

Štetni utjecaji minerskih radova na špiljski ekosustav u blizini budućeg eksploatacijskog polja Gradusa

Bosilj, Dino

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:617623>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



Štetni utjecaji minerskih radova na špiljski ekosustav u blizini budućeg eksploatacijskog polja Gradusa

Bosilj, Dino

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:617623>

Rights / Prava: [In copyright](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-04**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

Dino Bosilj

**Štetni utjecaji minerskih radova na špiljski ekosustav u blizini
budućeg eksploatacijskog polja Gradusa**

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**Štetni utjecaji minerskih radova na špiljski ekosustav u blizini
budućeg eksploatacijskog polja Gradusa**

KANDIDAT:

Dino Bosilj

MENTOR:

Prof. dr. sc. Josip Mesec

VARAŽDIN, 2017.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

**ŠTETNI UTJECAJI MINERSKIH RADOVA NA ŠPILJSKI EKOSUSTAV U
BLIZINI BUDUĆEG EKSPLOATACIJSKOG POLJA GRADUSA**

(naslov diplomskog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Prof.dr.sc.Josip Mesec**

Izjavljujem da nijedan dio ovog diplomskog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 20.06.2017.

DINO BOSILJ

(Ime i prezime)

Dino Bosilj

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK:

Ime i prezime autora: Dino Bosilj

Naslov teme: Štetni utjecaji minerskih radova na špiljski ekosustav u blizini budućeg eksploatacijskog polja Gradusa

U ovom diplomskom radu obrađuju se budući način dobivanja tehničko-građevnog kamena iz budućeg eksploatacijskog polja Gradusa i štetni utjecaj miniranja na špiljski ekosustav. Špilja je dio ekološke mreže kao područje značajno za očuvanje nekoliko vrsta i stanišnih tipova šišmiša. Značaj same špilje je i njezin smještaj u kontinentalnom djelu Hrvatske u kojem je poznat malen broj objekata koje šišmiši mogu koristiti u svim razdobljima svog godišnjeg ciklusa, osobito za vrijeme hibernacije i stvaranja porodiljnih kolonija. Zbog navedenog smještaja i značaja samog objekta za predmetni zahvat propisana je izrada Glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu. Kako je u postupku ishođenja koncesije za eksploataciju budućeg kamenoloma u Idejnom rudarskom projektu predviđena je eksploatacija tehničko-građevnog kamena miniranjem te se ukazala potreba egzaktnog utvrđivanja utjecaja budućih minerskih radova na špiljski ekosustav. Za tu svrhu izvedeni su terenski istražni radovi koji su obuhvatili mjerenje seizmičkih oscilacija i buke za odabrane mikrolokacije probnih minskih bušotina. U sam postupak odabira mikrolokacija uključeni su stručnjaci za šišmiše te speleolozi. Odabrane lokacije probnog miniranja predstavljaju i najnepovoljniji slučaj u budućoj eksploataciji. U ovom diplomskom radu prikazane su teorijske postavke, metodologija rada i dobiveni rezultati.

Ključne riječi: špilja Gradusa, probno miniranje, ekološka mreža, dozvoljena količina eksploziva po stupnju paljenja, vibracije, buka, seizmički efekti miniranja

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. Opći dio	3
2.1. Zemljopisni položaj	3
2.2. Stanište.....	5
2.2.1. Špilja Gradusa	6
2.3. Morfološke, hidrološke i klimatske značajke	7
2.3.1. Morfološke prilike	7
2.3.2. Hidrološke značajke	8
2.3.3. Klimatske značajke.....	8
2.4. Geološko-tektonske i hidrogeološke značajke	8
2.4.1. Geološke značajke šireg područja	8
2.4.2. Geološke značajke budućeg eksploatacijskog polja "Gradusa"	11
2.5. Inženjersko-geološke značajke budućeg eksploatacijskog polja	13
3. Definiranje veličina probnog miniranja.....	14
3.1. Seizmičke oscilacije stijenska mase	15
3.2. Tehničke značajke pokusnih miniranja	16
3.3. Oprema za mjerenje.....	21
3.4. Zračni udarni val.....	22
3.5. Razbacivanje minirane mase u okoliš	24
4. Rezultati probnih miniranja	26
4.1. Analiza rezultata mjerenja brzina oscilacija tla i zračnog udara	26
5. Zaključak rudarskih istraživanja	30

6. Procjena utjecaja probnih miniranja unutar budućeg eksploatacijskog polja Gradusa na koloniju šišmiša u špilji Gradusa	31
6.1. Metodologija istraživanja šišmiša i praćenje utjecaja probnih miniranja.....	31
6.1.1. Planiranje eksperimenta – utvrđivanje nultog stanja.....	32
6.2. Praćenje tijekom probnog miniranja-eksperimentalna faza	33
6.3. Rezultati istraživanja	35
7. Zaključak speleoloških istraživanja	39
8. Prijedlog dopune praćenja stanja	39
9. Zaključak	41
Literatura	43
GRAFIČKI PRILOZI:	44

Popis slika

Slika 2.1 Zemljopisni položaj budućeg eksploatacijskog polja Gradusa	3
Slika 2.2. Prikaz planiranog područja eksploatacije "Gradusa" (plavo) u odnosu na prijašnju predviđenu površinu eksploatacije (zeleno) i špilju Gradusa (crveno)-preuzeto iz "Prijedlog odmicanja završne fronte površinskog kopa na veću udaljenost od špilje" (Jovičić, 2013).....	4
Slika 2.3 Stanište na zahvaćenom području (IRES, 2014.).....	5
Slika 2.4 Špilja Gradusa	6
Slika 2.5 Detalji iz špilje Gradusa tijekom istraživanja (foto: Damir Basara).....	7
Slika 2.6 Geološka karta i pripadni Tumač navedene lokacije (detalj Osnovne geološke karte RH, list Zagreb, M 1:100 000) (Jovičić, 2013)	9
Slika 2.7 Hidrogeološka karta i pripadni Tumač navedene lokacije (detalj hidrogeološke karte RH, list Zagreb, M 1:500 000) (Jovičić, 2013)	10
Slika 3.1 Grafički prikaz graničnih brzina oscilacija prema DIN 4150 standardu	15
Slika 3.2 Dijagram za utvrđivanje relativne seizmičke osjetljivosti RSS (Mesec i dr. 2015)	17
Slika 3.3 Eksperimentalni dijagram utvrđivanja dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja u ovisnosti o udaljenosti ugroženog objekta od minskog polja (Mesec i dr. 2017).....	18
Slika 3.4 Skica probnog minskog polja (Mesec i dr. 2017.)	19
Slika 3.5 Pozicija probnih minskih polja (MO) i mjesta na kojima je vršeno opažanje (MO) (Mesec i dr. 2017)	19
Slika 3.6 Vrijednosti tipičnih zvučnih razina s vrijednostima u decibelima (dB) i milibarima (mbar).....	23
Slika 3.7 Seizmograf Instantel MiniMate Plus.....	24
Slika 4.1 Dijagram ovisnosti brzine oscilacija tla i skalirane (reducirane) udaljenosti	27
Slika 4.2 Ispis opažanja seizmičkih oscilacija i buke na MO-4 (Mesec i dr. 2017)	29

Slika 6.1 Uređaj za praćenje mikroklimatskih uvjeta.....	32
Slika 6.2 Testiranje mogućnosti praćenja kretanja šišmiša prilagođenom IR kamerom.....	32
Slika 6.3 Stacionarni sustav snimanja šišmiša	34
Slika 6.4 Sustav snimanja infracrvenom kamerom	34
Slika 6.5 Mreža za hvatanje šišmiša postavljena na ulaz u špilju	34
Slika 6.6 Uređaj za mjerenje vibracija i buke u ulaznom djelu špilje	34
Slika 6.7 Crveno-narančasto su označena mjesta postavljanja IR kamere i ultrazvučnog detektora za praćenje aktivnosti šišmiša prikazanog na tlocrtu i profilu speleološkog nacrtu špilje Gradusa	36
Slika 6.8 Dio kolonije šišmiša u špilji Gradusa	37

Popis tablica

Tablica 1.1 Prikaz procjene značaja utjecaja iz Studije glavne ocjene	2
Tablica 2.1 Udaljenosti najbližih granica planiranog područja budućeg eksploatacijskog polja od špilje	4
Tablica 3.1 Granične brzine oscilacija čestica stijena prema DIN standardu 4150	15
Tablica 3.2 Prikaz određivanja intenziteta stupnja potresa na osnovu izračunatih rezultantnih brzina na mjestima opažanja po skali S.V. Medvedeva	16
Tablica 3.3 Ukupno utrošena količina eksploziva po minskim bušotinama (<i>Mesec i dr. 2017</i>)	21
Tablica 3.4 Štete koje nastaju pri određenom tlaku zračnog udarnog vala	23
Tablica 4.1 Rezultati provedenih miniranja	26
Tablica 6.1 Popis opreme koja je korištena za istraživanja	35
Tablica 6.2 Popis i brojnost vrsta u špilji Gradusa u trenutku istraživanja	37
Tablica 6.3 Prikaz vibracija i aktivnosti šišmiša u špilji tijekom probnih miniranja	38

1. UVOD

U ovom diplomskom radu obrađuju se budući način dobivanja tehničko-građevnog kamena iz budućeg eksploatacijskog polja Gradusa i štetni utjecaj miniranja na špiljski ekosustav.

Kako bi se provela procjena utjecaja zahvata budućeg eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena Gradusa na okoliš izrađena je *Studija o utjecaju na okoliš i Studija glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu* (IRES-Institut za istraživanje i razvoj održivih ekosustava, 2014.) te je pokrenut postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš.

U neposrednoj blizini budućeg eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena smještena je špilja Gradusa koja je dio ekološke mreže kao područje značajno za očuvanje vrsta i stanišne tipove (Uredba o ekološkoj mreži, NN 124/13), navedena pod nazivom *HR2001342 Područje oko špilje Gradusa*.

Glavni ciljevi očuvanja ovog područja su vrste južni potkovnjak (*Rhinolophus euryale*) i dugokrili pršnjak (*MIniopterus schreibersii*) te stanišni tip 8310 *Špilje i jame zatvorene za javnost*. Značaj ovog speleološkog objekta je i njegov smještaj u kontinentalnom djelu Hrvatske u kojem nam je poznat malen broj objekata koje šišmiši mogu koristiti u svojim razdobljima svog godišnjeg ciklusa, osobito za vrijeme hibernacije i stvaranja porodiljnih kolonija. Zbog navedenog smještaja i značaja objekta za predmetni zahvat propisana je izrada Glavne ocjene prihvatljivosti zahvata na ekološku mrežu koja je izrađena u sklopu studije (Mesec i dr. 2017).

U navedenom dokumentu detaljno je analizirana kolonija šišmiša i speleološki značaj špilje Gradusa te je procijenjen oblik i značaj utjecaja minerskih radova na očuvanje ove dvije najznačajnije i najugroženije sastavnice prirode na tom području.

U sklopu Studije glavne ocjene, stručnjak za šišmiše navodi da se u sklopu provedbe predmetnog zahvata mogu očekivati utjecaji na faunu šišmiša koji obitavaju u špilji Gradusa, **tablica 1.1.**

Tablica 1.1 Prikaz procjene značaja utjecaja iz Studije glavne ocjene

UTJECAJ	PROCJENA ZNAČAJA UTJECAJA
BUKA	Malen negativan utjecaj
POVEĆANJE PROMETA	Malen negativan utjecaj
ONEČIŠĆENJE VODA	Malen negativan utjecaj
POŽAR	Malen negativan utjecaj
GUBITAK I SMANJENJE KVALITETE STANIŠTA	Umjeren negativan utjecaj
VIBRACIJE/SEIZMIČKI VAL	ZNAČAJAN NEGATIVAN UTJECAJ
ZATRPVANJE ULAZA	Značajan negativan utjecaj

Spomenuti utjecaji nisu imali činjenično uporište te se sa sigurnošću nije mogao utvrditi intenzitet i rasprostranjenost istih, kako bi se omogućilo donošenje utemeljene odluke o prihvatljivosti predmetnog zahvata za prirodu.

