



Udruženje Inženjera  
Geotehničara u BiH

# Stručna predavanja

## Predavači:

**dr Nick Barton**, Nick Barton and Associates

1. *Gjøvik cavern, Norway in jointed gneiss – modified NMT*
2. *Mingtan machine hall, Taiwan in multiply-faulted sedimentary rock needing clay replacement in the arch – modified NMT*

**Prof. dr Ivan Vrkljan**, Sveučilište u Rijeci

1. *Geotehnički aspekti projektiranja i građenja strojarnice RHE Velebit*
2. *Doprinosi Karla Terzaghija, geomorfologiji krša, inženjerskoj geologiji, mehanici stijena i tunelogradnji*

**Prof. dr Željko Arbanas**, Sveučilište u Rijeci

1. *Istraživanje i sanacija klizišta*
2. *Sanacija velikih klizišta na primjeru klizišta Špičunak, Hrvatska*

**Prof. dr Milorad Jovanovski**, Univerzitet „Sv. Kiril i Metodije“ u Skoplju

1. *Neka iskustva izvođenja visokih usjeka u anizotropnim stijenskim masama slabog kvaliteta, studija slučaja - Autoput Kičevo-Ohrid u Makedoniji*

**Četvrtak, 28.05.2026. / 9:30 sati**

Univerzitet u Sarajevu - Građevinski fakultet, Patriotske lige 30

Molimo da Vaš dolazak potvrdite na sljedećem linku:

**PRIJAVA**

Za dodatne informacije:

[www.uig.ba](http://www.uig.ba)

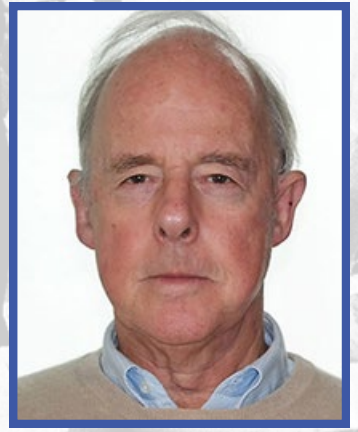
[info@uig.ba](mailto:info@uig.ba)

## dr Nick Barton:

Dr. Nick Barton školovao se na University of London od 1963. do 1970. godine te posjeduje diplomu prvostupnika (B.Sc.) iz građevinarstva s King's Collegea, kao i doktorat (Ph.D.) na temu stabilnosti stijenskih pokosa i posmične čvrstoće pukotina s Imperial Collegea, Royal School of Mines iz 1971. godine.

Ukupno je 25 godina radio u Norveškom geotehničkom institutu (NGI) u Oslu te dodatnih 25 godina (do danas) u vlastitoj konzultantskoj tvrtki Nick Barton and Associates, također sa sjedištem u Norveškoj.

Kao savjetnik sudjelovao je na nekoliko stotina projekata u 43 zemlje, uglavnom vezanih uz hidroenergetske tunele, podzemne prostore metroa, karakterizaciju lokacija za odlaganje nuklearnog otpada i temelje brana. Razvio je Q-sustav, Qtbm, Qslope i Barton-Bandisov kriterij posmične čvrstoće. Autor je oko 360 publikacija s više od 40.000 citata na platformi Google Scholar. Bio je gostujući profesor u Švedskoj i Brazilu, a trenutno tu funkciju obnaša u Shaoxingu i Skoplju. Uz brojne druge publikacije, napisao je i tri knjige:



**TBM Tunnelling in Jointed and Faulted Rock**, (2000), 184 str.

**Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy**, (2006), 729 str.

Sredinom ove godine objavit će knjigu u koautorstvu s Stavrosom Bandisom:

**Engineering in Jointed and Faulted Rock**, (2026), 800 str.

### 1. Gjøvik cavern, Norway in jointed gneiss – modified NMT

Large-span caverns have been thought of and researched since 1970 in Norway. Firstly for housing the reactor of underground nuclear power plants. Both Sweden (BeFo) and Norway (Statkraft) funded jointed physical model studies of large 50m spans in pre-UDDEC times (Barton and Hansteen, 1979). The first opportunity for a real large span (60m) was the idea to put Olympic ice hockey into a rock cavern for the Lillehammer 1994 Winter Olympics. A serviette sketch from Jan Rygh was the start. His company Fortifikasjon A/S had already constructed underground sports halls, and a swimming pool in the case of Gjøvik, one of the chosen Lillehammer Games venues. Your lecturer in Sarajevo became NGI's project manager for site investigation and numerical model verification of Q-based designs for the cavern. It was designed by NoTeBy, later Multiconsult. Full results given by multiple NGI experts were collected in Barton et al. 1994.

