



UDRUŽENJE INŽENJERA
GEOTEHNIČARA U BIH

Sarajevo, 14/03/2023.

TUNELOGRADNJA U BIH KORIDOR Vc

TUNEL GOLUBINJA VOJKAN JOVIČIĆ

dr **Vojkan Jovičić**, dipl. ing. građ.
IRGO Consulting d.o.o. Ljubljana
Slovenija



Ovaj projekat finansira
Evropska unija



Sadržaj

1. Osnovni podaci
2. Geološki uslovi gradnje tunela
 - G1: Predpostavljena geologija
 - G21: Dodatne bušotine
 - Dodatne bušotine i iskop tunela
 - BIM (Block in matrix) geološka struktura
3. Posledice teških geoloških uslova na iskop tunela
4. Preduzete mere
 - Kratkoročne mere
 - Dugoročne mere
5. Zaključak

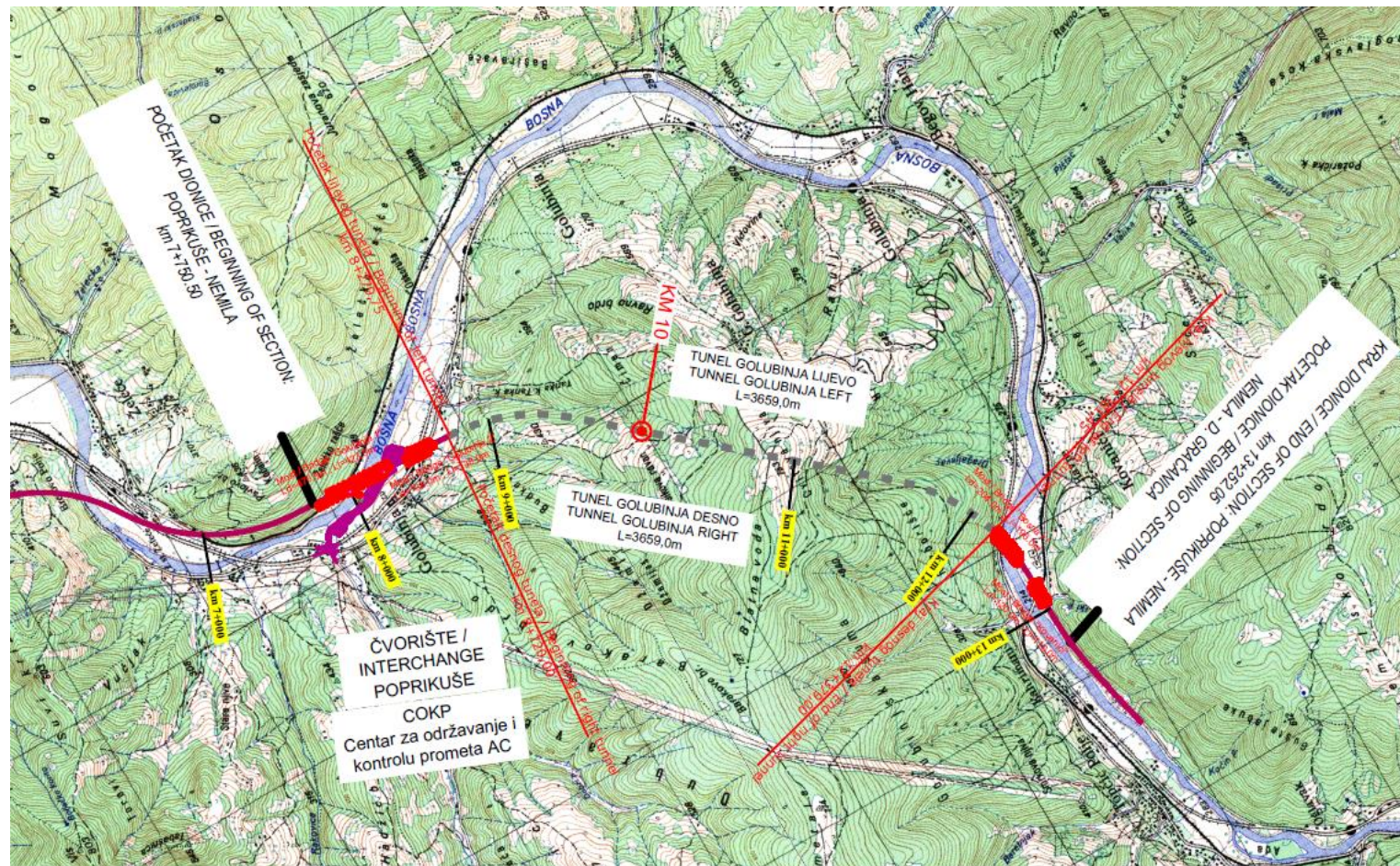


Izlazni, južni portal tunela Golubinja

<https://faktor.ba/vijest/poprikuse-nemila-pogledajte-kako-izgleda-najvece-gradiliste-na-koridoru-vc-/167419>

Osnovni podaci

- Tunel „Golubinja“ se izvodi sa dvije tunelske cijevi, na međusobnom razmaku osi cijevi od minimalno 25,0 m
- Predviđene ukupne dužine tunelskih cijevi, koje uključuju podzemni iskop i portalne građevine, su: leva i desna cijev L= 3659,00 m
- Gradnja na osnovu “žute sveske” FIDIC.
- Izvođač Čengiz; ponuda na osnovu Idejnog projekta tunela