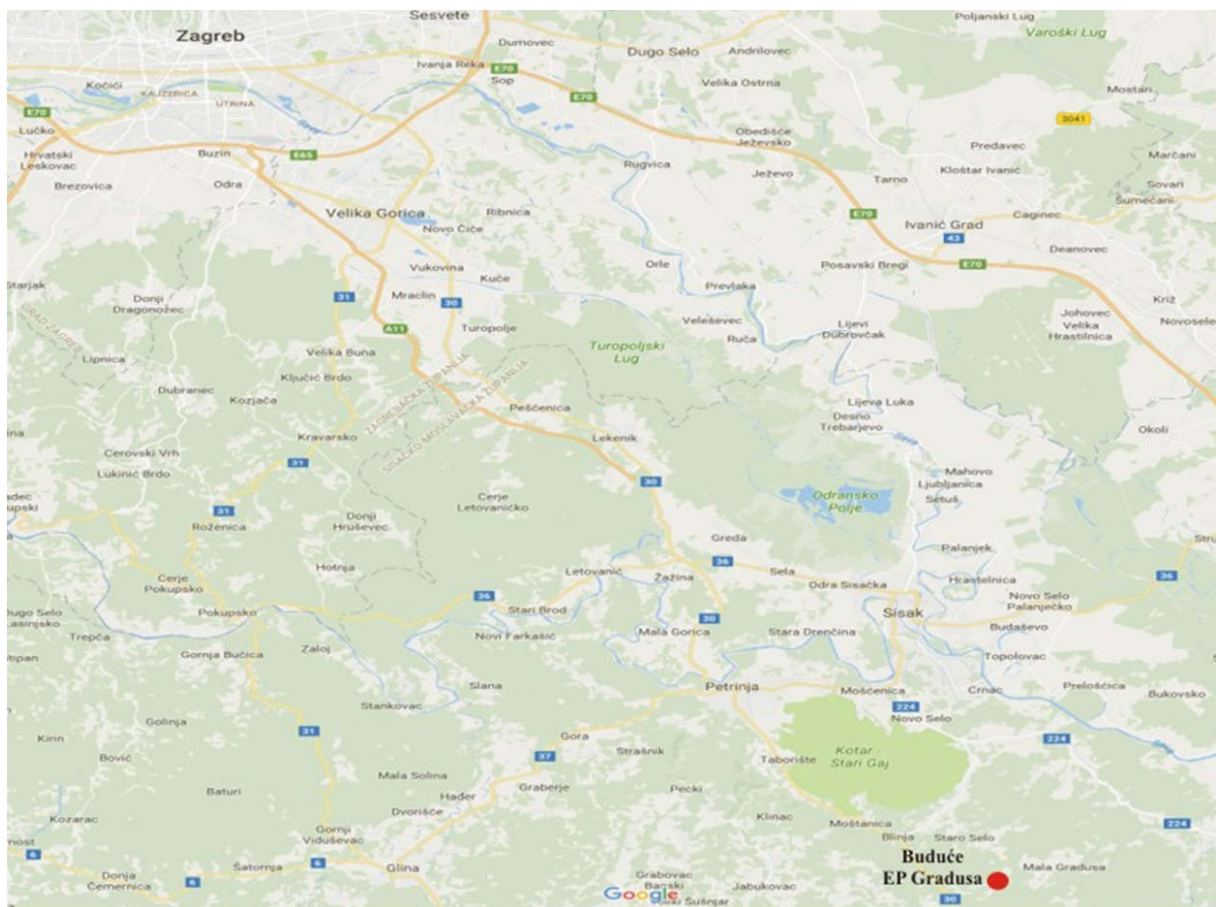
Stoga je investitor u dogovoru s izrađivačem projekta izvršio dodatne terenske istražne radove koji su obuhvatili mjerenje seizmičkih oscilacija i buke za odabrane mikrolokacije probnih minskih bušotina. Lokacije i dinamika probnog miniranja odabrane su u dogovoru s rudarskim ekspertom, s ciljem da se izmjere realne vrijednosti i po potrebi korigiraju punjenja eksploziva kako bi se spriječila eventualna šteta na koloniju šišmiša. U proces odabira mikrolokacija uključeni su stručnjaci za šišmiše te speleolozi. Odabrane lokacije probnog miniranja predstavljaju i najnepovoljniji slučaj u budućoj eksploataciji. Prije odabira lokacija probnih minskih bušotina, napravljeno je nekoliko terenskih obilazaka, kako šireg područja lokaliteta, tako i same špilje Gradusa kako bi se utvrdili tehnički zahtjevi za provedbom eksperimentalnog dijela istraživanja (Mesec i dr. 2017).

2. Opći dio

2.1. Zemljopisni položaj

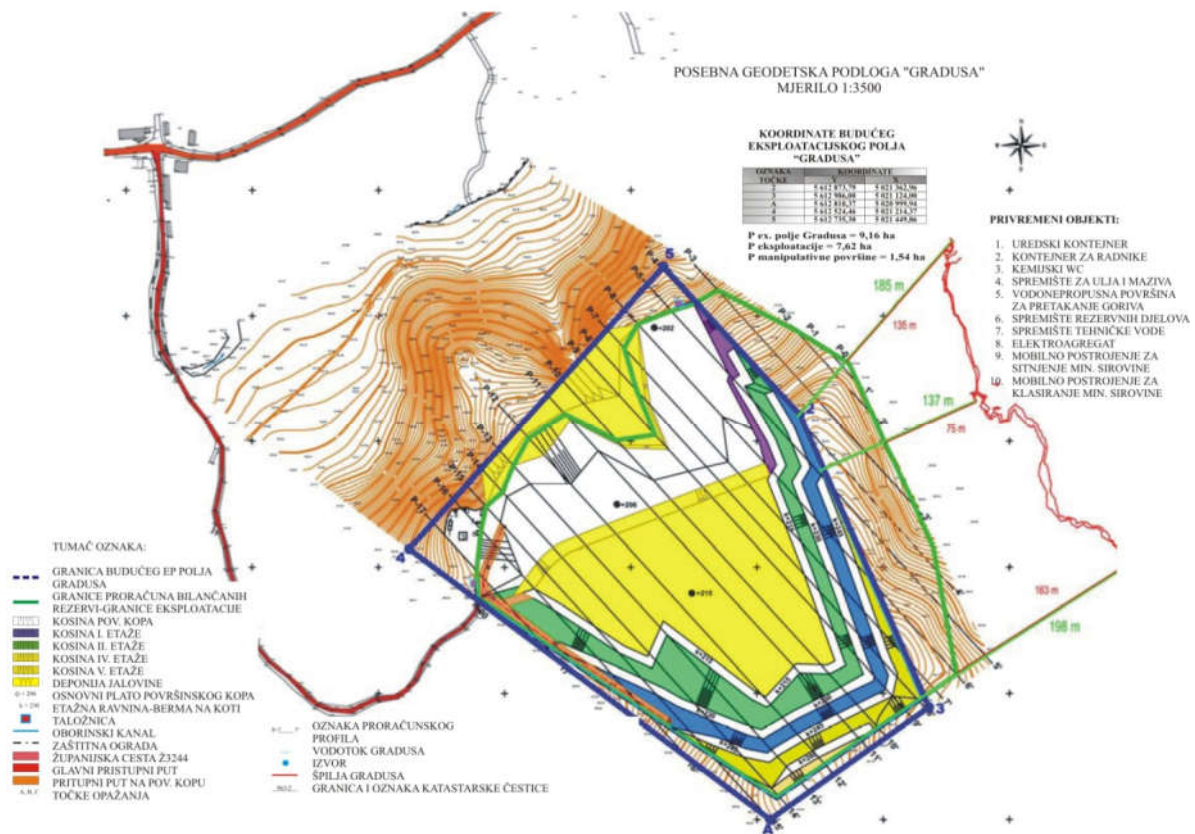
Buduće eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena "GRADUSA" nalazi se na području općine Sunje (približno udaljeno 11 km zračne linije od općine Sunje) u Sisačko-moslavačkoj županiji. Do njega se dolazi županijskom cestom Ž3244 gdje su u centru naselja Velika Gradusa odvaja približno 600 m prema jugu i šumskom cestom dolazi se na buduće eksploatacijsko polje. Kod naselja Drljače županijska cesta Ž3244 povezana je s državnom cestom D521 Sisak-Sunja-Hrvatska Kostajnica, dok je istom cestom u smjeru jugozapada kod mjesta Kovačevac povezana s državnom cestom D30 Petrinja-Hrvatska Kostajnica. Na dijelu kod naselja Velika Gradusa te dalje prema D30 ili prema D521, županijska cesta je dijelom neasfaltirana, ali u relativno dobrom stanju za odvijanje prometa.

Na *slici 2.1* prikazan je zemljopisni položaj budućeg eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena Gradusa.



Slika 2.1 Zemljopisni položaj budućeg eksploatacijskog polja Gradusa


Budući kop ukupne površine 9,16 ha imat će oblik nepravilnog peterokuta. Činit će ga eksploatacijski zahvat površine 7,62 ha i 1,54 ha površine na kojem će se nalaziti privremeni rudarski objekti, jalovišta, pristupni putevi te manipulativne površine na površinskom kopu. Godišnje se planira eksploatirati do 100.000 m³ tehničko-građevnog kamena u čvrstoj stijeni, *slika 2.2, Prilog 1.* (Jovičić, 2013).



Slika 2.2. Prikaz planiranog područja eksploatacije "Gradusa" (plavo) u odnosu na prijašnju predviđenu površinu eksploatacije (zeleno) i špilju Gradusa (crveno)-preuzeto iz "Prijedlog odmicanja završne fronte površinskog kopa na veću udaljenost od špilje" (Jovičić, 2013).

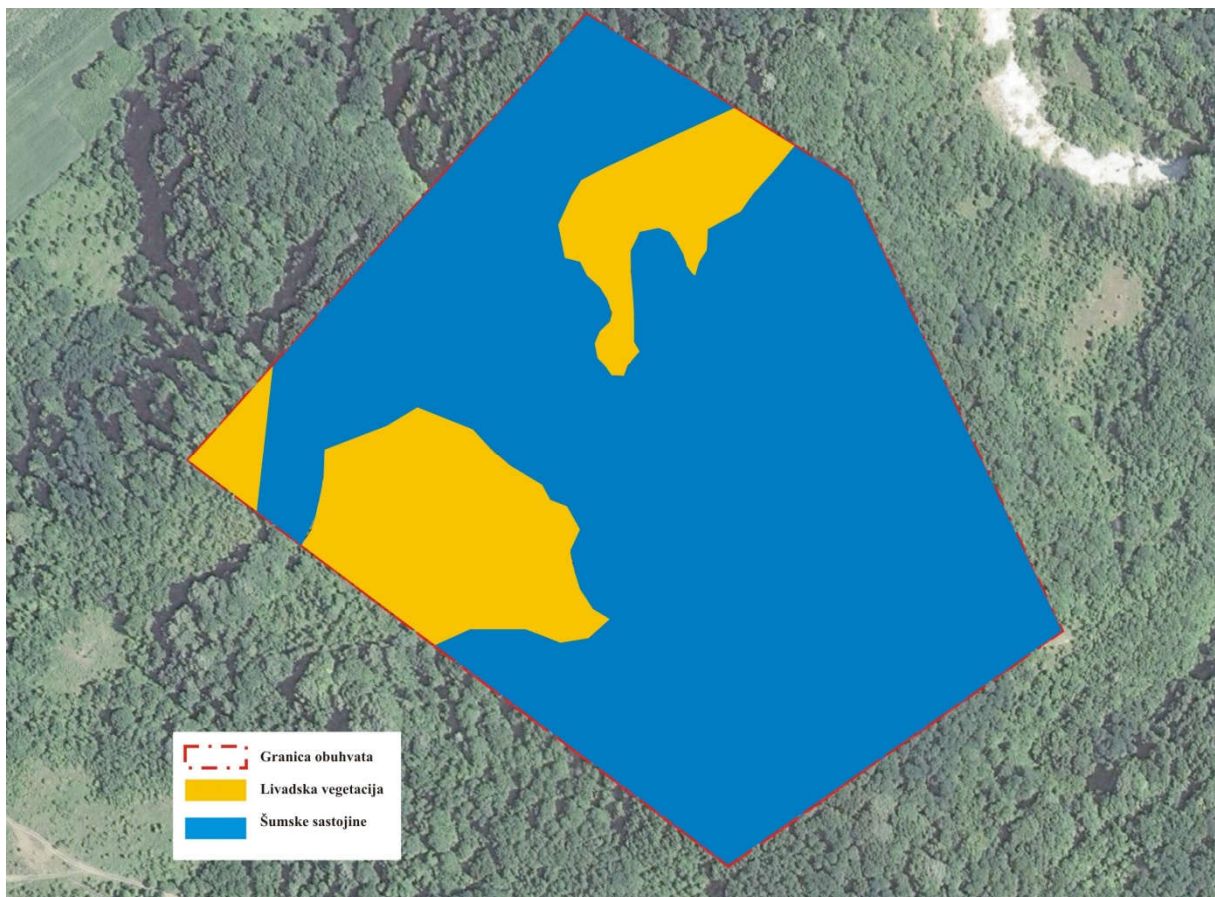
U **tablici 2.1** prikazane su karakteristične udaljenosti