In this lecture we will see Q-histogram logging of drill-core and of rock exposures in the walls of nearby civil defense caverns, cross-hole seismic tomography, hydraulic fracturing and joint jacking rock stress measurements, UDEC-BB modelling, both simplified and detailed, with depth-dependent deformation moduli to predict likely behaviour and a new round of modelling to include additional caverns. Finally the monitoring results of (seven plus three) MPBX, NGI's from the surface downwards and SINTEF's up into the arch. Key results included depth dependent  $V_p$  in a rock mass of unchanged quality, also an ultra-simple equation:  $\Delta(\text{mm}) \approx \text{SPAN}(\text{m})/Q$ , and of course

confirmation that Q-based support:  $B @ 2.5m \text{ c/c } L = 6m \text{ plus } S(fr) 10cm$  is sufficient to 'help the rock to help itself' in good correspondence to NMT principles. There was one temporary support addition that seems to not have been necessary.

## **2. Mingtan machine hall, Taiwan in multiply-faulted sedimentary rock needing clay replacement in the arch – modified NMT**

The Mingtan pumped storage machine hall has the picturesque Sun Moon Lake as its upper reservoir. The cavern is at 300m depth in interbedded and faulted sandstones with thirteen clay-filled bedding-plane faults from 2mm to 2m thickness. The project was designed by Sinotech with assistance from Golders and Evert Hoek, with independent Q-assessment and especially wall support design for Sinotech by NB&A. In the arch of the cavern the clay was replaced by concrete using techniques developed by Sinotech, and initial support was achieved by pre-installed cables from drainage galleries. The multiple faults crossed the axis of the cavern with a dip of 34 degrees. In the walls the clay was not replaced by concrete or washing and grouting as this was very time-consuming. A novel '20° downwards and 20° forward' bolting and anchoring was therefore suggested by NB&A in order to prevent cracking of the S(fr). It was the first time steel-fibre reinforced shotcrete had been used in Taiwan. Bench-by-bench cable anchoring and MPBX installation to assist in cable tensioning decisions proved to be challenging in the very anisotropic rock mass as potential down-dip shearing.

It was found that the deformations in the immediate vicinity of the roof were significantly greater than predicted. Therefore it was necessary for Golders / Hoek to reduce the modulus of the rock mass in this region by a factor of almost 2 in order to bring the predicted and measured values into coincidence. Hoek concluded, probably incorrectly, that this modulus reduction was due to blast damage and for the remaining numerical models, a 2 m thick zone of 'blast damaged' rock was wrapped around each excavation stage. In reality it was the anisotropic structure that could not be modelled in 2D, neither with FLAC 2D not Phase 2 (2D). Some years after completion central Taiwan suffered a major M7.7 earthquake (Chi-Chi), with epicenter near the project. There was extensive surface damage to dams, bridges and buildings, and several thousand people were killed. There was even a new 7m high waterfall across a river. Only the lights went out in the cavern and only very minor local cracking of shotcrete was registered.

## **prof. dr Ivan Vrkljan :**

Ivan Vrkljan diplomirao je 1972. godine na tadašnjem Rudarskom fakultetu u Tuzli koji je bio članica Univerziteta u Sarajevu. Magistrirao je i doktorirao na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U periodu od 1972. do 1979. radi kao asistent na Rudarskom fakultetu u Tuzli. Od 1979. do umirovljenja radi u Građevinskom institutu u Zagrebu. Od 1998. je u dvojnog radnom odnosu s Građevinskim institutom i Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Rijeci.



Obavljao je dužnost predsjednika znanstvenog vijeća Građevinskog instituta u Zagrebu i prodekana za znanost Građevinskog fakulteta u Rijeci. Kao ovlaštenu inženjer građevinarstva bio je član Hrvatske komore inženjera građevinarstva.

Kao projektant, voditelj istražnih radova ili savjetnik radio je na velikim hidroenergetskim projektima u Alžiru, Iraku i Iranu.