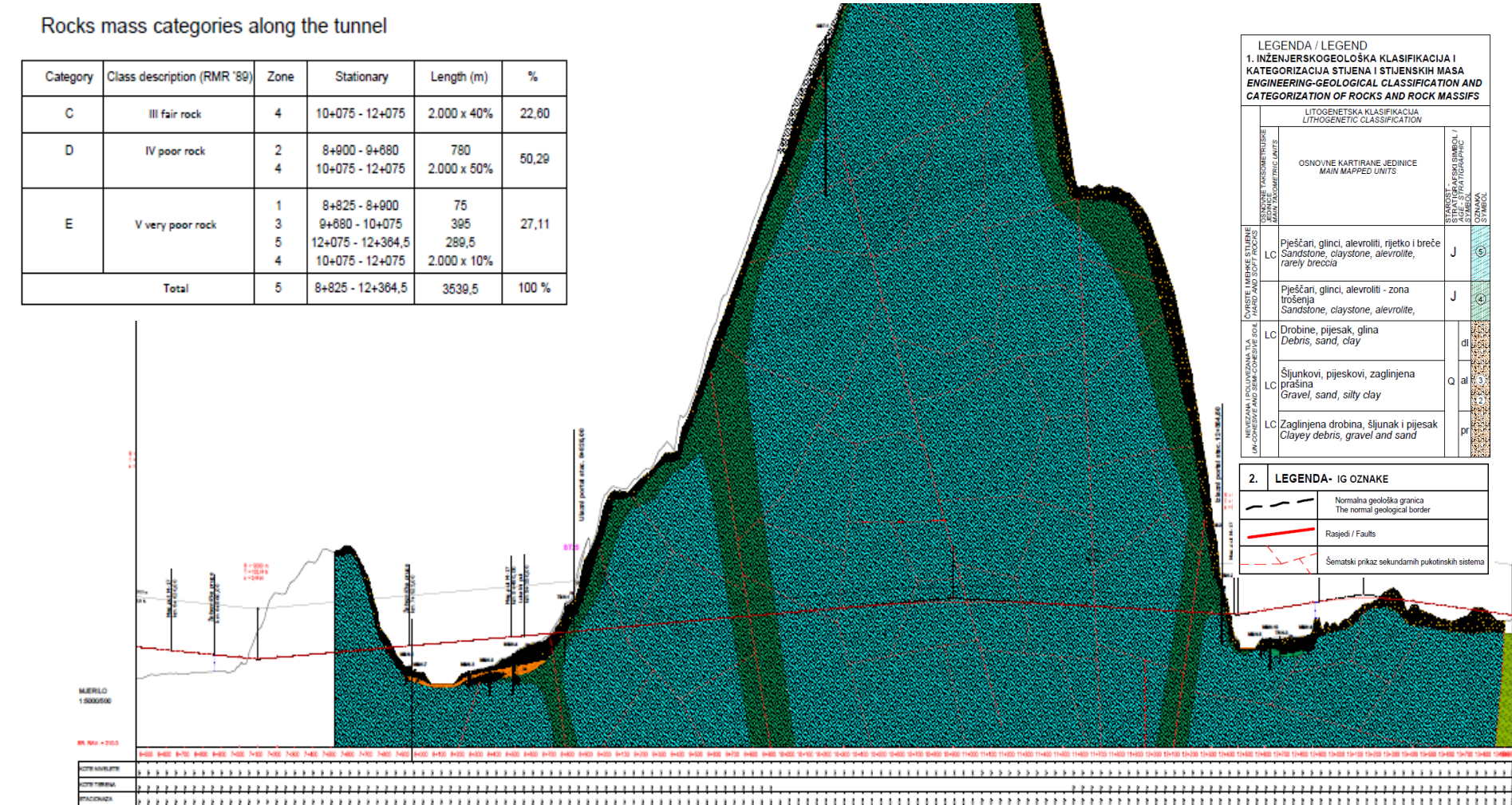


G1: Predpostavljena geologija

- Geološka struktura (dve sredine): 1. deluvijalne tvorevine (gline i zaglinjenim drobine) i 2. osnovna stenska masa (trošni i čvrsti pješčari u izmeni sa glincima).
- Pretpostavka: većina trase tunela se nalazi u stijenskoj masi III klase (54,95%) i IV klase (22,04%) prema RMR klasifikaciji; ulazni i izlazni portal tunela se nalaze u V klasi stijene (23,01%).
- Debljinu jurskog kompleksa nije bilo moguće odrediti; geološke granice su erodovane - diskordantne i tektonske

Rocks mass categories along the tunnel

Category	Class description (RMR '89)	Zone	Stationary	Length (m)	%
C	III fair rock	4	10+075 - 12+075	2.000 x 40%	22,80
D	IV poor rock	2	8+900 - 9+680	780	50,29
		4	10+075 - 12+075	2.000 x 50%	
E	V very poor rock	1	8+825 - 8+900	75	27,11
		3	9+680 - 10+075	395	
		5	12+075 - 12+364,5	289,5	
		4	10+075 - 12+075	2.000 x 10%	
Total		5	8+825 - 12+364,5	3539,5	100 %



