajec, univ. dipl. inž. geol.

DOMEN BAJEC
univ.dipl.inž.geol.
IZS RG0199

Bajec

Direktor: Željko Sternad, u.d.i.r. in geotehnol.



Sternad

KAZALO VSEBINE

1.	UVOD.....	3
2.	GEOLOGIJA OBRAVNAVANEGA OZEMLJA.....	3
3.	SEIZMIČNOST TERENA	4
4.	3D POGLED KAMNOLOMA	5
5.	TERENSKA RAZISKAVE	5
5.1	Inženirsko geološko kartiranje in preiskave vzhodnih brežin kamnoloma	5
5.2	Določitev geološkega trdnostnega indeksa - GSI	7
5.3	Enosna tlačna trdnost kamnine – σ_c (sklerometer).....	7
6.	POSPLOŠEN HOEKOV IN BROWNOV PORUŠITVENI KRITERIJ	8
7.	IZBIRA KRITIČNIH PROFILOV ZA IZRAČUN STABILNOSTNH ANALIZ	9
8.	PREDLOG UREDITVE IN RAZŠIRITVE NOVE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE	10
9.	PROSTORSKE STABILNOSTNE ANALIZE S PROGRAMOM ROCSCIENCE SLIDE.....	11
9.1	Geomehanski parametri geoloških slojev	11
9.2	Uporabljen računalniški program za izračun stabilnosti ter metoda porušitve.....	11
9.3	Predpisane zahteve pri izračunu stabilnosti za sanacijo vzhodnih brežin v kamnolomu.....	11
9.4	Predpisane zahteve pri izračunu stabilnosti novega cestišča s prometno obremenitvijo	12
9.5	Stabilnostna analiza saniranih brežin v vzhodnem delu kamnoloma po profilu PP1.....	12
9.6	Stabilnostna analiza novega znižanega cestišča s prometno obremenitvijo po profilu PP2.	12
9.7	Stabilnostna analiza novega znižanega cestišča s prometno obremenitvijo po profilu PP2 ob močnejšem potresu	13
10.	ZAKLJUČEK	13
11.	LITERATURA.....	14
12.	PRILOGE	14