Tablica 2.1 Udaljenosti najbližih granica planiranog područja budućeg eksploatacijskog polja od špilje

	UDALJENOST ZAVRŠNE KOSINE NA NAJBЛИŽOJ TOČKI	UDALJENOST OD ULAZA U ŠPIJLU GRADUSA	UDALJENOST OD KRAJA ŠPIJLE GRADUSA
		137 m	270 m

2.2. Stanište

Zahvaćena površina većim je dijelom smještena na području koje prekriva stanišni tip Srednjoeuropske acidofilne šume hrasta kitnjaka i obične breze (NKS šifra E.3.2.). Osim dominantne šumske vegetacije (do 80%), u sjeverozapadnom dijelu izvan budućeg eksploatacijskog polja nalazi se manji dio kultiviranih površina na kojima su posađene kulture kukuruza koje planirani zahvat ne obuhvaća, a unutar polja se fragmentarno i površinski gotovo zanemarivo pojavljuju i otvorene površine koje su većim dijelom u sukcesiji. Potok Gradusa koji u ovom dijelu toka prima brojne manje izvore u široj zoni istražnih radova teče sjeveroistočno prema rijeci Savi u koju direktno utječe (IRES 2014). Livade na području budućeg eksploatacijskog polja "Gradusa" zahvaćene su prirodnim procesima sukcesije vegetacije i zarastanja uslijed zapuštanja poljoprivredne proizvodnje te s vremenom na mjestu livadske vegetacije sve više se pojavljuju grmaste vrste i vrste šumskog drveća, odnosno dolazi do zarastanja livada.



Slika 2.3 Stanište na zahvaćenom području (IRES, 2014.)

2.2.1. Špilja Gradusa

Špilja se nalazi na području Pupiće brda, s ulazom na njegovim sjeveroistočnim obroncima na nadmorskoj visini od 173 m, oko 33 m iznad vodotoka Gradusa. Špilja i sam ulazu u nju otkriveni su tijekom nekadašnje eksploatacije mineralne sirovine za potrebe željezare u Sisku te se vjeruje da je današnji ulaz u nju otvoren tijekom procesa miniranja za te svrhe, *slika 2.4*. Špilja se pruža u duljini od 455 m s jasno izraženim glavnim kanalom koji je u jednom svom dijelu potopljen. Teško prohodni uski prolazi, djelomično potopljeni kanali i zbog blata klizave stjenke špilje svrstavaju se u vrlo zahtjevnu kategoriju speleoloških objekata. U glavnom kanalu, pružanja SZ-II malo prije polovice njegovog pružanja odvajaju se dva kraka- jedan je slijepi meandar dužine samo 12,5 metara dok se drugi meandrirajući spaja na vodenu etažu. U glavnom kanalu voda se nekoliko puta pojavljuje i nestaje, da bi njegov početni ulazno-izlazni dio u potpunosti bio potopljen. Suhi dio ovog kanala bogato je ispunjen špiljskim ukrasima-sigama (stalaktitima i stalagmitima, kamenim zavjesama i stupovima) te na nekim mjestima dostiže visinu i preko 10 metara. Osim glavnog kanala, iz uzlazne dvorane odvaja se jedan bočni prolaz koji se spušta do vode. U nastavku voda ga u potpunosti potapa te je daljnje napredovanje onemogućeno. Vodeni tokovi koji se nalaze u špilji nisu jasno povezani s površinskim vodama, međutim postojanje brojnih izvorišnih zona u podnožju površinskog kopa odnosno špilje, sugerira tu vezu.



Slika 2.4 Špilja Gradusa

Špilja Gradusa dio je ekološke mreže kao područje značajno za očuvanje stanišnih vrsta i tipova (Uredba o ekološkoj mreži, NN 124/13), navedena pod nazivom *HR 2001342 Područje oko špilje Gradusa*, **slika 2.5**. Osnovni ciljevi očuvanja ovog područja su vrste južni potkovnjak (*Rhinolophus euryale*) i dugokrili prašnjak (*Mlniopterus schreibersii*) te stanišni tip 8310 *Špilje i jame zatvorene za javnost*.



Slika 2.5 Detalji iz špilje Gradusa tijekom istraživanja (foto: Damir Basara)

2.3. Morfološke, hidrološke i klimatske značajke

2.3.1. Morfološke prilike

Buduće eksploatacijsko polje nalazi se na području Zrinskog predgorja brdovito-brežuljkastih obilježja, smještenog između rijeke Sunje na jugozapadu, pružanja sjeveroistok-jugozapad te doline rijeke Save na sjeveroistoku, istog pružanja. Prostire se sjeverozapadnim obroncima Pupić brda s najvišom kotom na 269 m n.m. te najnižom kotom na 148 m n.m. (Jovičić i Jurenić, 2013.).

2.3.2. Hidrološke značajke

Rubnim sjeverozapadnim dijelom teče vodotok Gradusa koja se ulijeva u rijeku Savu kod mjesta Gradusa Posavska. Također sa sjeverozapadne, sjeverne i sjeveroistočne strane Pupiće brda nalaze se izvori male izdašnosti (0,2-0,5 l/s) koji formiraju povremene tokove prema vodotoku Gradusa. Slične pojave, nešto izdašnije, opažaju se i na zapadnim obroncima Pupiće brda. Neki od navedenih izvora s povremenim vodotocima nalaze se na krajnjem sjeverozapadu i sjevernom rubnom dijelu istražnog prostora Gradusa (Jovičić i Jurenić, 2013.).

2.3.3. Klimatske značajke

Prema Kopenovoj klasifikaciji, klima Sisačko-moslavačke županije pripada klimatskoj zoni C (tople umjerene klime). Predjeli sjeverno od crte Topusko-Zrin pripadaju klimatskom tipu s izrazito kontinentalnim značajkama, a predjeli južno od te približne linije varijanti s maritimnim obilježjima klime. Prema klasifikaciji Thorntwaitea, razmatrano područje je humidno (indeks efektivnosti padalina P/E je u granicama od 64-127), slično kao i prema klasifikaciji Waltera (značajke umjerenog humidnog područja s izrazitim, ali ne vrlo dugim, hladnim razdobljem godine) (Jovičić i Jurenić, 2013.).

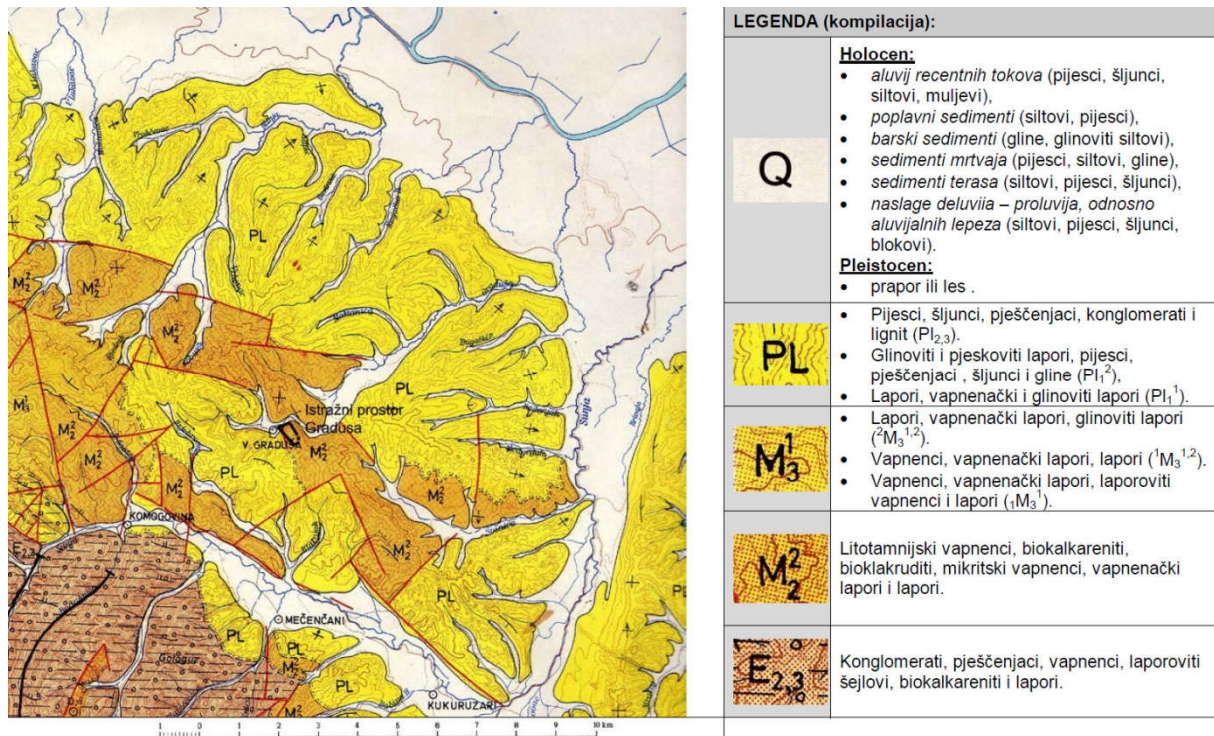
2.4. Geološko-tektonske i hidrogeološke značajke

Prema geotektonskom zoniranju Dinarida šire razmatrano područje pripada geotektonskoj jedinici Supradinarik odnosno području Unutrašnjih Dinarida.

2.4.1. Geološke značajke šireg područja

Za šire područje do sada nije tiskana Osnovna geološka karta-list Bosanski Novi, L33-105 mjerila 1:100 000, a nije ni objavljen pripadni Tumač. Stoga je kronostatigrafski prikaz i značajke statigrafskih članova koji grade šire područje, temeljeno na rezultatima istraživanja koji su rađeni za potrebe izrade Elaborata o rezervama, zatim postojećih radova kao i korelaciji s podacima susjednih terena čije se strukture i slična geološka građa nadovezuju na šire razmatrano područje.

Šire područje samog ležišta odnosno budućeg eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena "Gradusa" izgrađeno je iz naslaga raspona od eocenskih, miocenskih, pliocenskih do kvartarnih naslaga i složene je strukturno-tektonske građe. Rasprostranjenost i međusobni odnos navedenih naslaga kao i odnos naslaga ležišta prema strukturnom sklopu šireg područja prikazan je geološkom kartom šireg područja ležišta "Gradusa", mjerila 1: 100 000, *slika 2.6* (Jovičić, 2013).