LEGENDA / LEGEND
1. INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA I KATEGORIZACIJA STIJENA I STIJENSKIH MASA
ENGINEERING-GEOLOGICAL CLASSIFICATION AND CATEGORIZATION OF ROCKS AND ROCK MASSIFS

LITOGENETSKA KLASIFIKACIJA
 LITHOGENETIC CLASSIFICATION

OSNOVNE KARTIRANE JEDINICE
 MAIN MAPPED UNITS

OSNOVNE TAKSOMETRIČKE JEDINICE
 MAIN TAxOMETRIC UNITS

STIJENSKA STRATIIGRAFSKI SLOJEVI
 STRATIGRAPHIC LAYERS

OZNAKA
 SYMBOL

ČVRSTE I MIBRNE STIJENE FACIES TARD AND SOFT FACIES	LC	Pješčari, glinci, alevroliti, rijetko i breče Sandstone, claystone, alevrolite, rarely breccia	J	⑤
	LC	Pješčari, glinci, alevroliti - zona trošenja Sandstone, claystone, alevrolite, Sandstone, claystone, alevrolite,	J	④
NEVEZANA I POLUVEZANA TLA UNCONSOLIDATED AND SEMI-COCONSOLIDATED SOIL	LC	Drobine, pijesak, glina Debris, sand, clay	di	③
	LC	Šljunkovi, pijeskov, zaglinjena prašina Gravel, sand, silty clay	Q al	②
	LC	Zaglinjena drošina, šljunak i pijesak Clayey debris, gravel and sand	pr	①

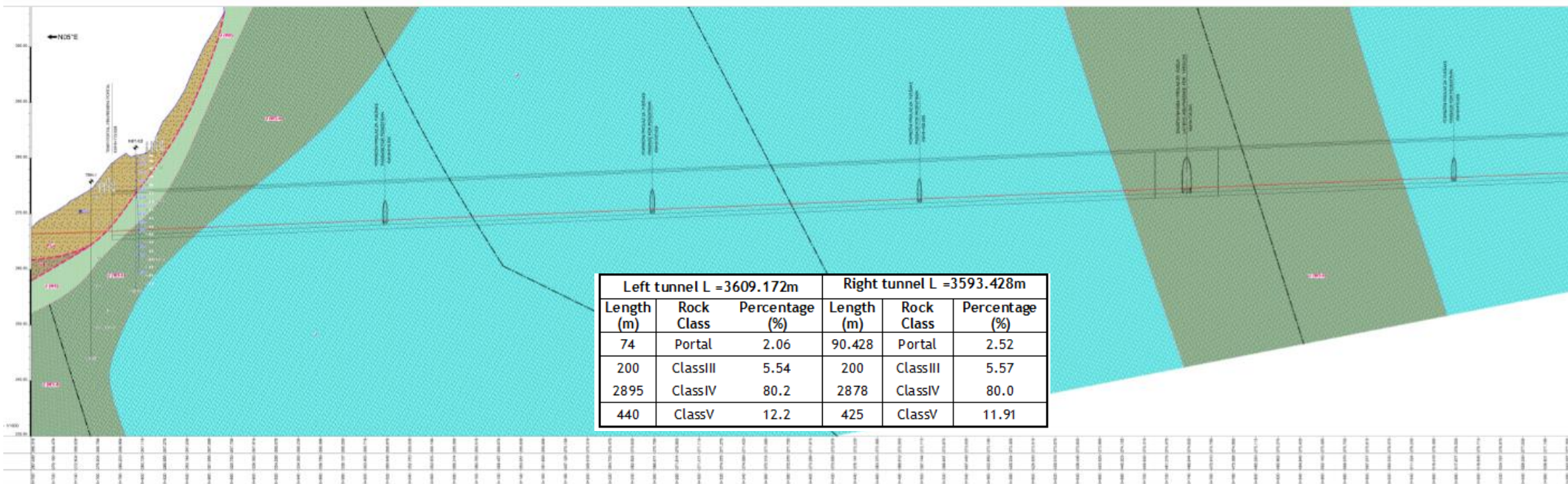
2. LEGENDA- IG OZNAKE

— Normalna geološka granica
 The normal geological border

— Rasedi / Faults

- - - Šematski prikaz sekundarnih pukotinskih sistema

G21: Dodatne bušotine



OBJAŠNJENJE / EXPLANATION

- pr** Zaglunjena drobina, šljunak i pijesak
Clayey debris, gravel and sand
- dl** Drobine, pijesak, glina
Debris, sand, clay
- PLs** Potencijalno Klizište
Potential Landslide

(JWS) Neraščlanjena dijabas - roznačka formacija: Grauvake, sub grauvake, glinci, škrljjevac, rožnaci, blokovi ultrabazita i amfibolita (vrlo-potpunovremenski)
Undifferentiated diabase - chert formation: greywacke, sub-greywacke, claystone, shale, hornblende, blocks of ultrabasic and amphibolite (highly-completely weathered)

(W3-4) Neraščlanjena dijabas - roznačka formacija: Grauvake, sub grauvake, glinci, škrljjevac, rožnaci, blokovi ultrabazita i amfibolita (umjerenno-vrlo vremenski) /
Undifferentiated diabase - chert formation: greywacke, sub-greywacke, claystone, shale, hornblende, blocks of ultrabasic and amphibolite (Moderate - highly weathered)