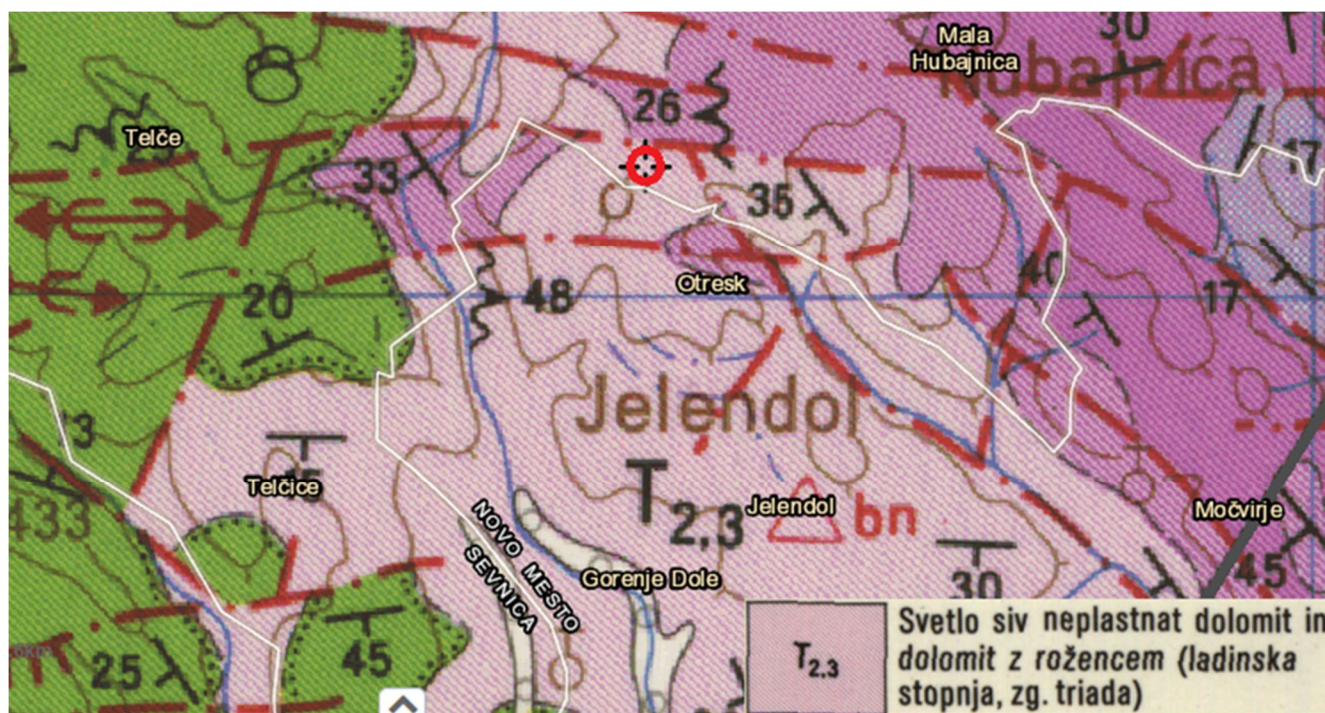
1. UVOD

Kamnolom Červivec se nahaja v občini Sevnica, njegov skrajno južni del pa že meji na občino Škocjan. V kamnolomu koncesionar GMP LUZAR Škocjan, nizke gradnje d.o.o. pridobiva tehnični kamen – dolomit. Podjetje ACER d.o.o., je pripravljalec (6) šestih sprememb in dopolnitev Odloka o Občinskem prostorskem načrtu Občine Sevnica (SD OPN 6). Z nameravano spremembo OPN se bo zagotovilo ustrezne zaloge dolomita v kamnolomu Červivec in s tem zadostilo pogoju za nadaljevanje gospodarske dejavnosti podjetja GMP Luzar Škocjan d.o.o. V okviru spremembe OPN je predvidena sprememba namenske rabe prostora iz primarne rabe v površine nadzemnega pridobivalnega prostora (LN) na podlagi razvojne pobude za razvoj in širitev obstoječega kamnoloma Červivec. Poleg tega se bosta na razširjeni površini LN opredelili dve območji za vzpostavitev nadomestnega habitata za rastlinsko vrsto navadni kosmatinec, kjer se ohrani oz. vzpostavi namenska raba K2 ter opredelijo posebni prostorski izvedbeni pogoji. V sklopu celotne ureditve se bo izvedla tudi razširitev vozišča lokalne ceste LC 399211 ter dveh priključkov.

Obstoječa cesta LC 399211 poteka tik ob skrajnih vzhodnih brežinah kamnoloma Červivec. V teku se odvija tudi že sanacija vzhodnih brežin kamnoloma kjer je koncesionar iz osnovnega platoja že začel z izvedbo podpornega nasipa s katerim se bo dosegla trajna stabilizacija brežin ter dodatna statična podpora zgornji cesti.

V aprilu 2020 smo v podjetju Geostern izvedli inženirsko geološko kartiranje kamnoloma Červivec, pregled širšega območja, terenske preiskave hribine ter izračun stabilnosti za končno sanirano stanje vzhodnih brežin kamnoloma po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije in izračun stabilnosti novega cestišča s prometno obremenitvijo.

2. GEOLOGIJA OBRAVNAVANEGA OZEMLJA



Slika 1: Izsek iz geološke karte Slovenije; List Novo mesto 1 : 100.000 (Ni v merilu!).

Geologijo obravnavanega ozemlja kamnoloma Červivec označuje rdeč krožec, ki ga po Osnovni geološki karti (list Novo mesto) predstavljajo srednje do zgornje triasne kamnine ladinijske stopnje $T_{2,3}$, ki jih predstavlja svetlo siv neplastnat dolomit in dolomit z rožencem.

Med dolino Save na severu in Bučko na jugovzhodu leži nad anizijskim dolomitom trd neplastovit dolomit, ki je mestoma debelo plastovit. Okoli 1000 m debel dolomit je svetlo sive barve in je debelo kristalen. Nejasni ostanki diplopor se v kamnini nahajajo pri Bučki in Dolah, v zgornjem delu se nahajajo pole črnega roženca. V dolomitu se nahajajo tudi večje leče skrilavega tufa zelenkaste in vijoličaste barve ter polami silificiranega tufa in roženca. Zaradi podobnosti z Baškim dolomitom in vsebnosti tufa in roženca, je kamnina uvrščena v ladinijsko stopnjo in deloma v zgornji trias.

V širši okolici kamnoloma se nahajajo tudi siv plastnat dolomit, tuf in tufit, argilit, apnenec in silificiran apnenec, dolomitna breča in konglomerat triasne T_2^2 starosti (ladinij) na severu in zahodu; rjav in zelen lapor, peščen lapor, lapornati apnenec in siv ali rdeč ploščast apnenec z vložki apnene breče kredne K_2 starosti (cenoman, turon in senon) na severu, zahodu, jugu in vzhodu; svetlo siv plastnat in neplastnat dolomit z vključki apnenca triasne T_2^1 starosti (anizij) na vzhodu ter dolomit s plastmi laporja, oolitni apnenec, siv apnenec, peščenjak in argilit triasne starosti T_1 (skit) na vzhodu.

Obravnavano območje spada v skrajni južni rob Posavskih gub, kjer se strukturni elementi mešajo z elementi Zunanjih dinaridov. Zahodno območje, imenovano mokronoško nagubano območje, predstavljajo predvsem triasne kamnine, ki so močno nagubane z osjo gub zahod – vzhod, na jugu pa gube transgredirajo in vsebujejo kredne pelagične sedimente. Na vzhodu se nahaja gruda krškega hribovja, ki jo predstavljajo triasne kamnine, preko katerih so odloženi kredni pelagični sedimenti. Enoti sta ločeni z ostro mejo škocjanskega preloma, na obeh pa pri Krmelju opazimo erozijske ostanke terciarne krmeljske kadunje s sinklinalno zgradbo. Gube v triasnih kamninah so dinarsko usmerjene, gube v zgornje krednih pa imajo alpsko usmerjenost.

3. SEIZMIČNOST TERENA

Obravnavano območje se uvršča v VIII. stopnjo seizmične intenzitete po EMS lestvici (European Macroseismic Scale). V tem območju lahko pričakujemo seizmične pospeške do 0,175 g. Podatke povzemamo po karti makroseizmičnih intenzitet Slovenije za povratno dobo potresov 475 let in po karti projektnih pospeškov potresov a_g . (vir <http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki/>).

Za prostorsko in urbanistično načrtovanje in za potresno varno projektiranje se uporablja karto projektnega pospeška a_g . Kategorizacija upošteva litološko sestavo tal, inženirsko geološke lastnosti kamnin, tektonske značilnosti in morfološke značilnosti. V skladu z Eurokodom 8 uvrščamo tla na območju projektirane trase v naslednje tipe tal.

Tip tal	Opis stratigrafskega profila	Parametri		
		vs,30 [m/s]	NSPT[udarcev/30 cm]	cu [kPa]
A	Skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala	>800	-	-

Tabela 1: Razvrstitev tal v območju projektirane trase.