Bio je tajnik i predsjednik Hrvatske udruge za mehaniku stijena i Hrvatskog geotehničkog društva.

U periodu 2011-2015. bio je potpredsjednik Međunarodnog društva za mehaniku stijena (ISRM). Ovo mu je društvo dodijelilo nagradu „ISRM Fellow“ u znak priznanja za iznimna postignuća u području mehanike stijena i inženjerstva stijena te za doprinos stručnoj zajednici putem ISRM-a.

Počasni je član geotehničkih društava, Slovenije, Bosne i Hercegovine, Makedonije, i Hrvatske. Počasni je član Saveza građevinskih inženjera Srbije. U povodu 150 godina postojanja, Savez inženjera i tehničara Srbije dodijelilo mu je povelju u znak priznanja za izuzetne rezultate i zasluge u ostvarenju ciljeva i zadataka ovog Saveza.

Sveučilište u Rijeci dodijelilo mu je 2016. počasno zvanje i naslov professor emeritus.

### **1. Geotehnički aspekti projektiranja i građenja strojnice RHE Velebit**

Reverzibilna hidroelektrana Velebit (u vrijeme građenja-Obrovac) nalazi se nedaleko od Obrovca u dolini rijeke Zrmanje. Gornje jezero (bazen Štikada) nalazi se na Gračačkom polju a donje jezero uz samu elektranu. Gornje jezera s turbinom/crpkom spojeno je tlačnim tunelom kroz Velebit dužine 8191 m i čeličnim cjevovodom dužine 2108 m (D=3-3,9 m). Pad vode u turbinskom radu je 517 m, a podizanje vode u crpnom radu je 559 m. Kako crpka/turbina, mora biti ispod razine donjega akumulacijskog jezera projektirano je okno za smještaj postrojenja na dubini oko 60 m.

Na odabranoj lokaciji tlo sastoji se od desetak metara debeloga sloja mekane gline ispod kojeg se nalazi prekonsolidirana, kruta glina (laporovita glina) osne čvrstoće od 240 do 4000 kPa. Projekt je predvidio izvedbu armirano betonskog okna, vanjskog promjera 30m i dubokog 60 m.

Na natječaj su pristigle 4 ponude od kojih su dvije nudile klasičnu tunnelsku metodu s iskopom i istovremenim podgrađivanjem a jedna je nudila iskop pod zaštitom dijafragme. Industrogradnja iz Zagreba je ponudila izgradnju okna metodom otvorenog kesona (poznata kao bunarska metoda). Metoda predviđa iskop tla u dnu kesona uz istovremenu nadogradnju plašta u kliznoj oplati na površini terena. Ova je ponuda prihvaćena jer je bila 20 % jeftinija i ponudila je 2 do 4 puta brže građenje u odnosu na druge ponuđače. Sa geotehničkog aspekta glavni projekt se sastojao od dva

dijela: U prvom dijelu je trebalo odrediti nestandardne kritične elemente geotehničkog projektiranja prije izvođenja okna: (a) vodoravno naprezanje u tlu prije i tijekom spuštanja okna radi dimenzioniranja konstrukcije noža i određivanje vertikalnog trenja između noža i tla; (b) trenje između tla i noža pri njegovu propadanju mora biti manje od trenutne težine bunara; (c) širina zazora između stjenke okna i tla, a kojeg stvara prošireni nož pri propadanju, mora biti veća od bočnog pomaka tla uslijed relaksacije vodoravnog naprezanja nakon prolaska noža; (d) utjecaj bentonitne isplake u zazoru između stjenke bunara i tla na tlakove porne vode u okolnom tlu (hidrodinamičko strujanje vode u tlu, a time i na vodoravne pomake tla iznad noža prilikom propadanja okna; (e) stabilnost dna građevne jame. Deformacije i naprezanja okolnog tla analizirani su metodom konačnih elemenata uzimajući u obzir nelinearno ponašanje tla. To su bili prvi takvi nelinearni proračuni u jugoslavenskoj geotehnici. Za tu se namjenu koristio program GEOF za elektroničko računalo koji je u Zagreb donio D. Kovačić nakon povratka s magistarskog studija na Sveučilištu Swansea u Velikoj Britaniji, a koji je izradio njegov mentor D. J. Naylor. Ovaj dio geotehničkog projekta izradili su E. Nonveiller i A. Szavits-Nossan (Građevinski fakultet, Zagreb), N. Grubić i D. Kovačić (Geoexpert, Zagreb).