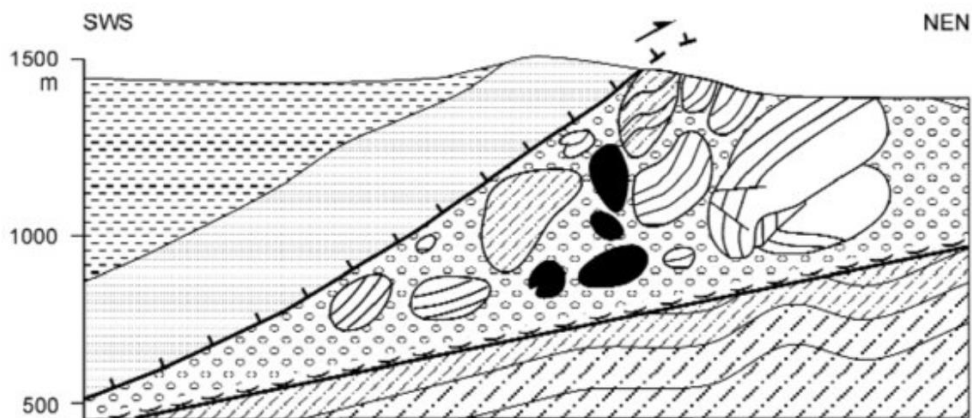
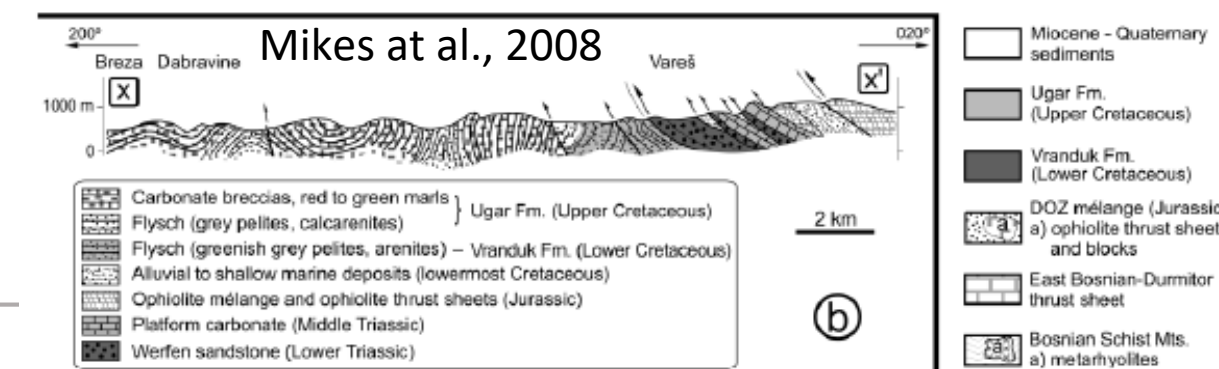
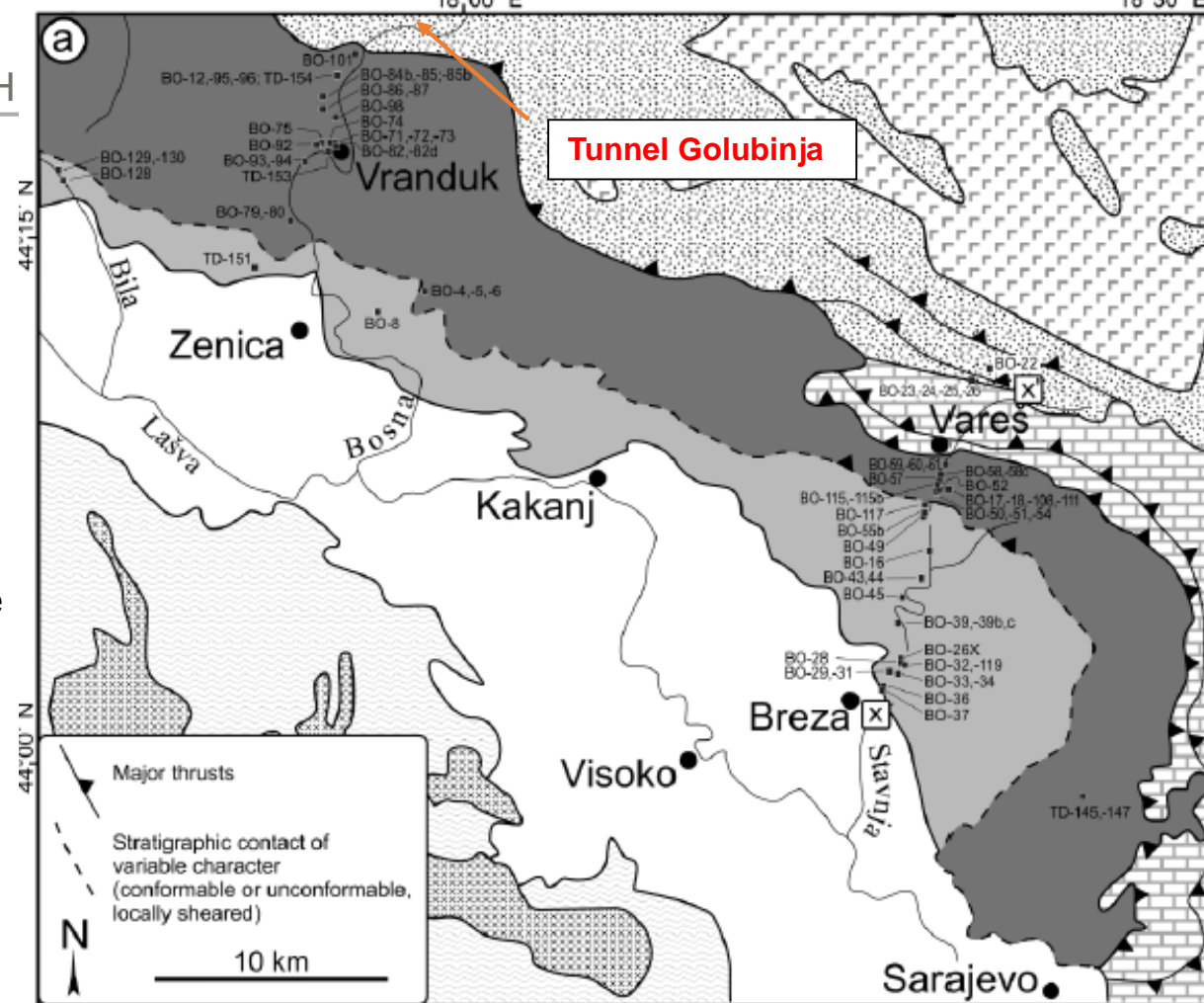
J Neraščlanjena dijabas - roznačka formacija: Grauvake, sub grauvake, glinci, škrljjevac, rožnaci, blokovi ultrabazita i amfibolita
Undifferentiated diabase - chert formation: greywacke, sub-greywacke, claystone, shale, hornblende, blocks of ultrabasic and amphibolite