4. 3D POGLED KAMNOLOMA



Slika 2: 3D pogled kamnoloma (zarotirano).

5. TERENSKE RAZISKAVE

Aprila 2020 smo območje kamnoloma Červivec inženirsko geološko skartirali ter izvedli terenske preiskave. Osredotočili smo se predvsem na obstoječe strme brežine kamnoloma na njegovem vzhodnem delu, ki potekajo ob lokalni cesti LC 399211.

Izvedene geološke raziskave vzhodnega dela kamnoloma Červivec so prikazane na grafični prilogi 1 - Rezultati inženirsko geološkega kartiranja in terenskih preiskav vzhodnega dela kamnoloma Červivec v merilu 1 : 1.000.

5.1 Inženirsko geološko kartiranje in preiskave vzhodnih brežin kamnoloma

Kamnino v kamnolomu predstavlja siv dolomit, ki ne reagira z 10% HCl kislino. Kamnina je glede na podatke OGK (list Novo mesto) srednje do zgornje triasne starosti $T_{2,3}$ ladinjske stopnje. Dolomit je tektonsko poškodovan, mestoma močneje razpokan, spet drugod pa se v brežinah pojavljajo večji kompaktnější nepoškodovani bloki.

Zaradi tektonike in procesov preperevanja dolomit po površini razpada v manjše kose velikosti 1 - 10 cm, ti kosi se krušijo iz izpadajo iz brežin. Obstoječe brežine vzhodnega dela kamnoloma so sicer generalno stabilne, iz njih razen omenjenega krušenja manjših kosov ni vidnih večjih izpadov blokov ter porušitev.

Na vzhodnih brežinah kamnoloma je koncesionar iz osnovnega platoja že začel z izvedbo podpornega nasipa s katerim se bo dosegla trajna stabilizacija brežin ter dodatna statična podpora zgornji cesti.

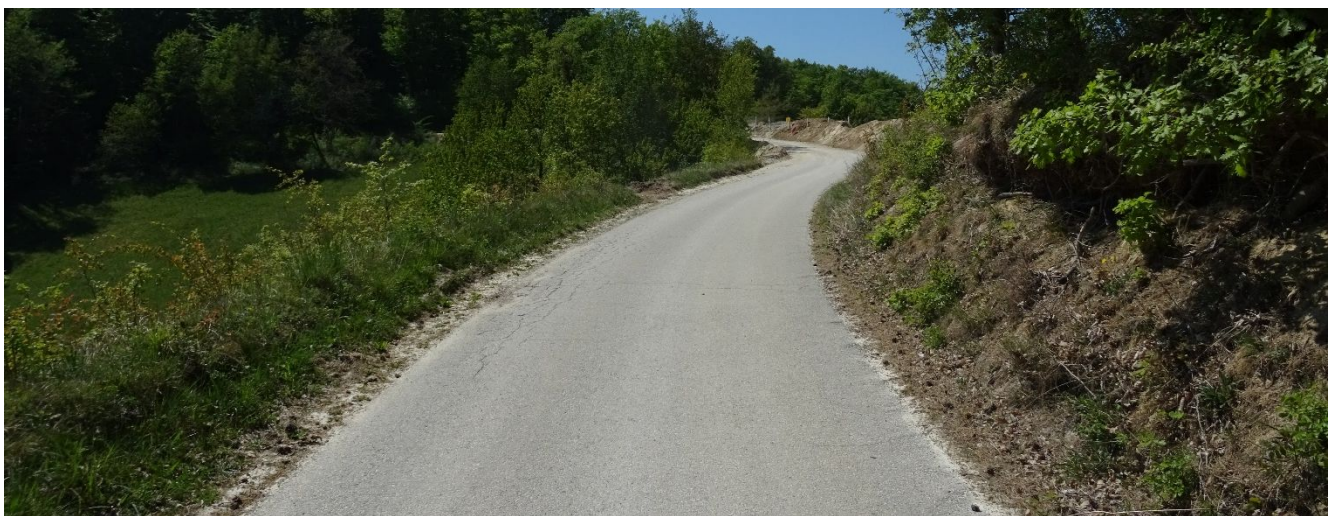
Kamnina je razpokana z več sistemi razpok ter posameznimi razpokami, ki tvorijo manjše bloke kubičnih in bloke nepravilnih oblik, različnih volumnov. Izmerjeni vpadi razpok znašajo 347/66, 280/70, 78/60, 51/18, 310/45, 234/80, 145/31, 42/78 ter 340/70. Večina razpok je zaprtih ali odprtih le do nekaj mm. V času kartiranja iz razpok ni bilo opaznega izcejanja vode.

Obstoječa lokalna cesta LC 399211 je bila v času kartiranja stabilna, brez večjih razpok in posedkov, ki bi lahko nakazovali na nestabilnost območja. Posamezne manjše razpoke so najverjetneje posledica same dotrajanosti ceste.

Vzhodno od kamnoloma in same ceste se nahaja manjša grapa, ki je nastala kot posledica stihijskega odkopavanja dolomita v preteklosti.



Slika 3: Obstoječe vzhodne brežine kamnoloma Červivec.



Slika 4: Obstoječa lokalna cesta LC 399211.

5.2 Določitev geološkega trdnostnega indeksa - GSI

Geološki trdnostni indeks se določa vizualno s primerjavo strukture in lastnosti površin diskontinuitet. Določimo ga glede na strukturo – GSI upada navpično navzdol, od masivne vse do razpadle in laminirane strukture ter glede na upadanje površine kvalitete, ta se manjša z leve proti desni.