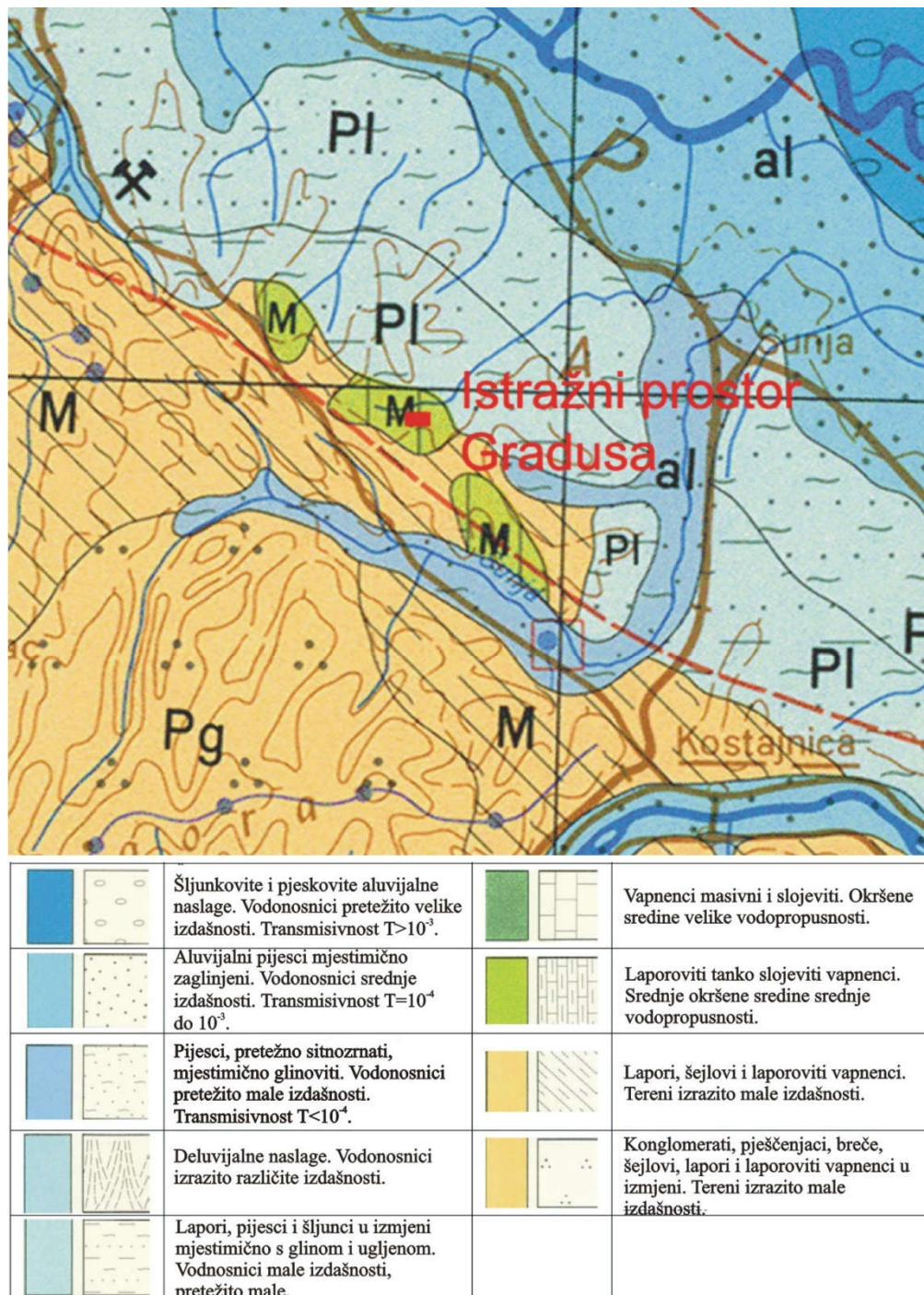
Slika 2.6 Geološka karta i pripadni Tumač navedene lokacije (detalj Osnovne geološke karte RH, list Zagreb, M 1:100 000) (Jovičić, 2013)

2.4.1.1. Tektonske značajke šireg područja

Recentni strukturni sklop šireg područja je složenih geoloških zbivanja kojima je bila izložena ranije navedena geotektonska jedinica unutrašnjih Dinarida. Shodno geološkoj građi šireg područja kao i lateralnih područja, posebno tektonskih odnosa na području koje obuhvaća OGK List Sisak u širem području budućeg eksploatacijskog polja "Gradusa" mogu se izdvojiti dvije osnovne tektonske jedinice: 1. Savska potolina i 2. Kredno-tercijarni pojas Unutrašnjih Dinarida.

2.4.1.2. Hidrogeološke značajke šireg područja

U hidrogeološkom smislu ovo područje izgrađeno je od stijena različite propusnosti. Njihove hidrogeološke karakteristike prikazane su u hidrogeološkoj karti RH, list Zagreb, *slika 2.7*.



Slika 2.7 Hidrogeološka karta i pripadni Tumač navedene lokacije (detalj hidrogeološke karte RH, list Zagreb, M 1:500 000) (Jovičić, 2013)

2.4.2. Geološke značajke budućeg eksploatacijskog polja "Gradusa"

Ležište tehničko-građevnog kamena "Gradusa" izgrađeno je od srednje miocenskih-badenskih litotamnijskih vapnenaca dinaridskog pružanja koji s obzirom na utvrđene strukturne i teksturne značajke, fosilni i mineralni sastav predstavljaju pretežito uniforman kompleks (Jovičić i Jurenić, 2013).

Obzirom na litološku odredbu, strukturni tip, utvrđene sastojke vapnenaca obuhvaćenih istražnim radovima (bušenje, istražni raskopi, detaljno snimanje litoloških profila) kao i rezultatima laboratorijskih istraživanja fizičko-mehaničkih svojstava (čvrstoća, upijanje vode i porozitet) u okviru ležišta izdvojene su tri zone litotamnijskih vapnenaca:

- Čvršći (gornji i donji)
- Slabije čvršći i
- Bijeli (podina)

Litotamnijski vapnenci gornje čvršće zone utvrđeni su na hipsimetrijski najvišim dijelovima ležišta, približno od 235 m n.m. pa do vršnih dijelova Pupiće brda. Grade hrbat pružanja približno sjever-jug u istočnom dijelu ležišta, zatim glavice Pupiće brda kao i gornji dio hrbta dinaridskog pružanja koji se nastavlja prema najvišoj točki Pupiće brda. Prosječna probušena debljina vapnenaca ove zone iznosi 10,55 m bez pokrovnog tla i pripovršinskog trošnog dijela (Jovičić i Jurenić, 2013).

Litotamnijski vapnenci slabije čvršće zone utvrđeni su ispod vapnenaca gornje čvrste zone na cijelom središnjem području ležišta. Generalno pružanje ove zone na površini je u smjeru sjeveroistok-jugozapad, s time da je jugozapadno od centralnog rasjeda-rasjedna zona više fragmentirana tektonskim pomacima uz rasjede dinaridskog pružanja kao i pružanja u smjeru istok-zapad te sjever-jug. Prosječna debljina ove zone u probušenom profilu ležišta iznosi približno 21,20 m, a varira od 16,00 m do 25,00 m (Jovičić i Jurenić, 2013).

Litotamnijski vapnenci donje čvršće zone nalaze se ispod litotamnijskih vapnenaca slabije čvršće zone. Ta zona na površini ima pružanje u smjeru sjeveroistok-jugozapad, a pojavljuje se u vidu brojnih decimetarsko-metarskih izdanaka koji se mogu slijediti lateralno kao suvisli pojas u donjem dijelu ležišta. Ravnomjernije su debljine, a prosječna debljina im iznosi približno 10,68 m.

Podina ležišta izgrađena je od bijelih litotamnijskih vapnenaca koji su dosta porozni, pretežno mekani te ponegdje imaju promjenjivu tvrdoću te su na nekim mjestima dosta sipki. Značajan sadržaj ovih litotamnijskih vapnenaca imaju alge litotamnija. Rasporostranjeni su na cijelom rubnom dijelu sjeverozapadnog, zapadnog i jugozapadnog ležišta.

Na ležištu "Gradusa" površinsku jalovinu čini pedološko tlo-humus (glinovito prahovite naslage debljine od 0,5-1,8 m) te rastrošni vapneneca pomiješan s česticama koje grade tlo prosječne debljine od 2-4 m, a ponegdje i do 8,6 m. Na temelju istražnih radova (istražnog bušenja i izrade raskopa) utvrđeno je da je veća debljina površinske jalovine u područjima jaraka i padina hrbtova, a manja na hrbtovima.

Za ležište je značajna prisutnost jalovine u masi ležišta. Ona je prisutna na mjestima sučeljavanja tektonsko-karstifikacijskih ili rasjednih zona, zatim na mjestima procjeđivanja oborinskih voda gdje je dolazilo do mehaničkog i kemijskog trošenja te cirkulacije procjednih voda gdje su donášani minerali glina i čestica praha površinskog tla-jalovina te je u tom dijelu stijenska masa iznimno slabije kakvoće i predstavlja jalovinu u masi ležišta.

Ležište "Gradusa" je shodno navedenim čimbenicima, a temeljem **Članka 133 Pravilnika o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilanac tih rezervi (NN br. 48/92 i 60/92)**, uvršteno u **drugu skupinu (II.) i prvu (I.) podskupinu ležišta tehničko-građevnog kamena** (Jovičić, 2013).

2.4.2.1. Tektonske značajke budućeg eksploatacijskog polja Gradusa

Eksploatacijsko polje Gradusa je tektonski jako poremećeno i ispresijecano brojnim tektonsko-zdrobljenim ili rasjednim zonama te većim i izraženijim pukotinama. Te pukotine i rasjedne zone dijele ležište na pojedine blokove-cjeline. Tektonski odnosi su odraz regionalnih geoloških zbivanja i vezani su za povijest stvaranja šireg područja ležišta.

Rasjedi koji dominiraju na ležištu te koji definiraju njegove morfološke značajke i odnos pojedinih litoloških i litostatigrafskih članova su pružanja sjeverozapad-jugoistok (dinarsko pružanje) i sjeveroistok-jugozapad (mediteransko pružanje), manje sjever-jug te istok-zapad.

Generalna pružanja utvrđenih sistema jače izraženih pukotina su sjeverozapad-jugoistok (68/84°), istok-zapad (350/88°) i sjeveroistok-jugozapad (128/82° i 284/82°) s neznatnom disperzijom odstupanja i varijacijama mjerenih podataka. Dominantno prisutne pukotine

zajedno s nizom paralelenih pukotina i prslina ograničavaju fragmente kamena na različite dimenzije. Gustoća pukotina nije ujednačena unutar cijelog ležišta, već se mijenja od lokacije do lokacije (vertikalno i horizontalno).

Ležište tehničko-građevnog kamena "Gradusa" je slabo izražene slojevite građe. Pretežito su decimetarske i metarske uslojenosti nejasno izraženih slojnih ploha, rjeđe centimetarski i milimetarski odnosno laminirani. Elementi slojevitosti su generalno $256/6^\circ$, tj. slojevi se generalno pružaju sjeverozapad-jugoistok s upadom prema jugozapadu i blagog je nagiba. Međutim, zbog blage slojevitosti i izražene tektonike pojedini blokovi ležišta imaju i druge elemente slojevitosti (Jovičić i Jurenić, 2013).

2.4.2.2. Hidrogeološke značajke budućeg eksploatacijskog polja

Litotamnijski vapnenci budućeg eksploatacijskog polja Gradusa imaju značajke srednje i dobre vodopropusnosti, pukotinske i međuzrnske poroznosti i u pogodnim strukturama nosioci su podzemnih voda veće i iskoristive izdašnosti.

U sjevernom dijelu budućeg polja tj. u rubnom dijelu doline vodotoka Gradusa nalaze se tri izvora male izdašnosti (*od 0,1 do 0,2 l/sek*). Izvori su aktivni tijekom cijele godine s neznatnim smanjenjem tijekom ljetnih mjeseci. Izvori se nalaze od 35 do 40 metara hipsimetrijski niže te sjeverno i sjeverozapadno od ruba planirane eksploatacije-otkopavanja.

Iz ranije navedenog može se zaključiti da navedeno ležište kao i veći dio naslaga ispod samog ležišta predstavlja vodom nezasićeni medij odnosno zonu gravitacijske infiltracije i vertikalnog kretanja oborinskih voda prema moguće znatno dublje pozicioniranom vodonosniku intergranularne i pukotinske poroznosti (Jovičić i Jurenić, 2013).

2.5. Inženjersko-geološke značajke budućeg eksploatacijskog polja

Samo ležište ima naznačene brdske značajke. Od doline vodotoka Graduse odnosno od sjeverozapada prema jugoistoku tj. prema Pupiće brdu visina razvedenog reljefa se povećava od +148 m n.m. do +269 m n.m. u krajnjem jugoistočnom dijelu istraženog ležišta. Visinska razlika iznosi približno 121 m. Visinska razlika samog otkopavanja unutar ležišta iznosi 68 metara.

Razvedeni reljef čine tri usporedna jarka pružanja sjeverozapad-jugoistok i četiri hrbta od kojih su dva središnja istog pružanja, dok rubni hrbat u sjeveroistočnom dijelu ležišta ima pružanje sjever-jug, a rubni hrbat u jugozapadnom dijelu ležišta ima pravac pružanja zapad-istok. U krajnjem jugoistočnom dijelu hrbtovi se spajaju u široku glavicu Pupiće brda.