- Normalna geološka granica
The normal geological border
- Granica istrošenosti tla
Weathered Level Boundary
- Rasjedi / Faults

Dodatne bušotine i iskop unutar tunela

Tunelogradnja u BiH

- škriljci (sivo-tamno sive boje, umereno - jako trošni, lomljivi, slabih do vrlo slabih karakteristika). RQD nabušene stijenske mase uglavnom 0%, osim u jednoj bušotini gdje postoje sekvence povećanja RQD do 40%.
- OFIOLITSKI MELANŽ (OM): u crnim alevrolitima-glincima (matriksu) uklopljeni su klasti, blokovi, olistoliti pešcara, rožnaca, razlicitih bazicnih stena (delovi okeanske kore), krecnjaka kontinentalne padine (FG), delovi plitkovodnih trijaskih formacija oboda Ofiolitskog okeana paleozojskih klastita ocuvanih turbiditskih karakteristika. Ofiolitski melanž se karakteriše haoticnim odnosom clanova: u tamno sivim i crnim alevrolitima (matriks) uklopljeni su blokovi, tela i olistoliti pešcara, rožnaca, razlicitih bazitskih stena, krecnjaka
- Geološka struktura: BIM (block in the matrix) strukture.



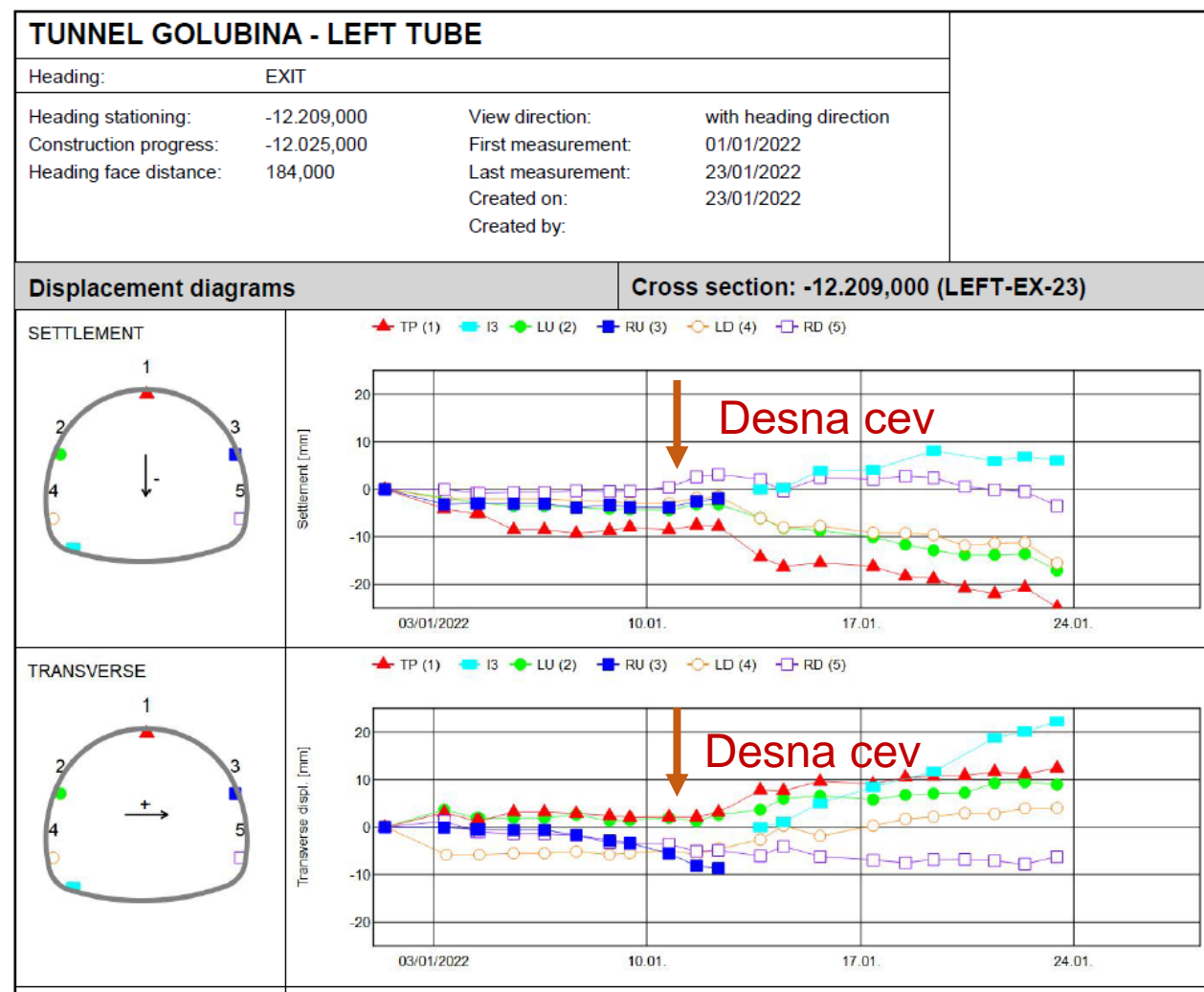
BIM (Block in matrix) geološka struktura