Geološki trdnosti indeks za dolomit smo določili na treh različnih mestih. Vrednosti GSI se med seboj razlikujejo glede na različno tektonsko poškodovanost hribine, različno število sistemov razpok ter glede na različno površinsko kvaliteto razpok - preperelost. Struktura dolomitne hribine je poškodovana in jo predstavljajo več sistemov razpok, ki tvorijo manjše ostre bloke nepravilnih oblik, različnih volumnov. Površinska kvaliteta razpok je zadovoljiva.

Vrednosti GSI v dolomitu so znašale: $GSI = 40$, $GSI = 35$ in $GSI = 38$. Povprečno vrednost geološkega trdnostnega indeksa smo zaradi ocenjenih vrednosti zaokrožili, tako da znaša **$GSI = 38$** .



Slika 5: $GSI = 38$ za razpokan dolomit.

5.3 Enosna tlačna trdnost kamnine – σ_c (sklerometer)

Enosno tlačno trdnost vzorcev ugotavljamo z enosnim tlačnim preizkusom, ki je posebna oblika nekonsolidirane - nedrenirane triosne preiskave. V primeru, da je hribina zelo razpokana in ne moremo izvesti enosne preiskave se lahko poslužimo alternative, ki jo predstavlja točkovni trdnosti indeks. V kolikor želim hitro določiti okvirno vrednost enosne tlačne trdnosti kamnine kar na samem terenu se poslužujemo meritve s Schmidtovim kladivom - sklerometrom.

Meritve enosne tlačne trdnosti smo tako izvedli na terenu s sklerometrom L-type z udarno energijo 0,74 Nm.

Na izmerjenih stenah razpok iz dolomita smo dobili sledeče rezultate enosne tlačne trdnosti σ_c : 20 MPa, 31 MPa, 64 MPa, 35 MPa, 23 MPa, 27 MPa, 36 MPa in 46 MPa. Povprečna vrednost enosne tlačne trdnosti dolomitne hribine znaša **$\sigma_c = 35$ MPa**.

6. POSPLOŠEN HOEKOV IN BROWNOV PORUŠITVENI KRITERIJ

Posplošen Hoek-Brown porušitveni kriterij (Hoek, Carranza – Torres in Corkum, 2002 in Hoek, Diederich, 2005) smo uporabili za določitev trdnostno deformacijskih parametrov razpokane hribine vzhodnih brežin kamnoloma Červivec.

Hoek & Brown sta za razpokane hribinske mase razvila enačbo za posplošen porušitveni kriterij, kjer sta σ_1 in σ_3 glavni efektivni napetosti pri porušitvi, Q_c je enoosna tlačna trdnost, m_i pa je konstanta odvisna od povezanosti kristalne zgradbe kamnine.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + Q_c \left(m_b \frac{\sigma_3}{Q_c} + s \right)^a,$$

v enačbi sta s in a konstanti odvisni od karakteristik hribinske mase, določi se ju na podlagi geološkega trdnostnega indeksa GSI. Za nepoškodovane intaktne vzorce je $s = 1$, popolnoma pretrta, razpadla kamnina pa ima $s = 0$.

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right),$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3}),$$

m_b predstavlja reducirano vrednost konstante m_i in je podana z enačbo;

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right).$$

Za izračun smo uporabili računalniški program RocLab (verzija 1.033), ki upošteva tudi faktor poškodovanosti hribine, bodisi zaradi miniranja, bodisi zaradi strojnega izkopa. Pri določitvi smo upoštevali izračun za brežine z upoštevanjem faktorja poškodovanosti pri miniranju $> D = 0,8$. Na podlagi tabele za določitev vrste in teksture hribine smo hribini določili konstanto $> m_i = 8$ za dolomit. Na podlagi podrobnega inženirsko geološkega kartiranja in meritev razpok smo hribinski masi določili geološki trdnostni indeks $> GSI = 38$. Za enoosno tlačno trdnost celotne hribinske mase smo upoštevali povprečno vrednost enoosne tlačne trdnosti izmerjene s sklerometrom $> Q_c = 35$ MPa. Specifična teža dolomita je bila vzeta na podlagi izkušenj in znaša $> \gamma = 26,0$ kN/m³.

Na podlagi danih vrednosti smo nato s programom Roclab izračunali sledeče trdnostno deformacijske parametre za strižno trdnost razpokanega dolomita:

> strižni kot: $\phi = 31,13^\circ$,

> kohezija: $c = 0,162$ MPa,

> modul elastičnosti hribine: $E_i = 14.875$ MPa,

> modul elastičnosti hribinske mase pri deformacijskem popuščanju hribine: $E_d = 685,59$ MPa.