3. Definiranje veličina probnog miniranja

Kako bi se definirala veličina probnog miniranja uzeti su sljedeći podaci iz Idejnog rudarskog projekta:

- **Mineralna sirovina:** tehničko-građevni kamen karbonatnog tipa, litotamijski vapnenci, u Elaboratu o rezervama je na osnovi inženjersko geoloških istražnih radova stijenska masa svrstana u V kategoriju prema opće priznatoj klasifikaciji-stijena je vrlo jako okršena, učestala je pojava vrlo malih blokova, površina pukotina je vrlo mala, javljaju se pukotine velike širine ispunjene glinom i fragmentima stijene, $c = 150-200 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 25,1 \text{ kN/m}^3$, srednja vrijednost tlačne čvrstoće u suhom stanju 38 MPa , otpornost na habanje po Boeme-u $= 31 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ (mekana do umjereno tvrda stijena), $\text{GSI} = 40$ (procijenjeno na temelju parametara iz Elaborata),
- **Geometrijske veličina budućeg kopa (na temelju idejnog projekta):** broj etaža 5, visina pojedine etaže maksimalno 15 m, ukupna natkopna visina 68 m,
- **Najbliža udaljenost završne kosine budućeg eksploatacijskog polja Gradusa od špilje, $L_o = 137 \text{ m}$.**
- **Najbliža udaljenost granice budućeg eksploatacijskog polja Gradusa od špilje, $L = 75 \text{ m}$.**

Opaska: za utvrđivanje režima probnih miniranja iz preventivnih i sigurnosnih razloga obzirom na specifičnost lokalnih čimbenika (špiljski ekosustav), radi utvrđivanja maksimalno dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja uzeta je duljina $L = 75 \text{ m}$, a ne duljina $L_o = 137 \text{ m}$. Takvoj odluci u prilog je i procijenjena vrijednost $\text{GSI} = 40$ prema parametrima iz Elaborata o rezervama, a ne ona koja je utvrđena terenskim inženjersko-geološkim istraživanjima (Mesec i dr. 2017).

3.1. Seizmičke oscilacije stijenska mase

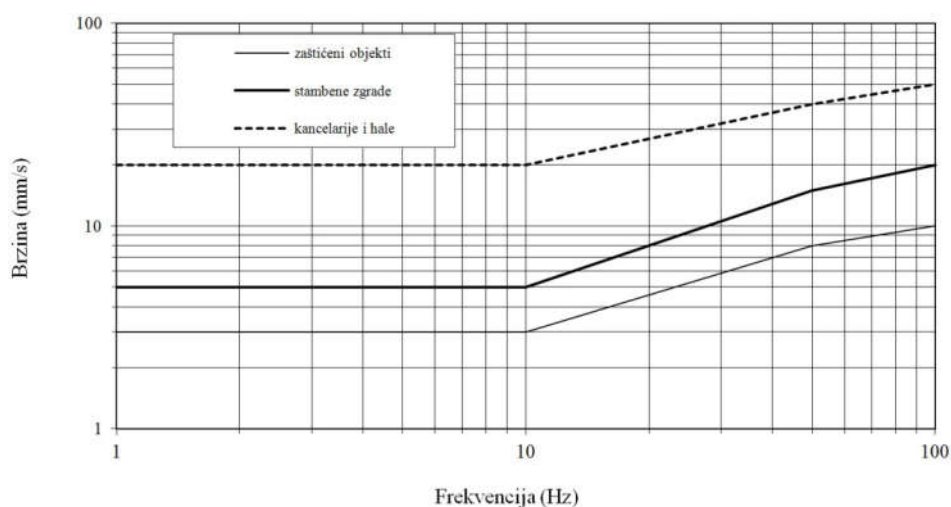
Brzina seizmičke oscilacije čestica tla ili stijena izazvanih detonacijama eksploziva u minskoj bušotini vrlo je važan kriterij temeljem kojeg se ocjenjuje ugroženost pojedinog objekta od seizmičkog djelovanja. Brzina oscilacija tla izazvanih miniranjem u izravnoj je vezi s količinom eksplozivnog punjenja koji detonira u pojedinom interval paljenja, udaljenošću mjesta opažanja od minskog polja te značajkama osnovnog tektonskog sklopa ili općenito inženjersko-geološkim i fizičko-mehaničkim karakteristikama stijenskih masa.

Dozvoljene brzine oscilacija čestica tla ili stijenskih masa za određene objekte nisu normirane hrvatskim propisima te se u praksi koriste međunarodne norme DIN, BS, USBM i drugi.

U Njemačkoj su standardom DIN 4150 klasificirani objekti po kategorijama i za njih pripadajuće dopuštene brzine oscilacija čestica stijena u zavisnosti o frekvenciji oscilacija. Taj standard je prihvaćen i u našoj zemlji, **tablica 3.1**, **slika 3.1**.

Tablica 3.1 Granične brzine oscilacija čestica stijena prema DIN standardu 4150

Frekvencija oscilacija	< 10 Hz	10 - 50 Hz	50 - 100 Hz
Kategorija objekta	Granične vrijednosti brzina oscilacija izražene u mm/s		
1. Kancelarije i tvorničke zgrade	20	20 - 40	40 - 50
2. Stambene zgrade	5	5 - 15	15 - 20
3. Povijesni i drugi zaštićeni objekti	3	3 - 8	8 - 10
Za frekvencije > 100 Hz mogu se uzeti veće vrijednosti brzina oscilacija			



Slika 3.1 Grafički prikaz graničnih brzina oscilacija prema DIN 4150 standardu

Kako bi se što bolje razumjele karakteristike potresa često je u uporabi skala S.V. Medvedeva koja određuje stupanj potresa na osnovi izmjerenih brzina oscilacija, **tablica 3.2**.

Tablica 3.2 Prikaz određivanja intenziteta stupnja potresa na osnovu izračunatih rezultantnih brzina na mjestima opažanja po skali S.V. Medvedeva

Stupanj potresa	Brzina oscilacija cm/s	Karakteristika potresa
1.	< 0.2	Oscilacije mogu registrirati samo instrumenti
2.	0.2 - 0.4	Oscilacije se mogu osjetiti samo u potpunoj tišini
3.	0.4 - 0.8	Oscilacije mogu osjetiti osobe koje su obaviještene o miniranju
4.	0.8 - 1.5	Oscilacije osjećaju mnogi ljudi i pojavljuje se zveckanje
5.	1.5 - 3.0	Počinje osipanje žbuke; nastaju oštećenja na starijim zgradama
6.	3.0 - 6.0	Pojavljaju se veće pukotine u žbuci, oštećenja zgrada su lako uočljiva
7.	6.0 - 12.0	Pojavljaju se oštećenja na solidnijim zgradama; otpadaju komadi žbuke; nastaju tanke pukotine u zidovima i dimnjacima; počinje klizanje vodom zasićenog pjeskovitog tla; otpadanje nestabilnih blokova na strmim nagibima
8.	12 - 24	Nastaju znatna oštećenja zgrada; pojavljaju se velike pukotine u zidovima i konstrukcijama; dimnjaci se ruše; odvaljuje se žbuka; počinje obrušavanje kosina uz rub tektonskih pukotina; u slabo vezanim stijenama nastaju trajne deformacije
9.	24 - 48	Zgrade se ruše; pojavljaju se velike pukotine u zidovima i stijenama; odronjavanje čvrstih kosina; obrušavanje rubnih dijelova slabo vezanih stijena i tla sa sistemom pukotina nepovoljno orijentiranih
10.	48 - 96	Nastaju velika razaranja i rušenja zgrada; pojavljaju se pukotine u čvrstim stijenama; zarušavanje rubnih dijelova u slabovezanim srednje čvrstim stijenama; zarušavanje jamskih hodnika
11. - 12.	> 96	Znatna obrušavanja kosina u čvrstim stijenama

3.2. Tehničke značajke pokusnih miniranja

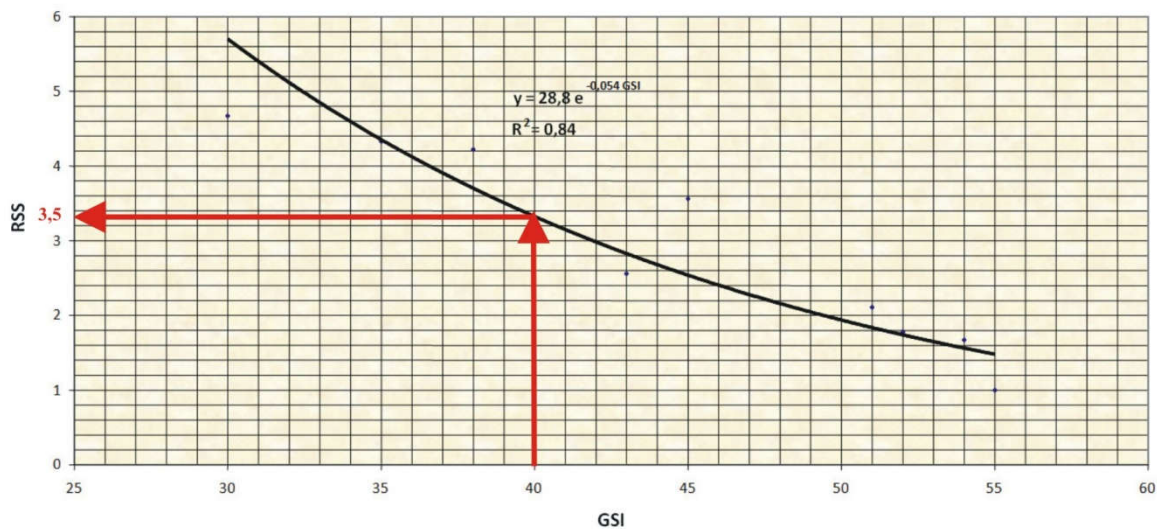
Za prethodno navedeno buduće eksploatacijsko polje usvojene su sljedeće veličine:

Procjena područja frekvencije oscilacija	$f=10-50$ Hz
Maksimalno dozvoljena brzina oscilacija prema DIN standardu 4150	$v=8$ mm/s
Najbliža udaljenost granice budućeg eksploatacijskog polja od ulaza u špilju,	$L_{\min}=75$ m

Korištenjem DIN 4150 standarda i empirijskog dijagrama dobivenog na osnovi niza mjerenja seizmičkih oscilacija prilikom pokusnih i proizvodnih miniranja u sedimentnim stijenama,

može se preliminarno utvrditi količina eksploziva za probna miniranja na temelju lokalnih uvjeta: poziciji susjednih objekata u odnosu na minsko polje i inženjersko-geološkim značajkama stijene u kojoj će se izvoditi miniranja (Mesec, 2009).

Prema ranije navedenoj metodologiji, najprije se iz inženjersko-geoloških značajki stijenskog masiva koje reprezentira geološki indeks čvrstoće (GSI) utvrđuje relativna seizmička osjetljivost predmetne stijene RSS (RSO), *slika 3.2* (Mesec, 2009).

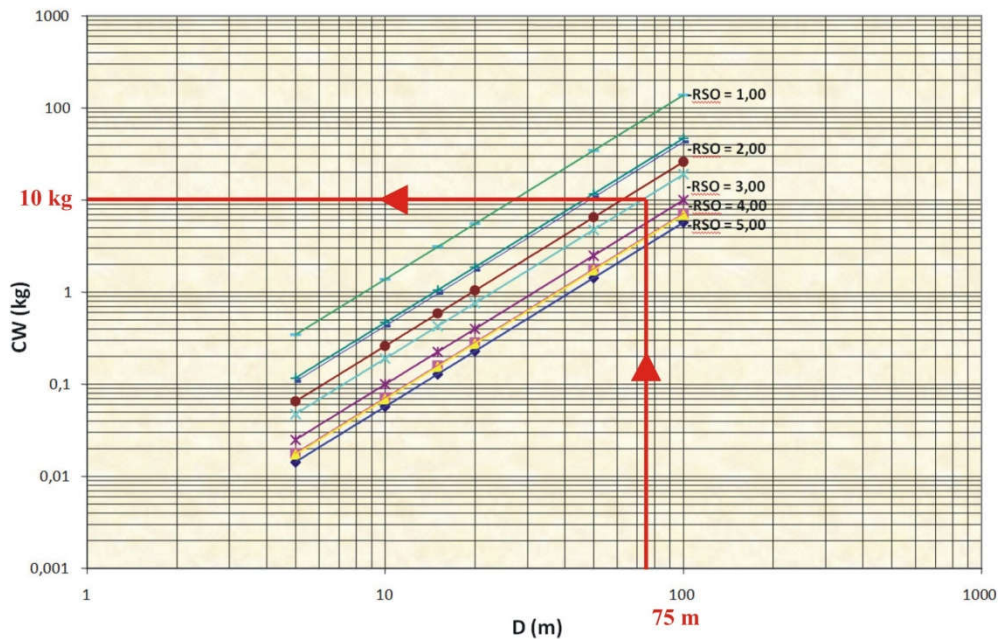


Slika 3.2 Dijagram za utvrđivanje relativne seizmičke osjetljivosti RSS (Mesec i dr. 2015)

Iz priloženog dijagrama i na temelju ulaznih podataka (lokalni uvjeti), izlazi da je **RSS (RSO) za budućeg eks. polje=3.5.**

Opska: uzima se da je špilja sa šišmišima koju treba štiti u najvišoj, trećoj kategoriji prema priloženom DIN 4150 standardu (povijesni i drugi zaštićeni objekti), i za koje brzina oscilacija tla prilikom miniranja ne smije prekoračiti 8 mm/s.