U drugom dijelu glavnog projekta definirana je tehnologija iskopa radi kontroliranog spuštanja okna kao i oprema za opažanja okolnog tla i samog okna. Projekt je definirao načine iskopa uz nož okna kako bi se zadržala vertikalnost osi okna do postizanja konačne dubine. Projekt je predvidio i način iskopa dna okna radi ugradnje obrnute armiranobetnske kupole vodeći računa da ne dođe do nekontroliranog propadanja okna. Geotehnički projekt kopanja tla i spuštanja okna izradili su E. Nonveiller, I. Vrkljan, A. Szavits-Nossan, Zvonimir Lisac (Građevinski fakultet, Zagreb).

Kopanje unutar okna započelo je u drugoj polovici lipnja 1980. godine, a 22. prosinca 1980. okno je spušteno na projektiranu dubinu (cca 6 mjeseci!). U to vrijeme bila je ovo najdublja građevina na svijetu izgrađena ovom metodom. Ovaj veliki inženjerski uspjeh ostvaren je zahvaljujući: (a) opsežnim i pažljivim geološkim, terenskim i laboratorijskim ispitivanjima; (b) detaljnoj analizi rezultata s ciljem definiranja parametara tla; (c) numeričkim analizama koje su uključile nelinearno ponašanje tla; (d) dobro osmišljenim metodama opažanja; (e) inženjerskom osjećaju i iskustvu sudionika pri projektiranju i građenju; (f) timskom radu tijekom projektiranja i gradnje okna.

Prikazat će se i uzroci neuspješne primjene otvorenih kesona na primjeru temeljenja silosa žita u luci Rijeka.

## **2. Doprinosi Karla Terzaghija, geomorfologiji krša, inženjerskoj geologiji, mehanici stijena i tunelogradnji**

Karl Terzaghi (1883-1963) poznat je kao "otac mehanike tla i geotehničkog inženjerstva". Bio je prvi koji je proveo sveobuhvatno istraživanje inženjerskih svojstava tla. Formulirao je, ili prilagodio, većinu teorijskih koncepata potrebnih za razumijevanje i predviđanje ponašanja tla. Uveo je u praksu glavne tehnike za primjenu znanstvenih metoda na projektiranje i izgradnju temelja i zemljanih konstrukcija.

U literaturi se uglavnom ističe Terzaghijev doprinos mehanici tla dok je manje poznat njegov doprinos geomorfologiji, inženjerskoj geologiji, mehanici stijena i tunelogradnji. Često ga se u literaturi spominje da je bio strojarski inženjer, ali i geolog i geotehnički inženjer.

Terzaghi je tijekom 1909. i 1910. godine radio na izradi preliminarnih hidrografskih i geoloških studija za francusku kompaniju Adriatique Électricité s ciljem izgradnje hidrocentrale na moru uz korištenje voda Gackog polja. Terzaghi je istraživao bazen omeđen visokim planinama, Velebitom, Malom Kapelom, Velikom Kapelom i Plješivicom u kome se nalaze dva velika polja, Ličko i Gacko. Pored stručnih poslova, Terzaghi je proučavao morfologiju terena te je u vrlo kratkom vremenu uobličio teoriju o nastanku krških polja. Pažljivo promatrajući morfologiju polja, Terzaghi je zaključio da se nastanak polja može objasniti jedino vrlo izraženim korozivnim djelovanjem vode na vapnenac koji se nalazi ispod humusnog pokrova šumom pokrivenih terena. Ova je teorija u početku odbačena da bi ju kasnije prihvatili najpoznatiji geomorfolozi i geolozi. Terzaghi je proučavao i tektoniku Bakarskog zaljeva što mu je pomoglo pri izradi teorije o nastanku polja.

Terzaghijeva ljubav prema prirodi u ranoj mladosti prešla je u ljubav prema geologiji u odrasloj dobi. Dao je vitalni doprinos inženjerskoj geologiji kao učitelj, konzultant i autor. Kao pažljiv promatrač prirode, pokušao je razumjeti geologiju istraživanog terena i nastojao prilagoditi svoje projekate geološkoj stvarnosti i neizvjesnosti koja se ne može izbjeći.