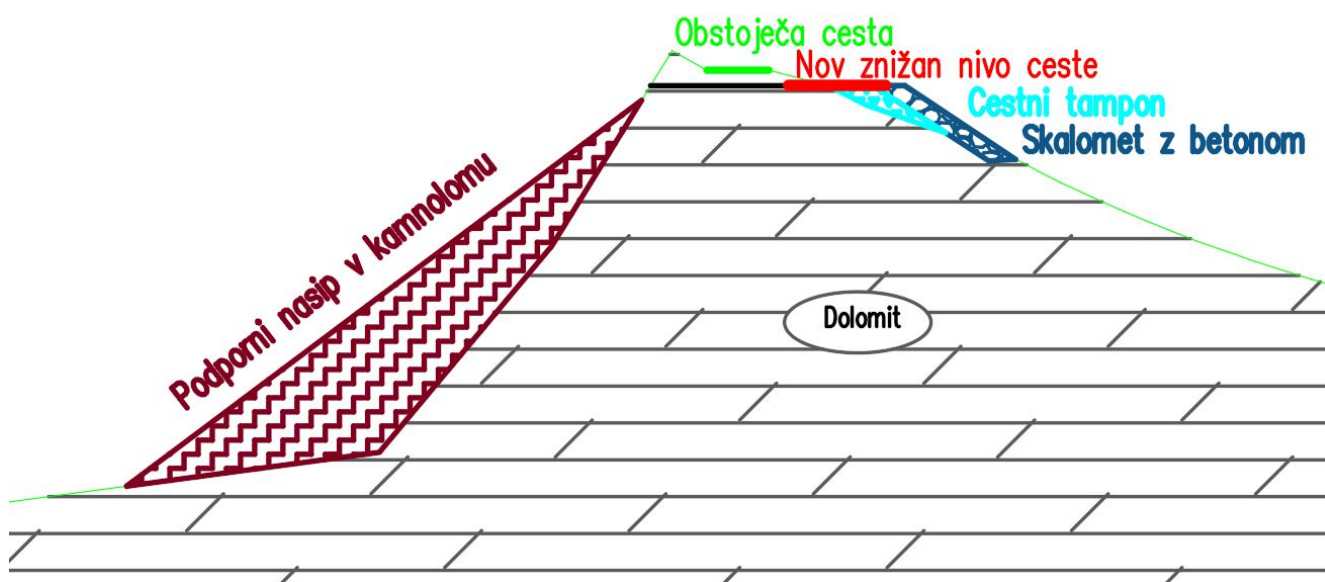
Za nadaljnje stabilnostne analize smo tako upoštevali geomehanske parametre, navedene v tabeli 2. Rezultati hribinskih trdnostnih parametrov (RocLab 1.033) so podani na prilogi 2.

	Specifična teža γ [kN/m ³]	Enoosna tlačna trdnost Q_c [MPa]	Geološki trdnostni indeks GSI	Vrednost m_i (dolomit)	Faktor poškodovanosti brežine D (dobro miniranje)
Posplošen Hoek-Brown materialni model za razpokan dolomit	26,0	35	38	8	0,8
Mohr-Coulomb-ov materialni model za strižno trdnost ob razpokah	Strižni kot ϕ [°]		Kohezija c [kPa]		
	32,1		162		

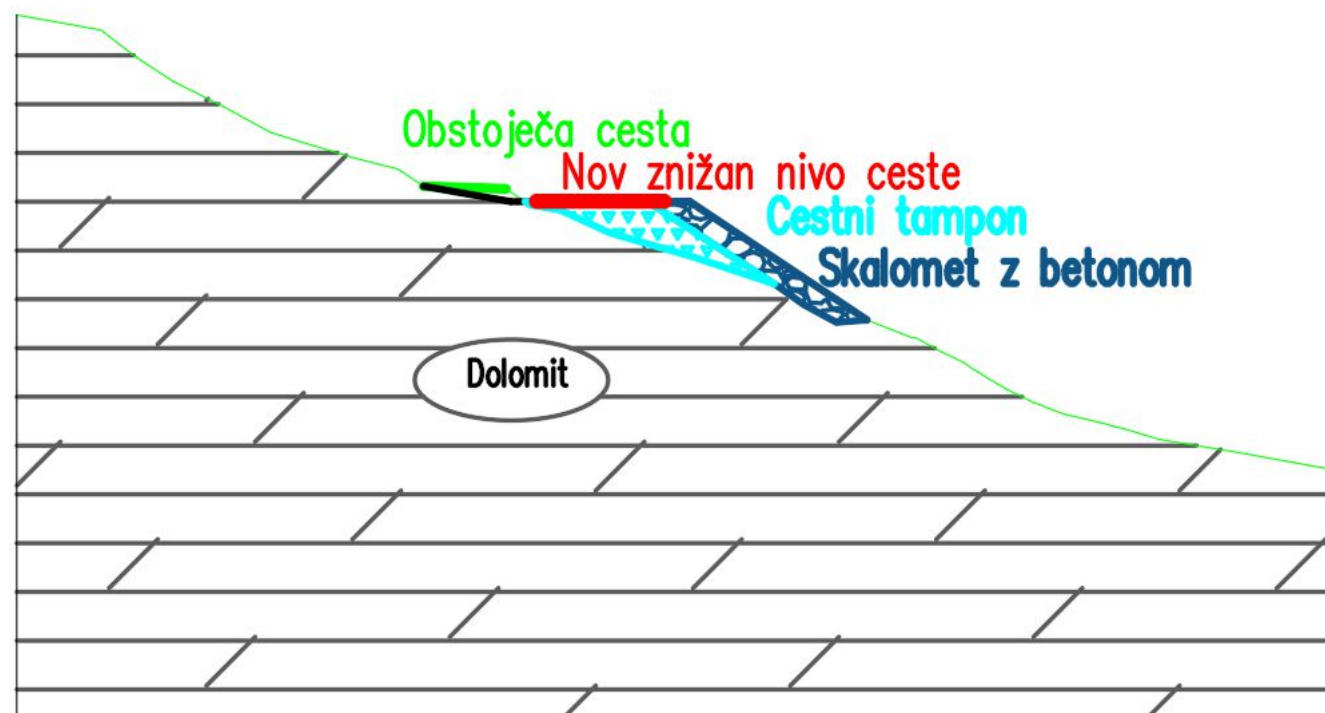
Tabela 2: Geomehanski parametri razpokanega dolomita na vzhodnih brežinah.

7. IZBIRA KRITIČNIH PROFILOV ZA IZRAČUN STABILNOSTNIH ANALIZ

Stabilnosti smo preverili na podlagi geodetskega posnetka ter profilih, ki jih je izdelalo podjetje ACER d.o.o. Izračun stabilnosti za končno sanirano stanje vzhodnih brežin kamnoloma s podpornim nasipom je bil napravljen po profilu PP1. Izračuna stabilnosti novega znižanega cestišča s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije pa sta bila izvedena po profilu PP2. Lokaciji poteka obeh profilov sta prikazani na prilogi 1.