Opšta geomehanička slika: haotična struktura u kojoj orijentacija ravni škriljca naglo varira kao i čvrstoća stene. Postojanje blokova izaziva heterogrene pritiske na oblogu. Iskop ispod blokova dovodi do čestih nestabilnosti na čelu iskopa tunela.



Posledice teških geoloških uslova na gradnju tunela

1. U stenskoj masi dominira matriks, koji je materijal sličan tlu sa tektonizovanom šistozitnom strukturom
2. Matriks je niske nosivosti, što dovodi do velikih deformacija (one se teško drže na granici do 20 cm korišćenjem redovnih i dodatnih potpornih elemenata).
3. Teško i sporo napredovanje sa malim koracima.
4. Zbog heterogenosti stenske mase su prisutna prekomerna unutrašnja naprezanja u oblozi, što dovodi do pukotina i potrebe za dodatnim merama i sanacijskim radovima.
5. Preklapanje zone plastifikacije izazvanog uticajem iskopa jedne cevi u drugu je bio praktično nerešljiv problem (osovinski razmak cevi od 25m). To je dovelo do potrebe da se prekine iskop leve cevi (izlazna strana) i izvrši rekonstrukcija primarne podgrade uključno sa podnožnim svodom.
6. Zbog velikih defromacija matriks ima karakteristike puzanja, što znači da čak i kada se postigne ravnoteža, deformacije ne prestaju.