Terzaghi je bio konzultant na mnogim projektima iz područja mehanike stijena. Iako je i on zastupao mišljenje da se mehanika stijena treba razvijati u sklopu mehanike tla, ipak je još 1936. godine priznao da se neki problemi inženjerstva stijena ne mogu objasniti tehnikama koje je koristila mehanika tla. Zato je dopustio Leopoldu Mülleru da 1962. u Salzburgu osnuje Međunarodno društvo za mehaniku stijena (ISRM). Terzaghi je 1946. razvio empirijski sustav klasifikacije stijena i tla izričito za projektiranje i izgradnju tunela na temelju proučavanja načina sloma stijena u tunelima tijekom građenja. Bio je to prvi sustav na engleskom jeziku koji je integrirao geologiju u proces projektiranja tunela. Ovaj sustav bio je temelj za razvoj tri najčešće korištena klasifikacijska sustava stijenskih masa, Q (Barton), RMR (Bieniawski) i GSI (Hoek i Brown).

Terzaghi je 1946. prvi uveo određivanje opterećenja na čeličnu podgradu tunela na osnovi opisne klasifikacije stijenskih masa. Terzaghi skreće pozornost na one karakteristike koje dominiraju u ponašanju stijenske mase, posebno u situacijama kada je dominantno opterećenje težina poremećene stijenske mase iznad tunelske podgrade. Terzaghijev angažman u podzemnoj željeznici u Chicagu, 1939.-1941., utjecao je na njegovu odluku o stalnom prebivalištu u Sjedinjenim Američkim Državama i snažno utjecao na razvoj primijenjene mehanike tla.

Glavni cilj ove prezentacije je ukazati na područja geologije i inženjerstva stijena kojima je Terzaghi dao značajan doprinos a često ostaju u sjeni njegovog ogromnog doprinosa mehanici tala.

Naslov knjige koju je 1998. napisao Richard E. Goodman, vrlo dobro opisuju velikog Karla Terzaghija: Karl Terzaghi : The Engineer as Artist.

## **prof. dr Željko Arbanas :**

Željko Arbanas rođen je 1959. u Rijeci, Hrvatska. Professor Emeritus je u grani geotehnike na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Diplomirao je 1982. na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci te magistrirao (2002. godine.) i doktorirao (2004. godine) u znanstvenom području građevinarstvo, znanstvena grana geotehnika na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska. Bio je zaposlen kao ovlaštenu inženjer projektant u Institutu građevinarstva Hrvatske (1986.-2010. godine) gdje je sudjelovao u nekoliko stotina