Nakon toga se za utvrđenu vrijednost relativne seizmičke osjetljivosti RSS (RSO) iz dolje priloženog D-CW (R-Q) dijagrama za zadanu udaljenost D (R, m) ugroženog objekta od pokusnog minskog polja određuje pokusno dozvoljena količina eksploziva po stupnju paljenja CW (Q), *slika 3.3* (Mesec i dr. 2017).

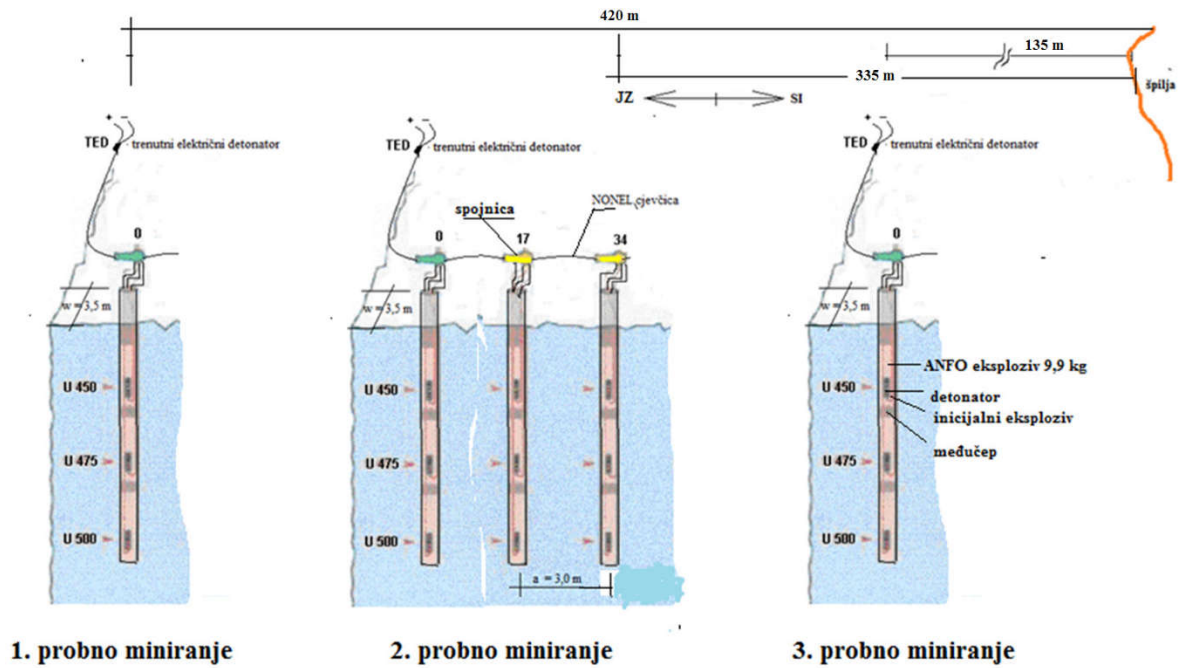


Slika 3.3 Eksperimentalni dijagram utvrđivanja dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja u ovisnosti o udaljenosti ugroženog objekta od minskog polja (Mesec i dr. 2017)

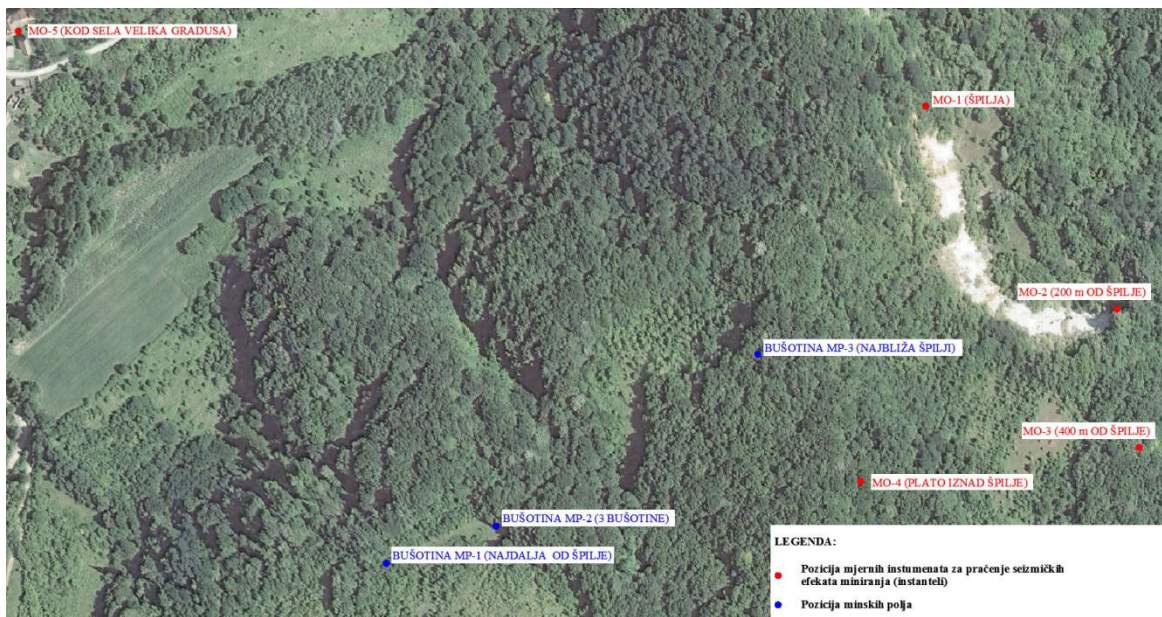
Iz priloženog R-Q dijagrama za preliminarno utvrđeni inženjersko-geološki tip stijene u budućem eksploatacijskom polju Gradusa proizlazi **da maksimalno dozvoljena količina eksploziva po stupnju paljenja $Q_{dozv.}$, za udaljenosti ugroženih objekata od buduće završne kosine $L=75$ metara iznosi $Q_{dozv.}=10$ kg.** Danu vrijednost **maksimalno dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja $Q_{dozv.}$, za najbližu udaljenost ulaza u špilju treba potvrditi probnim miniranjem uz obavezno mjerenje brzina oscilacija** (Mesec i dr. 2017).

U skladu s prethodno navedenim, projektirano je izvođenje tri probna miniranja:

- **Prvo probno miniranje** s jednom minskom bušotinom izgleda kao na *slici 3.4.*, koja je najudaljenija od špilje-na udaljenosti od približno 420 metara, pozicija vidljiva na *slici 3.5*
- **Drugo probno miniranje** sa tri minske bušotine sa svrhom testiranja predloženog milisekundnog intervala usporenja između pojedinih mina, prikazano na *slici 3.4*, koje su na udaljenosti od približno 335 metara od špilje, pozicija također vidljiva na *slici 3.5* i na *Prilog 2, 3 i 4.*
- **Treće probno miniranje** s jednom minskom bušotinom kao što je prikazano na *slici 3.4*, koja je najbliže špilji-na udaljenosti od 135 metara, pozicija vidljiva na *slici 3.5*



Slika 3.4 Skica probnog minskog polja (Mesec i dr. 2017.)



Slika 3.5 Pozicija probnih minskih polja (MO) i mjesta na kojima je vršeno opažanje (MO) (Mesec i dr. 2017.)

Treba napomenuti da su probne minske bušotine potpuno ukliještene po čitavoj dubini jer kamenolom još nije otvoren niti razvijen. Zato se mogu očekivati veće brzine oscilacija prilikom probnih miniranja u odnosu na buduća proizvodna miniranja, ali još uvijek bi te brzine oscilacija trebale biti u dopuštenim granicama.

Povećanjem udaljenosti između minskih polja i špilje kod budućih proizvodnih miniranja biti će moguće povećavati i dozvoljenu količinu eksploziva po stupnju paljenja, ali to je pitanje utvrđivanja režima proizvodnih miniranja s pripadajućim mjerenjima seizmičkih efekata koje treba riješiti u Glavnom rudarskom projektu. Ipak, povećanje dozvoljene količine po stupnju paljenja nije nužno za cijelo vrijeme eksploatacije, obzirom da se današnjom tehnologijom miniranja primjenom razdjeljivih punjenja u jednoj te istoj bušotini postižu željeni efekti.

Za miniranje predmetne stijenske mase treba koristiti eksplozive s manjim detonacijskim brzinama (oko 3000 m/s) jer se na taj način smanjuju gubici kinetičke energije eksploziva i ono što je praktički važnije smanjuju se i štetni utjecaji na okoliš poglavito razbacivanje kamena na veliku daljinu te zračni udarni valovi koji se javljaju nakon detonacije eksplozivnog naboja. Iz tih razloga se preporuča uporaba AN-FO eksploziva kojima se i inače postižu najbolji efekti kod miniranja slabijih stijenskih masa kakve su zastupljene u u budućem eksploatacijskom polju Gradusa. Također treba imati na umu da slabije i tektonski poremećenije stijenske mase imaju manje frekvencije oscilacija, veće amplitude odnosno veće brzine oscilacija (umjetni potres) u odnosu na čvrste stijenske mase kod jednakih bušačko-minerskih veličina miniranja (Mesec i dr. 2017).

Prije nego li su provedena probna miniranja obična je ugrožena zona te su utvrđene mjere osiguranja o čemu je načinjen komisijski zapisnik. Nakon miniranja rukovodilac miniranja je obišao minsko polje sa predstavnikom investitora i time je utvrđeno da je miniranje uspješno izvedeno, materijalne štete nije bilo. Plan miniranja je izrađen prema *Pravilniku o mjerama zaštite pri rukovanju eksplozivnim tvarima i miniranju na površinskim kopovima i kamenolomima* te prema *Zakonu o eksplozivnim tvarima za gospodarsku uporabu* (Mesec i dr. 2017).

Prilikom probnih miniranja 29.05.2015. godine mjerene su brzine oscilacija tla i zračni udarni val na ukupno 5 lokacija opažanja. Ukupno su otpucana tri minska polja.

Udaljenosti između lokacija na kojima su vršena opažanja i minskih polja izmjerena su uporabom GPS (Global Positioning System). Poznavanjem koordinata dvaju točaka u ovom slučaju za točku minskog polja (MP) najbližu šticećenim stambenim objektima (mjesto opažanja, MO) određene su vrijednosti koordinata Y, X i Z.

Koordinate mjesta opažanja određene su s točnošću do 3,0 m, a na osnovi njih najkraća udaljenost u prostoru između tih dvaju točaka ($R=D_{xyz}$) prema izrazu:

$$R = D_{xyz} = \sqrt{(Y_1 - Y_2)^2 + (X_1 - X_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2} \quad (1)$$

Na taj način izračunate su udaljenosti od probnih minskih polja (MP-1 do MP-3) do svakog mjesta opažanja (MO-1 do MO-5).

U **tablici 3.3.** prikazana je ukupno utrošena količina eksploziva u pokusnim minskim bušotinama.

Tablica 3.3 Ukupno utrošena količina eksploziva po minskim bušotinama (*Mesec i dr. 2017*)

PLANIRANO						OSTVARENO					Primjed ba kod punjenja bušotina
Bušotine			Eksploziv			Bušotine		Eksploziv			
Red. br.	Dubina m	Duž. čepa m	Riogel 60 kg	Amonit6 rinf. kg	Σ kg	Du b m	Duž. Čepa m	Riogel 60 kg	Amonit6 rinf.	Σ kg	
1.	17	3,00	5	25	30	17	3,00	5	25	30	MP-1
2.	17	3,00	5	25	30	17	3,00	5	25	30	MP-2
3.	17	3,00	5	25	30	17	3,00	5	25	30	
4.	17	3,00	5	25	30	17	3,00	5	25	30	MP-2
5.	17	3,00	5	25	30	17	3,00	5	25	30	MP-3
Σ	85	-	25	125	150	85	-	25	125	150	

3.3. Oprema za mjerenje

Mjerenje buke i seizmičkih oscilacija tla obavljeno je pokretnim seizmografima opremljenim s trokomponentnim geofonima INSTANTEL (MiniMate Plus) koji posjeduju ISO certifikat 9001. Ti seizmografi mjere brzinu, pomak, akceleraciju te pripadajuće frekvencije oscilacija tla i zračni udarni val.