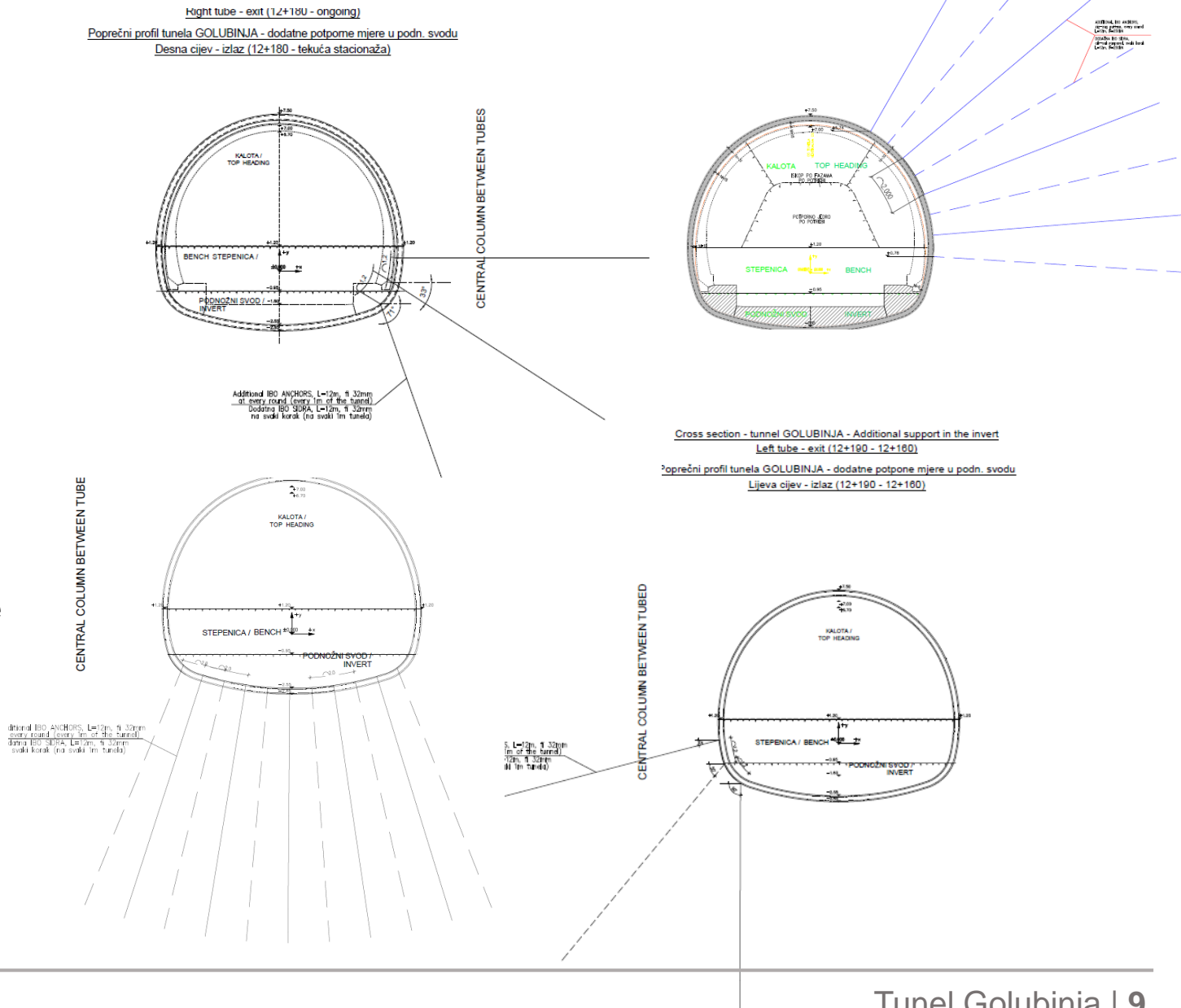
Preduzete mere

Kratkoročne mere

- Dodatne podporne mere na izlaznoj strani tunela koja je imala nadsloj od cca 200m (dodatna sidra u bokovima i podnožnom svodu- sanacija oštećenja u oblozi)
- Po kolapsu na čelu u desnoj cevi pogoršanje stanja i zaustavljanje radova na iskopu čela leve cevi na stacionaži km 11+973 (nasipavanje leve cevi u dužini 60m)
- Rekonstrukcija primarne obloge u levoj cevi (ukupna dužina 120m) uključno sa rekonstrukcijom podnožnog svoda (ukupna dužina 60m)
- Zbog puzanja je odlučeno da se što pre počne sa izgradnjom armirane sekundarne obloge u levoj cevi

Kratkoročne mere su značajno usporile napredovanje tunela ali su bile neophodne da zadrže stanje stabilnosti; posebno se to odnosi na stensku masu između dve cevi, koja je bila u potpunosti plastificirana