Slika 6: Profil PP1 za izračun stabilnosti saniranih vzhodnih brežin kamnoloma Črničev.

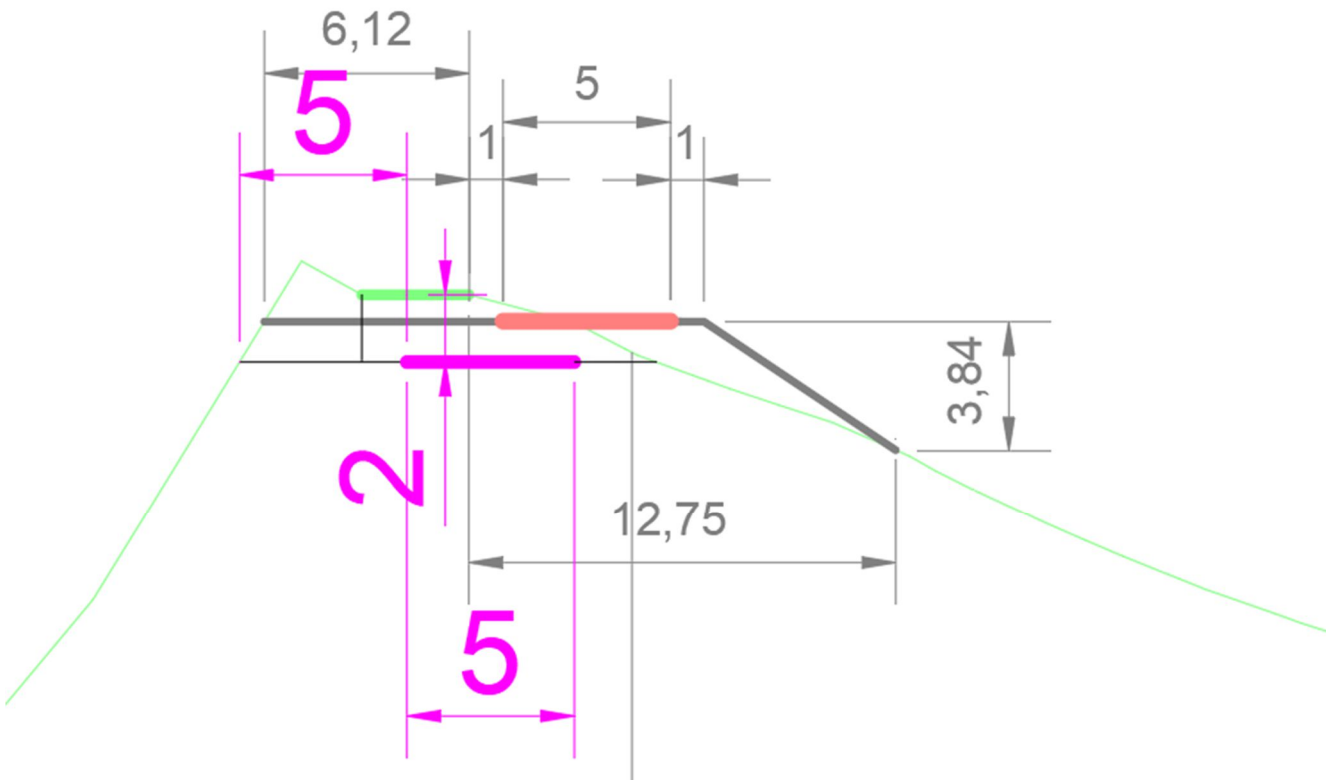


Slika 7: Profil PP2 za izračun stabilnosti novega znižanega cestišča s prometno obremenitvijo.

8. PREDLOG UREDITVE IN RAZŠIRITVE NOVE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE

Pri predlogu ureditve in razširitve nove voziščne konstrukcije na lokalni cesti LC 399211 smo v sodelovanju s podjetjem ACER d.o.o. pripravili sledeče usmeritve v sedanji fazi SD OPN 6 gledano z geološko - rudarskega vidika:

- Kota obstoječega cestišča se zniža za cca. 0,8 m ter se izvede njegova deviacija proti vzhodu.
- S tem se pridobi prostor za širši plato na katerem se bo lahko izvedlo razširitev ceste.
- Z znižanjem kote cestišča ter deviacijo proti vzhodu se ustreže zahtevanemu 5 metrskemu varovalnem pasu od roba kamnoloma do roba novega cestišča.
- Z deviacijo nove ceste se le-ta pomakne proti vzhodu, tako da je potrebno na njenem vzhodnem delu izvesti ustrezen tamponski nasip višine do 4,0 m v naklonu do 35°.
- Za zagotovitev trajne stabilnosti tako novega tamponskega nasipa kot nove ceste se na spodnji vzhodni strani izvede utrjen skalomet (večje skale zapolnjene z betonom).
- Odkopan material (dolomit), ki se pridobi z znižanjem terena se uporabi za izvedbo tamponskega nasipa ter skalometa.
- Na območju, kjer se nahaja manjša grapa se novo cestišče zavaruje s kamnito zložbo dolžine cca. 15 m.
- V naslednji fazi priprave projektne dokumentacije ureditve cestišča za gradbeno fazo DGD-PZI bi veljalo razmisliti o večjem znižanju kote cestišča za skupno do 2,0 m. S tem ukrepom nastane širši plato. Rob obstoječega kamnoloma se pomakne proti zahodu. Tako pridobimo dovolj prostora za izvedbo nove ceste brez potrebne izvedbe novega nasipa na spodnji (vzhodni) strani, obenem pa zadostimo zahtevanemu 5 metrskemu varovalnem pasu ceste od roba kamnoloma. S tem dosežemo minimalen poseg v okolje, optimizacijo stroškov ter dolgoročno stabilnost, obenem pa tudi ni več potrebe po izvedbi skalometa.