3.4. Zračni udarni val

Na intenzitet i jačinu zračnog udara najviše utječe količina i vrsta eksploziva, udaljenost od središta eksplozije, položaj eksplozivnog naboja, način iniciranja eksplozivnog punjenja, oblik i konfiguracija okolnog terena te meteorološki uvjeti u trenutku eksplozije. Smanjenjem jačine zračnog udara smanjuje se nekontrolirani mehanički rad prilikom detonacije eksplozivnog naboja i štete nastale djelovanjem zračnog udara. To znači, da u praksi treba pokusima utvrditi optimalne veličine za proizvodna miniranja. Osim toga, u neposrednom i naseljenom okolišu treba prakticirati: niske etaže, manje promjere bušotina, odgađati aktiviranje mina pri maglovitom i oblačnom vremenu bez vjetra, za vrijeme jakih zima i slično. Mjerenjima je dokazano da pri jakom vjetru razina buke može porasti čak za 10 do 15 dB.

Zračni udarni val posljedica je naglog povećanja tlaka plinova pri detonaciji eksplozivnog naboja. Međusobna zavisnost tlaka, brzine širenja zračnog udarnog vala, brzine kretanja zraka u samoj fronti vala i gustoće zraka definirana je izrazom:

$$P = \rho_z v_{uv}^2 (1 - \rho_z/\rho_1) \quad (2)$$

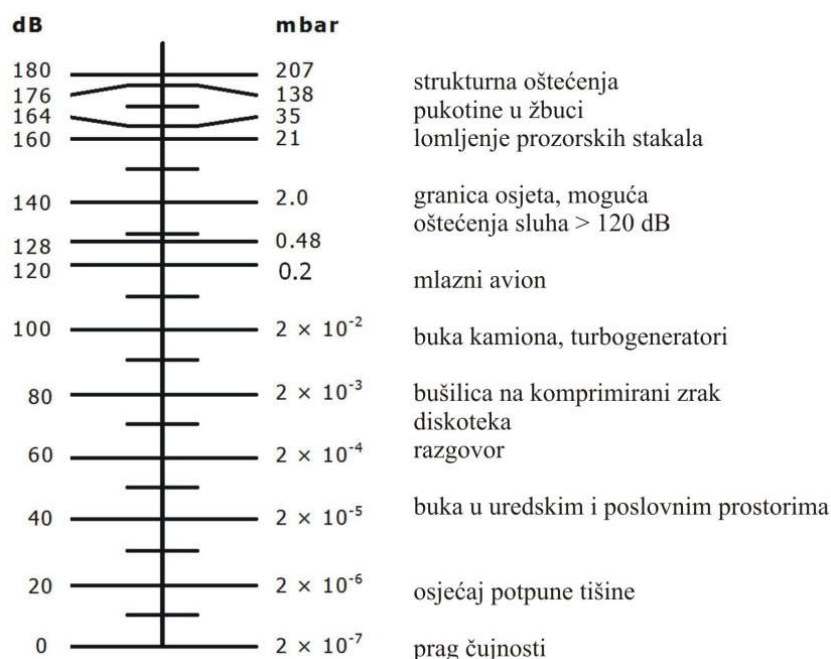
Gdje su: P -tlak zračnog udarnog vala (mbar)
 ρ_z -gustoća zraka (kg/m³)
 v_{uv} -brzina širenja zračnog udarnog vala (m/s)
 ρ_1 -gustoća zraka u fronti vala kg/m³

U navedenom izrazu nepoznata je brzina širenja zračnog udarnog vala i gustoća zraka u fronti vala tako da je prave rezultate moguće dobiti jedino mjerenjima. Osim toga, povećanjem udaljenosti minskog polja od kritične točke tlak zračnog udarnog vala znatno opada. U **tablici 3.4** dane su moguće štete koje nastaju pri određenom tlaku zračnog udarnog vala, a dijagram specifičnih zvučnih razina s vrijednostima u decibelima i milibarima (1 mbar=100 Pa) dan je na **slici 3.6.**

Tablica 3.4 Štete koje nastaju pri određenom tlaku zračnog udarnog vala

TLAK UDARNOG VALA		OPIS ŠTETE
(mbar)	(Pa)	
$2 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-5}$	Prag čujnosti
0.14	14	Staklo i kuhinjsko posude vibrira
0.21	21	Uznemirenje ljudi
2.1	210	Nema oštećenja
7	700	Lom slabo učvršćenog stakla
21	2100	Lom dobro učvršćenog prozorskog stakla
210	21000	Oštećenje na građevinama, pucanje bubnjića u uhu
1000	100000	Rušenje zidova od cigle, pukotine u betonu
2000	200000	Velike štete, rušenje betonskih konstrukcija, povrede unutarnjih organa kod ljudi
2500	250000	Smrtno stradavanje ljudi
4000	400000	

Slika 3.6. prikazana je kao poveznica između tlaka udarnog vala i jačine buke u dB.



Slika 3.6 Vrijednosti tipičnih zvučnih razina s vrijednostima u decibelima (dB) i milibarima (mbar)

Na temelju iskustvene procjene, u slučaju budućeg kamenoloma Gradusa te uz primjenu i poštivanje navedenih mjera i parametara, prosječna jačina buke pri mniranju ne bi smijela

prelaziti 60 dB pri najbližoj kritičnoj udaljenosti od špilje. Da je tome tako provjeriti će se na snimkama četiri postavljena seizmografa (*slika 3.7.*), koji mogu mjeriti istovremeno brzine oscilacija i jačinu buke na zadanoj udaljenosti. Jedan tip takvog instrumenta je INSTANTEL MiniMate Plus s kojim je do sada obavljen niz mjerenja.



Slika 3.7 Seizmograf InstanTEL MiniMate Plus

Na smanjenu jačinu buke u slučaju špilje uz buduće eksploatacijsko polje Gradusa povoljno će utjecati konfiguracija terena i predviđeni način povezivanja i aktiviranja mina. Važno je napomenuti da pri tehničko-tehnološkim rješenjima eksploatacije u glavnom rudarskom projektu treba značajnu pažnju posvetiti odabiru potrebne mehanizacije (bageri, utovarivači, kamioni, drobilice, agregati...) koji mogu biti ozbiljniji čimbenici štetnih utjecaja po okoliš u okruženju budućeg kamenoloma Gradusa.

3.5. Razbacivanje minirane mase u okoliš

Razbacivanje komada minirane stijenske mase opasno je za ljude, a u slučaju eksploatacijskog polja Gradusa i za špiljski ekosustav i žive organizme u njemu tj. šišmiše. Ta štetna pojava, njezin intenzitet i daljina razbacivanja zavise od čitavog niza čimbenika kao što su:

- Anomalije tektonskog sklopa stijene
- **Neracionalno projektiranje minerskih radova, npr. odabirom brizantnijih (jačih) eksploziva za miniranje jače raspucalih (slabijih) stijena ili projektiranjem pogrešnog smjera otkopavanja u odnosu na objekte koje treba štiti,**
- Nepridržavanjem projektiranih veličina prilikom punjenja minskih bušotina, naročito u pogledu točno određene količine eksploziva u minskoj bušotini i projektirane veličine čepa.

Teorijska daljina razbacivanja, općenito se može izračunati prema sljedećem izrazu Gustaffsona:

$$L_r = 255 n^{0,75} \sqrt[3]{w} = 255 (3,0/3,5)^{0,75} \sqrt[3]{3,5} = 344,57 \rightarrow \text{usvaja se } 345 \text{ m} \quad (3)$$

Gdje su:	L_r	-teorijska duljina razbacivanja	(m)
	$n=R/w$	-pokazatelj djelovanja eksplozije	
	R	-radijus odloma minske bušotine	(m)
	w	-linija najmanjeg otpora (izbojnica)	(m)

Iz samog izraza je vidljiv općeniti karakter dobivenog rezultata (nema lokalnih uvjeta). Naime, ova formula često se koristi u projektima miniranja kako bi se odredila sigurna udaljenost na koju treba prilikom miniranja skloniti ljude i materijalna sredstva (Mesec i dr. 2017).

Ne postoji niti jedan izraz u svijetu prema kojem bi se točno mogla odrediti daljina razbacivanja (niti jedno miniranje ne izvodi se u jednakim uvjetima tektonskog skopa stijena- to naročito vrijedi za sedimentne stijene). Ali, ako se izvođač miniranja pridržava striktno projektnih rješenja koja moraju uzeti u obzir gore navedene čimbenike o kojima ovisi daljina razbacivanja, a to poglavito znači u slučaju budućeg eksploatacijskog polja Gradusa uporabu slabijih eksploziva tipa AN-FO i izradu čepa minskih bušotina na projektiranu mjeru te time daljina razbacivanja ne bi smjela biti veća od 50 metara. Kod punjenja minskih bušotina u tektonski poremećenijim stijenskim masama kakve su prisutne na budućem eksploatacijskom polju Gradusa treba obavezno koristiti patronirane eksplozive jer je samo na taj način osigurana propisana količina eksploziva koja detonira trenutno po stupnju paljenja (nasipavanjem eksploziva u bušotine izbušene u poremećenijim stijenama najčešće se zapunjavaju i kaverne kroz koje prolazi minska bušotina tako da postoji trenutna opasnost od prevelike koncentracije eksploziva u minskom polju).

Osim toga frontu minskih polja u budućem Glavnom rudarskom projektu treba projektirati obavezno u pravcu sjeveroistok-jugozapad uz napredovanje smjera otkopavanja u pravcu jugoistoka približno paralelno sa linijom špilje (isto kao i pozicija probnog minskog polja, **slika 2.2**). Time se najviše štiti obližnja špilja od razbacivanja minirane mase jer će praktički sveukupno razbacivanje biti predodređeno u pravcu sjeverozapada (Mesec i dr. 2017).

4. Rezultati probnih miniranja

Kako bi se budući eksploatacijski radovi bušenja i miniranja na eksploatacijskom polju Gradusa odvijali bez štetnih posljedica bilo je potrebno izvesti terensko mjerenje brzine oscilacije tla i zračnog udarnog vala. Rezultati mjerenja koji su prikazani u ovom diplomskom radu, a koja su izvedena tijekom miniranja probnih minskih bušotina, dana 29.05.2015. god. s ciljem da se odrede utjecaji seizmičkih oscilacija na obližnji špiljski ekosustav koji se nalazi 137 metara od buduće završne kosine kamenoloma Gradusa.

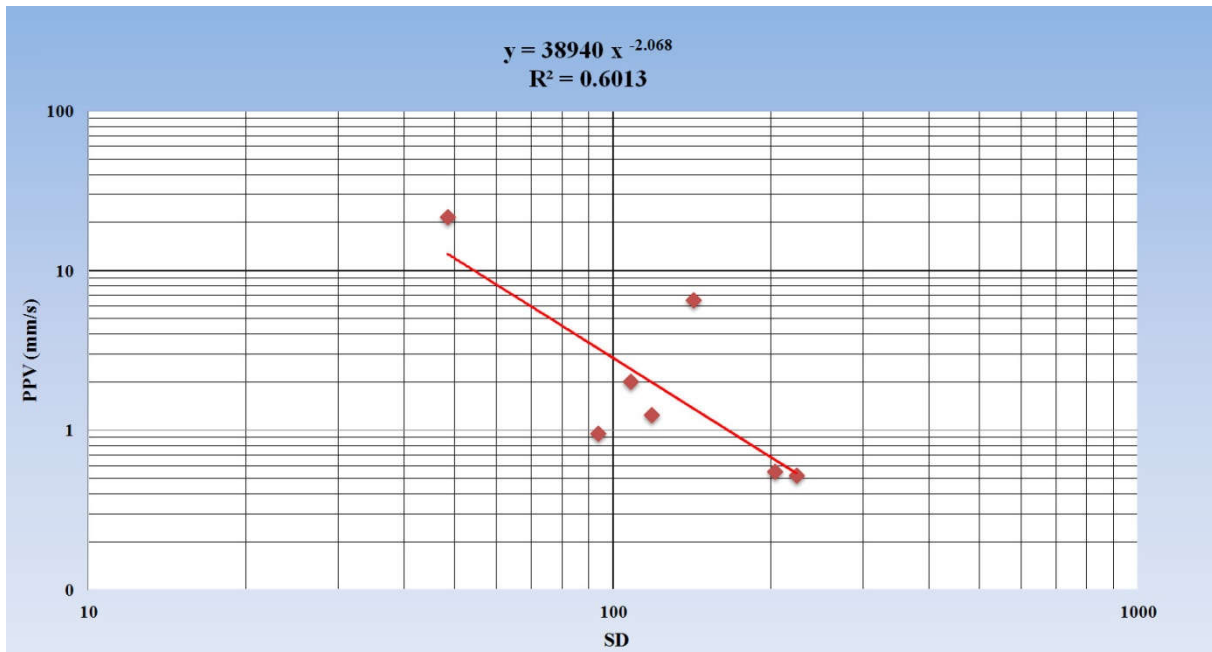
4.1. Analiza rezultata mjerenja brzina oscilacija tla i zračnog udara

U tablici 4.1. dati su rezultati probnih miniranja no osnovi kojih je iscrtan dijagram ovisnosti brzine oscilacija tla i skalirane (reducirane) udaljenosti.