geotehničkih izvještaja (više od 500) i geotehničkih projekata (više od 300 geotehničkih projekata temeljenja, infrastrukturnih objekata, tunela, stabilizacije klizišta, zaštite stijenskih pokosa, temeljenja jama itd.) kao projektant, glavni projektant i voditelj projekata. Njegova trenutna istraživačka aktivnost usmjerena je na istraživanje i stabilizaciju klizišta, tehnologiju praćenja (monitoringa) klizišta, fizičko modeliranje klizišta i geotehničkog numeričkog modeliranje. Za svoj stručni inženjerski rad primio je nagradu Kolos Hrvatske komore građevinskih inženjera za značajna postignuća u geotehničkom inženjerstvu 2014. godine za projekt građevne jame Zagrad B i sanaciju željezničkog tunela Kalvarija u Rijeci. Od 2002. godine počeo je raditi (nepuno radno vrijeme) kao viši predavač na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, a nakon toga kao docent (2005.-2010. godine), izvanredni profesor (2010.-2015. godine), redoviti profesor (2015.-2020. godine), redoviti profesor u trajnom zvanju (2021.-2024. godine) i profesor emeritus (od 2025. godine). Bio je pročelnik Katedre za geotehniku (2005.-2007. i 2015.-2024. godine), prodekan za poslijediplomske doktorske studije (2007.-2012. godine) i prodekan za studij i studente (2012.-2015. godine) na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Kao profesor, održavao je predavanja na dodiplomskom studiju (Mehanika tla, Mehanika stijena, Geotehničko inženjerstvo), diplomskom studiju (Teorijska mehanika tla, Stabilnost kosina, Ojačanje tla i stijenske mase, Geotehničke konstrukcije, Numeričko modeliranje u geotehnici) i doktorskom studiju (Napredna teorijska mehanika tla, Opservacijske metode u geotehnici) na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Pod njegovim mentorstvom dovršeno je 172 preddiplomska i magistarska rada, kao i 6 doktorskih disertacija. Od 2017. do 2020. bio je potpredsjednik Međunarodnog konzorcija za klizišta (International Consortium on Landslides, ICL) za publikacije, a od 2020. do 2023. potpredsjednik ICL-a za Europu. Sada je predsjednik Međunarodnog konzorcija za klizišta (ICL) u mandatu od 2024. do 2026. godine. Zamjenik je glavnog urednika časopisa Landslides, Međunarodnog konzorcija za klizišta (ICL) od 2012. godine (trenutno po Impact Factoru 4. časopisa u svijetu u području geotehnike i inženjerske geologije), kao i jedan od glavnih urednika serije knjiga otvorenog pristupa Progress in Landslide Research and Technology (Springer Heidelberg) od njezina početka. Recenzent je u više od 10 međunarodnih časopisa iz područja mehanike tla, mehanike stijena, geotehničkog inženjerstva i klizišta. Član je ISSMGE-a, ISRM-a i IAEG-a, kao i član Hrvatske akademije tehničkih znanosti. Autor je ili koautor više od 280 znanstvenih publikacija objavljenih u međunarodnim časopisima, knjigama i zbornicima radova s konferencija, te urednik 16 znanstvenih knjiga i zbornika radova s međunarodnih konferencija. Bio je član, voditelj radne skupine i voditelj projekata nekoliko međunarodnih i nacionalnih znanstvenoistraživačkih projekata. Sudjelovao je na više od 50 međunarodnih

konferencija i simpozija kao član organizacijskog odbora, znanstvenog odbora ili sudionik te je održao svoja izlaganja na konferencijama u Australiji, Bosni i Hercegovini, Kanadi, Kini, Hrvatskoj, Egiptu, Grčkoj, Hong Kongu, Italiji, Japanu, Novom Zelandu, Portugalu, Srbiji, Singapuru, Sloveniji, Južnoj Koreji, Španjolskoj, Švicarskoj, Tajvanu, Ujedinjenom Kraljevstvu i Vijetnamu.

## 1. Istraživanje i sanacija klizišta

Klizišta predstavljaju drugi po redu najopasniji prirodni geohazard u svijetu, po broju stradalih i ekonomskim gubicima, odmah iza potresa, a ispred poplava, tsunamija, vulkana, suša, požara itd. Broj poginulih od klizišta u svijetu kreće se oko 10.000, a šteta oko 10 milijardi US\$ godišnje prosječno u posljednjih 30-tak godina. U svjetlu klimatskih promjena porast žrtava i ekonomske štete vjerojatno će rasti. Klizišta se znatno razlikuju po tipu, volumenu, dubini i magnitudi, pa ne postoji jedinstven način u pristupu istraživanjima i sanaciji klizišta od strane svjetske znanstvene zajednice. U posljednjih 50 godina ipak se nastoji unificirati pristup istraživanju i sanaciji klizišta, iako je pristup i istraživanju i sanaciji svakog klizišta jedinstven. U ovoj prezentaciji daje se kratak pregled u svijetu usvojenih klasifikacija klizišta, metoda istraživanja i metoda sanacije klizišta, uključujući i usvojenu terminologiju koja se primjenjuje u svijetu.