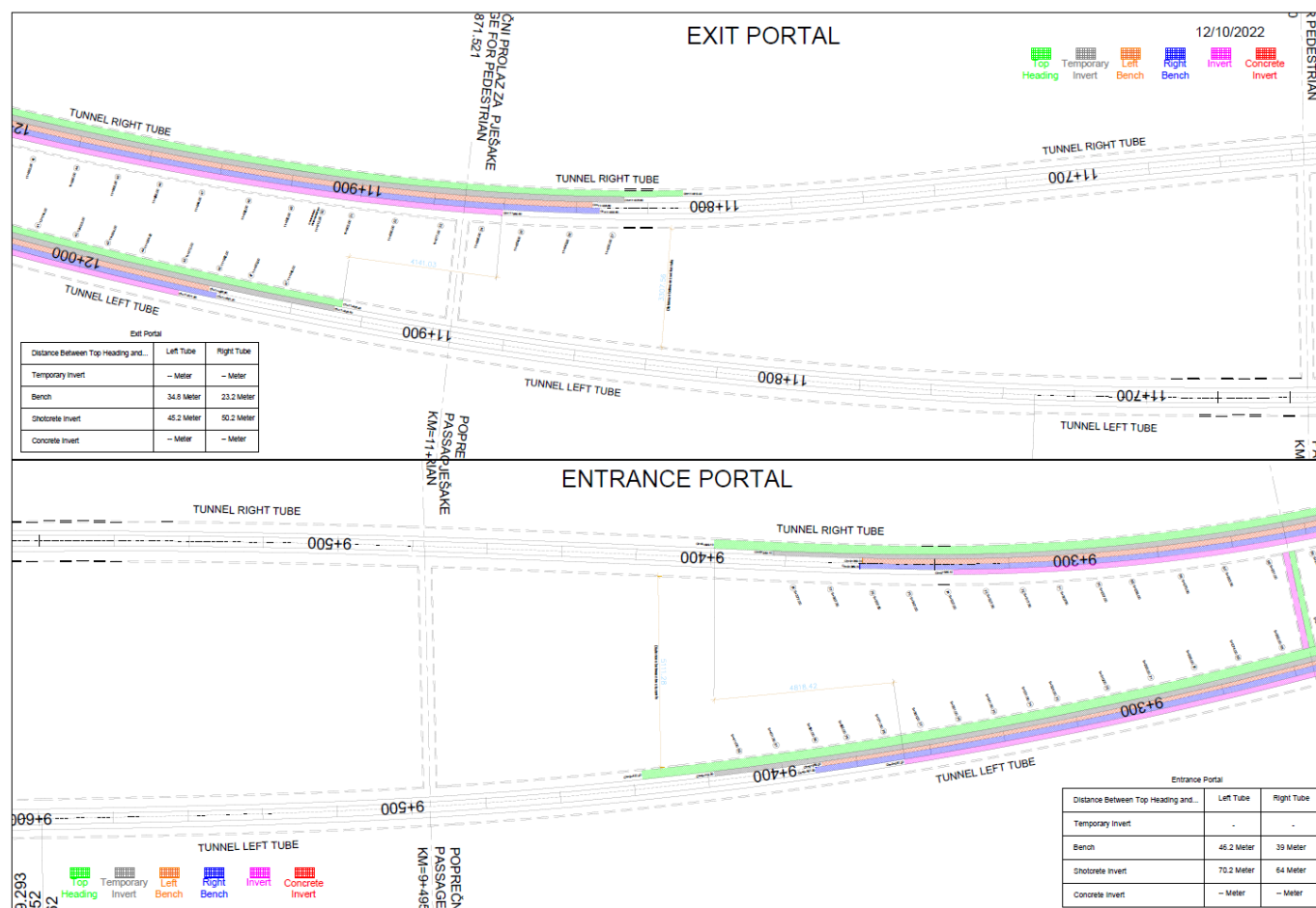
Tunelogradnja u BiH – Koridor Vc



Preduzete mere

Dugoročne mere

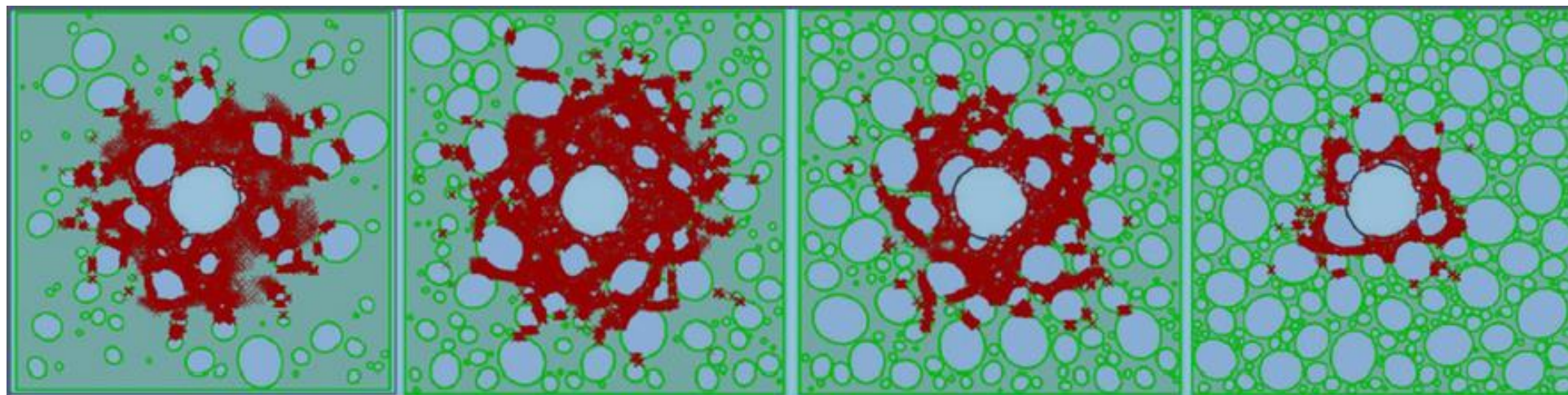
- Nova trasa tunela u kome su cevi razmaknute na 75m tako da nema podvajanja napona u oblozi tunela usled uticaja iskopa jedne cevi na drugu
- Armiranje sekundarne obloge (sekundarna obloga je dimenzionirana da preuzme cca **X%** napona rasterećena stenske mase) uzrokovanim iskopom tunela
- Nova trasa omogućava uslove iskopa u kome nema uticaja iskopa jedne cevi na drugu u slučaju višeg nadsloja (maksimalni nadsloj tunela iznosi cca 500m)



Dugoročne mere su predviđene da omoguće izvodljivost tunela sa minimalnim ekonomskim ulaganjem.

Zaključak

- Neprimerena procena geoloških uslova gradnje tunela u ranim fazama projektovanja
- BIM (block in matrix) geološka struktura u kojoj matriks ima dominantnu ulogu (ofiloitski melanž)
- Prevelika blizina cevi za dane geološke uslove je bila skoro nepremostiva prepreka pri gradnji tunela u prvih 400m sa izlazne strane (nadsloj cca 200 m).
- Preprojektovanje trase i povećanje razmaka cevi na 75 m je omogućilo nastavak iskopa tunela u kome nema dupliranja uticaja na tunelsku oblogu cevi koja prednjači.
- Uticaj puzanja je obuhvaćen sa izgradnjom sekundarne obloge koja se izvodi u blizini čela iskopa
- Trenutno je izvedeno oko 50% procenta tunela (iskopano je cca 1700 m) u relativno boljim geološkim uslovima (prevladjuju blokovi ali prisustvo matriksa ne dozvoljava duže iskopne korake)



Napoli et al., 2021