Slika 8: Predlog znižanja kote cestišča za 2,0 m za gradbeno fazo DGD-PZI.

9. PROSTORSKE STABILNOSTNE ANALIZE S PROGRAMOM ROCSCIENCE SLIDE

9.1 Geomehanski parametri geoloških slojev

Za potrebe stabilnostnih analiz smo glede na geološko sestavo in strukturo ter izvedene terenske preiskave uporabili geomehanske karakteristike Posplošenega Hoek-Brown materialnega modela za razpokano brežino iz dolomita iz tabele 2.

Geomehanske karakteristike podpornega nasipa v kamnolomu, cestnega tampona ter skalometa z betonom smo privzeli na podlagi izkušenj in podatkov iz literature. Podpornemu nasipu smo zaradi večje vsebnosti primesi kohezivne glinice dodali minimalno kohezijo $c = 5,0$ kPa.

	Specifična teža γ [kN/m ³]	Strižni kot ϕ [°]	Kohezija c [kPa]
Podporni nasip v kamnolomu	20,0	37,0	5,0
Cestni tampon	21,0	39,0	2,0
Skalomet z betonom	25,0	45,0	20,0

Tabela 3: Geomehanski parametri umetno izvedenih slojev.

9.2 Uporabljen računalniški program za izračun stabilnosti ter metoda porušitve

Za izračun stabilnostnih analiz smo uporabili računalniški program Rocscience Slide (verzija 6.036). Slide je program za preračunavanje stabilnosti drsin, predvsem varnosti drsin in možnosti porušitve krožnih in poligonalnih drsin v zemljini in kamnitih pobočjih. S programom se lahko razmeroma hitro obdelajo kompleksni 2D modeli. V modelu se lahko upošteva tudi zunanja obtežba, prometna obtežba, podtalna voda, seizmični pospešek tal in različni podporni ukrepi.

Za izračun stabilnosti smo uporabili metodo ne-krožnega zdrsa (Auto Refine Search) po drsni ploskvi po metodi Bishop-a.

V stabilnostnih analizah smo simulirali dinamično prometno obtežbo, ki se pojavlja pri vožnji težke prometne mehanizacije po cestišču. Na novo izvedeno voziščno konstrukcijo smo dodali maksimalno linijsko prometno obtežbo velikosti $16,5$ kN/m².

9.3 Predpisane zahteve pri izračunu stabilnosti za sanacijo vzhodnih brežin v kamnolomu

Pri izračunu stabilnosti smo upoštevali faktorje varnosti, ki so predpisani po Pravilniku o zahtevah za zagotavljanje varnosti zdravja pri delu in tehničnih ukrepih za dela pri raziskovanju in izkoriščanju mineralnih surovin na površinskih kopih (Uradni list RS št. 21/2019 z dne 4.4.2019).

Za izračun projektirane končne brežine v trdni kamnini na kopu smo uporabili predpisane vrednosti varnostnega koeficienta F iz preglednice št. 5 iz Priloge 2 tega pravilnika.":

- za **končno brežino kopa** je predpisan varnostni koeficient **$F = 1,30 - 1,50$** .

9.4 Predpisane zahteve pri izračunu stabilnosti novega cestišča s prometno obremenitvijo

Izvedba novega cestišča je gradbeni poseg, tako da smo v skladu s priporočili geotehničnih standardov Eurocode 7 za spremenljive geološko geomehanske pogoje v analizi upoštevali tudi delne varnostne faktorje. Uporabili smo projektiran pristop – Design Approach 3, ki upošteva delne varnostne koeficiente navedene v tabeli 4.

Partial Factors		
Permanent Actions (A)		
Unfavourable	γ_G	1
Favourable	γ_G	1
Variable Actions (A)		
Unfavourable	γ_Q	1.3
Favourable	γ_Q	0
Material Parameters (M)		
Effective cohesion	$\gamma_{c'}$	1.25
Coefficient of shearing resistance	$\gamma_{\phi'}$	1.25
Undrained strength	γ_{Cu}	1.4
Weight density	γ_Y	1
Shear strength (other models)		1.25
Resistance (R)		
Earth resistance	γ_{Re}	1
Anchorage (R)		
Tensile and Plate strength	γ_a	1
Shear strength	γ_a	1
Compressive strength	γ_a	1
Bond strength	γ_a	1
Seismic		
Seismic Coefficient		1

Tabela 4: Uporabljeni delni varnostni koeficienti po projektiranem pristopu – Design Approach 3.

9.5 Stabilnostna analiza saniranih brežin v vzhodnem delu kamnoloma po profilu PP1

S stabilnostno analizo brežin v vzhodnem delu kamnoloma po profilu PP1 smo dobili varnostni koeficient **F = 1,307**, ki ustreza predpisanemu $F \geq 1,30 - 1,50$ in zagotavlja stabilnost saniranih brežin z izvedenim podpornim nasipom. Analiza pokaže, da bodo vzhodne brežine kamnoloma Červivec po sanaciji globalno stabilne in ne bodo ogrožale novega znižanega cestišča s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije na lokalni cesti LC 399211.

Rezultat stabilnostne analize vzhodnih brežin kamnoloma Červivec po izvedeni sanaciji s podpornim nasipom po profilu PP1 s programom Rocscience Slide v je prikazan v Prilogi 3.