## 2. Sanacija velikih klizišta na primjeru klizišta Špičunak, Hrvatska

Sanacije klizišta zahtijevaju jedinstveni pristup zavisan o tipu, volumenu i dubini pojedinog klizišta, te uzrocima pokretanja klizišta i ne postoji generalni „recept“ za sanaciju svakog klizišta. Sanacija klizišta najviše će se zasnivati na poznavanju klizišta (tip, volumen, dubina klizne plohe i uzroci pokretanja klizišta) i iskustvu projektanta sanacije. Svako klizište može se sanirati na više načina, ali će postignuti efekti sanacije i cijena koštanja sanacije biti različiti. Klizište Špičunak, na državnoj cesti D3 između Rijeke i Zagreba, kod naselja Lokve u Hrvatskoj, bilo je prije sanacije aktivno više od 50 godine, izazivajući oštećenja ceste i višestruke potrebe obnove kolnika. Nakon provedbe istražnih radova 2017. godine ustanovljen je model klizišta nakon čega je izrađen projekt sanacije. Klizište je širine 85 m, duljine 70 m i dubine klizne plohe 20m u složenim geološkim uvjetima. Na klizištu je primijenjena kombinacija različitih mjera sanacije od drenažnog sustava, nasipavanja nožice do pilotske stijene izvođenih da se svakom mjerom postupno povećava stabilnost kliznog tijela. Klizište je sanirano tijekom 2018. i 2019. godine, a rezultati monitoringa ukazuju na uspješnost sanacije. U ovoj prezentaciji daju se osnovni podaci o klizištu, odabir pristupa i projekta sanaciji te prikaz izvođenja radova.

## **prof. dr Milorad Jovanovski :**

Milorad Jovanovski je profesor na Univerzitetu „Sv. Kiril i Metodije“ u Skoplju, Makedonija, na katedri za geotehniku na predmetima mehanika stijena i inženjerska geologija.

Njegove glavne istraživačke aktivnosti usmjerene su na inženjersku geologiju, mehaniku stijena i rizike u geotehnici – posebno na projektovanje kosina u stijeni, karakterizaciju i klasifikaciju stijenskih masiva, laboratorijska ispitivanja, in-situ testiranja deformabilnosti i smičućeg otpora stijenskih masiva u velikoj razmjeri, probleme u površinskim iskopima uglja, klizišta, tunelogradnja, velike brane, ekološku geotehniku itd.

Autor je ili koautor oko 210 radova i tri tehničke knjige na makedonskom jeziku iz oblasti geologije za građevinske inženjere, inženjerske geologije i mehanike stijena.

Bio je predsjednik Makedonskog udruženja za geotehniku (MAG) u periodu 2014–2018, kada je takođe predsjedavao XVI Dunavsko-evropskom konferencijom o geotehničkom inženjerstvu održanom u Skoplju 2018. godine.

Dobitnik je Velike zlatne medalje časti od Austrijskog društva arhitekata i inženjera.

Predsednik je konferencije EUROCK2026 koja će se održati u Skoplju u septembru 2026. godine.

Član je ISSMGE i ISRM, gdje obavlja funkciju potpredsjednika „At Large“ u periodu 2023–2027.



### **1. Neka iskustva izvođenja visokih usjeka u anizotropnim stijenskim masama slabog kvaliteta, studija slučaja - Autoput Kičevo-Ohrid u Makedoniji**

Prezentacija se odnosi na iskustva autora stečena tokom faza istraživanja, projektovanja i izgradnje dionice autoputa od Kičeva do Ohrida u Makedoniji, na kojoj je izvedeno više od 50 dubokih usjeka u paleozojskim škriljcima. Neki od usjeka dostižu visinu veću od 100 m. Stijenske mase na ovoj dionici uglavnom se sastoje od jako raspadnutih, anizotropnih i tektonski poremećenih stenskih masa slabog kvaliteta. Takvi uslovi dovode do lokalnih i globalnih nestabilnosti, koje se manifestuju u vidu klinastih, planarnih ili rotacionih oblika loma, u zavisnosti od kombinacija sistema pukotina i geometrije kosine.

Biti će prikazani rezultati procjene stabilnosti kosina, sprovedeni metodama granične ravnoteže, kinematskim i empirijskim pristupima. Posebna pažnja posvećena je primjeni dijelimično modifikovanih dijagrama poznate Q-slope metode, paralelno sa vrijednostima dobijenim iz proračuna faktora sigurnosti i vjerovatnoće loma. Analize uključuju i elemente nove generacije projektnih pristupa prema Eurokodu 7.

Ključni zaključak je da neizvjesnosti u konačnom definisanju geometrije kosine ne proizlaze samo iz ulaznih parametara, već i iz odabranog projektantskog pristupa. Stečena iskustva mogu poslužiti kao dragocjena baza podataka za buduće projekte, naročito za željezničku dionicu koja će se graditi u neposrednoj blizini autoputa.

Na kraju, biti će iznijete preporuke za optimalno projektovanje i izvođenje radova u ovakvim složenim geološkim uslovima.