9.6 Stabilnostna analiza novega znižanega cestišča s prometno obremenitvijo po profilu PP2

S stabilnostno analizo novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije po profilu PP2 smo dobili varnostni koeficient **F = 1,781**, ki je večji od predpisanega zagotovitev stabilnosti ($FS = 1$ po Eurocode 7 - Design Approach 3). Stabilnostna analiza pokaže, da je takšna sanacija na lokalni cesti LC 399211 ustrezna.

Rezultat stabilnostne analize novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije po profilu PP2 napravljen s programom Rocscience Slide v je prikazan v Prilogi 4.

9.7 Stabilnostna analiza novega znižanega cestišča s prometno obremenitvijo po profilu PP2 ob močnejšem potresu

Na obravnavanem območju lahko po karti projektnega pospeška a_g pričakujemo pospeške do 0,175 g. V tej zadnji stabilnostni analizi smo tako upoštevali obremenitve tal, ki nastanejo ob močnejšem potresu. V simulaciji potresa smo skladno s priporočili SIST EN 1998-1:2006 uporabili sledeče koeficiente vertikalne ter horizontalne seizmične obremenitve:

$$- a_h = 0,5 \times a_g = 0,0875,$$

$$- a_v = 0,25 \times a_g = 0,04375.$$

V simulaciji močnejšega potresa novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije po profilu PP2 smo dobili varnostni koeficient **FS = 1,529**, ki je večji od predpisanega zagotovitev stabilnosti (FS = 1 po Eurocode 7 - Design Approach 3). Simulacija pokaže, da predvidena sanacija na lokalni cesti LC 399211 ustrezna v primeru močnega potresa.

Rezultat stabilnostne analize močnejšega potresa novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije po profilu PP2 napravljen s programom Rocscience Slide v je prikazan v Prilogi 5.

10. ZAKLJUČEK

Na podlagi rezultatov prostorskih stabilnostnih analiz ugotavljamo, da bo novo znižano cestišče lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije stabilno. Prav tako bodo vzhodne brežine kamnoloma Červivec po sanaciji s podpornim nasipom globalno stabilne in ne bodo ogrožale novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211. Z znižanjem kote cestišča ter njeno deviacijo proti vzhodu se ustreže zahtevanemu 5 metrskem varovalnem pasu od roba kamnoloma do roba novega cestišča. V naslednji fazi priprave projektne dokumentacije ureditve cestišča za gradbeno fazo DGD-PZI se lahko izvede delne modifikacije in ureditve novega cestišča.

Končni rezultati stabilnostnih analiz so podani v tabeli 5.

Stabilnostna analiza	Priloga	Profil	Robni pogoj	Zahtevan faktor varnosti	Dobljen faktor varnosti
Vzhodnih brežin kamnoloma Červivec po izvedeni sanaciji s podpornim nasipom	Priloga 3	PP1	Prometna obtežba	$F \geq 1,30 - 1,50$	$F = 1,307$
Novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije	Priloga 4	PP2	Prometna obtežba	$FS \geq 1$ (Design Approach 3)	$FS = 1,781$
Močnejšega potresa novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije	Priloga 5	PP2	Prometna obtežba + močnejši potres	$FS \geq 1$ (Design Approach 3)	$FS = 1,529$

Tabela 5: Končni rezultati stabilnostnih analiz

11. LITERATURA

- Pleničar, M & Premru, U. 1977: Osnovna geološka karta SFRJ, list Novo Mesto 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Pleničar, M & Premru, U. 1970: Tolmač lista Novo Mesto, Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Hudson, J. A. and Harrison, J. P. (1997), Engineering rock Mechanics: An introduction to the principles. Published by Elsevier Science Ltd. 444pp.
- BARTON, N.R. Review of new shear strength criterion of rock joints. Engineering geology, Elsevier. 1973, Vol. 7, str. 287-332.
- BARTON, N. R. & CHOUBLEY, V. The shear strength of rock joints in theory and practice. – Rock Mechanics 10 (1-2). 1977, str. 1-54.
- BARTON, N. & STEPHANSON, O. Rock joints, Rotterdam, 2000.
- DUNCAN, C., WYLIE & CHRISTOPHER, W., MAH. Rock Slope Engineering. New York, 2004.
- HOEK, E. & BRAY, J.W. Rock Slope Engineering. London, 1974.
- HOEK, E., CARRANZA – TORRES, C. T., and CORKUM, B. Hoek. Brown failure criterion – 2002 edition. Proc. North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002.
- HOEK, E., DIEDERICHS, M. S. Empirical estimation of rock mass modulus – International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 43, 2005.
- INDRARATNA, B., HAQUE, A. Shear behaviour of rock joints. Rotterdam, 2000.
- OCEPEK, D. Trajno varovanje brežin pri gradnji skladišča naftnih derivatov Ortnek na podlagi hribinskih stabilnostnih analiz in elastoplastične analize napetostno deformacijskega stanja po metodi končnih elementov: magistrsko delo. Ljubljana, 2003.

12. PRILOGE

Priloga 1 - Rezultati inženirsko geološkega kartiranja in terenskih preiskav vzhodnega dela kamnoloma Červivec

Priloga 2 - Rezultat hribinskih trdnostnih parametrov razpokanega dolomita za vzhodno brežino (RocLab v 1.033)

Priloga 3 - Stabilnostna analiza vzhodnih brežin kamnoloma Červivec po izvedeni sanaciji s podpornim nasipom po profilu PP1 (Rocscience Slide)

Priloga 4 - Stabilnostna analiza novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije po profilu PP2 (Rocscience Slide)

Priloga 5 - Stabilnostna analiza močnejšega potresa novega znižanega cestišča lokalne ceste LC 399211 s prometno obremenitvijo po ureditvi in razširitvi nove voziščne konstrukcije po profilu PP2 (Rocscience Slide)