Tablica 4.1 Rezultati provedenih miniranja

Lokacije miniranja, Broj.	Mjesta opažanja (Seizmografi), MS	Maksimalne izmjerene vrijednosti PPV (mm/s)	Udaljenost, D (m)	Maximalni naboj po usporeju, CW (kg)	Skalirana udaljenost, SD (m/kg ²)	Glavna frekvencij, f (Hz)
Svibanj 2015. - PROBNO MINIRANJE (5 minskih bušotina, dubina bušotina=17,0 m, promjer= 99 mm, razmak = 3,0 m)						
MP-1	MO-1	-	447,45	10,00	207,69	-
	MO-2	-	489,87	10,00	227,38	-
	MO-3	0,52	482,09	10,00	223,77	8
	MO-4	6,53	306,75	10,00	142,38	2
	MO-5	-	410,41	10,00	190,50	-
MP-2	MO-1	-	382,13	10,00	177,37	-
	MO-2	-	418,62	10,00	194,31	-
	MO-3	-	411,01	10,00	190,77	-
	MO-4	2,01	233,13	10,00	108,21	5
	MO-5	0,55	438,67	10,00	203,61	11
MP-3	MO-1	0,95	201,79	10,00	93,66	10
	MO-2	-	242,28	10,00	112,46	-
	MO-3	1,25	255,82	10,00	118,74	21
	MO-4	21,70	104,40	10,00	48,46	18
	MO-5	-	517,02	10,00	239,98	-

Na temelju rezultata prikazanih u **tablici 4.1** iscrtan je dijagram ovisnosti brzine oscilacija tla i skalirane (reucirane) vrijednosti kako je prikazano na *slici 4.1*.



Slika 4.1 Dijagram ovisnosti brzine oscilacija tla i skalirne (reducirane) udaljenosti

Općeniti izraz za brzinu oscilacija glasi:

$$PPV = K \times (SD)^{-n} \text{ (mm/s)} \quad (4)$$

- Gdje je:
- PPV(v) -brzina oscilacija (mm/s)
 - K -koeficijent svojstava stijene i uvjeta opažanja
 - SD -skalirana (reducirana) udaljenost $SD = D / (CW)^{1/2}$
 - CW(Q) -količina eksploziva po stupnju paljenja (kg)
 - D(R) -udaljenost minskog polja od mjesta opažanja (m)
 - n -koeficijent oscilacija stijenskog masiva

Iz navedenog izraza moguće je izračunati dozvoljenu količinu eksploziva po stupnju paljenja u ovisnosti od postavljene maksimalne brzine oscilacija (v) i udaljenosti minskog polja od mjesta opažanja (R):

$$Q = [(v/K)^{1/n} \cdot R]^2 \text{ (kg)} \quad (5)$$

U konkretnom slučaju za kamenolom Gradusa:

prema DIN standardu za $v = 3$ do maksimalno 8 mm/s uz izmjereni raspon frekvencija 10 do 50 Hz, minimalnu udaljenost buduće završne kosine od minskog polja od $R=135$ m,

K -koeficijent svojstava stijene i uvjeta opažanja **K=39 089**

n - koeficijent oscilacija stijenskog masiva **n = -2,069**

Maksimalno dozvoljena količina eksploziva po stupnju paljenja za proizvodna miniranja iznosi:

Q = 4,98 kg, iz sigurnosnih razloga usvaja se 5,0 kg

Proračunati konkretni rezultat maksimalno dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja dobiven na osnovi seizmičkih opažanja (Q = 5 kg) pokazuje da je preliminarno procijenjeni GSI stijenskog masiva u iznosu od GSI = 40 precijenjen te da je u stvarnosti nešto manji te iznosi GSI = 36 (Mesec i dr. 2017).

Na *slici 4.2* dat je ispis opažanja seizmičkih oscilacija i buke koji su mjereni na poziciji MO-4 pomoću INSTANTELA MiniMate Plus.

Date/Time Long at 14:25:32 May 29, 2015
Trigger Source Geo: 0.500 mm/s
 Mic: 131 dB(L)
Range Geo :31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1

Serial Number BE11648 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
Battery Level 6.2 Volts
Calibration January 30, 2015 by RGN Zagreb
File Name M648FV9X.EK0

Notes

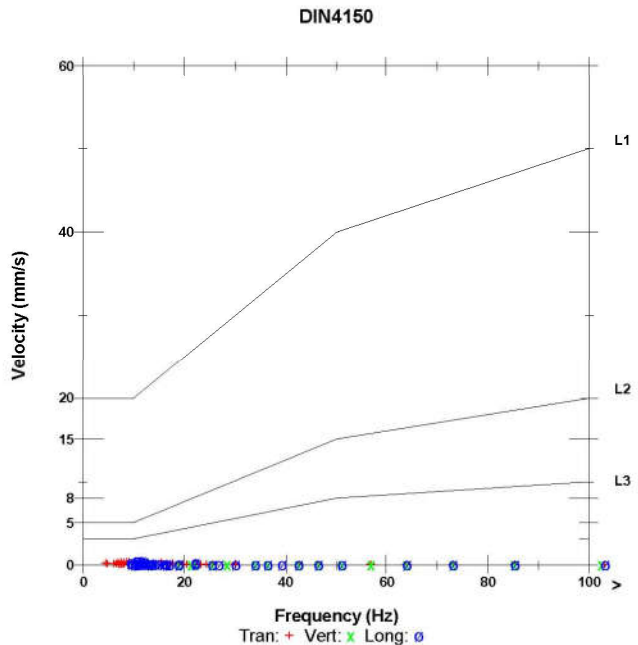
Lokacija:
 Investitor:
 Izvoditelj: Geomin d.o.o. - Zagreb

Mjesto opazanja:

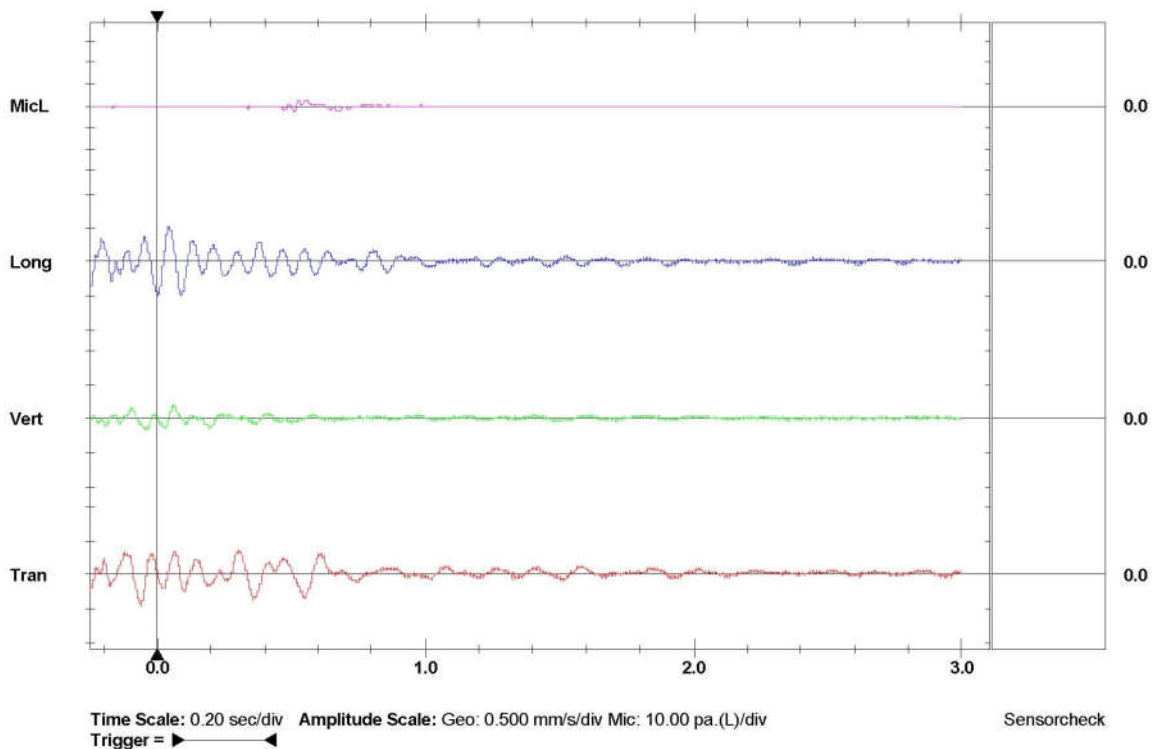
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
PSPL 103.5 dB(L) at 0.510 sec
ZC Freq 34 Hz
Channel Test Disabled

	Tran	Vert	Long	
PPV	0.460	0.206	0.524	mm/s
ZC Freq	11	11	10	Hz
Time (Rel. to Trig)	-0.060	0.063	0.044	sec
Peak Acceleration	0.00829	0.00497	0.00663	g
Peak Displacement	0.00784	0.00253	0.00759	mm
Sensorcheck	Disabled	Disabled	Disabled	
Frequency	***	***	***	Hz
Overswing Ratio	***	***	***	



Peak Vector Sum 0.553 mm/s at 0.049 sec



Slika 4.2 Ispis opažanja seizmičkih oscilacija i buke na MO-4 (Mesec i dr. 2017)

U **tablici 3.6** prikazane su moguće štete koje nastaju pri određenom tlaku zračnog udarnog vala, a na **sluci 3.6** prikazan je dijagram tipičnih zvučnih razina s vrijednostima u decibelima i milibarima ($1\text{mbar}=100\text{ Pa}$).

Na snimkama zračnog udarnog vala koje su snimljene mikrofonom tijekom miniranja maksimalna vrijednost tlaka udarnog vala nije prelazila 50 dB na mjestu opažanja MO-1 (u špilji) koje je od najbližeg minskog polja bilo udaljeno oko 200 metara. Udarni val takvih svojstava neće uznemiriti ljude i životinje, dok se nastala buka može usporediti s ljudskim govorom.

5. Zaključak rudarskih istraživanja

Na temelju provedenih mjerenja i izmjerenih vrijednosti brzina oscilacija tla nastalih probnim miniranjima 29.05.2015. na lokaciji budućeg eksploatacijskog polja Gradusa, zaključuje se kako u špilji nisu zamijećene nikakve štete od miniranja, a špiljski ekosustav nije bio uznemiren niti jednog trenutka. Prilikom otpucavanja probnih minskih polja na nekim mjestima opažanja seizmografi se nisu aktivirali što znači da su brzine oscilacija tla bile manje od osjetljivosti uređaja odnosno manje od 0,51 mm/s.

Zaključno, nakon provođenja probnih miniranja utvrđeno je da je seizmička osjetljivost predmetnog stijenskog masiva nešto veća u odnosu na preliminarno utvrđenu za probna miniranja. To znači da i preliminarno procijenjenu vrijednost GSI treba smanjiti sa 40 na 36. Zbog toga je i izračun maksimalno dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja od 5,0 kg primjenjiv za udaljenosti minskih polja koje su veće od 135 m od špilje. Kako je to ujedno i minimalna udaljenost završne kosine koja će se formirati rudarskim radovima po završetku otkopavanja, prihvatljivo je uzeti za proizvodna miniranja maksimalno dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja od 5,0 kg.

Najbolji dokaz da je probnim miniranjima sve dobro izvedeno leži u činjenici da prema podacima stručnog motrenja biologa i speleologa u špilji, pokusna miniranja nisu izazvala nikakve negativne reakcije špiljske zajednice šišmiša. Jednini registrirani podatak na MO-1 (seizmograf postavljen u špilji) je daleko ispod dopuštenih vrijednosti, $v=0,95\text{ mm/s}$.

Ipak, zbog osjetljivosti lokacije eksploatacijskog polja obzirom na predmetnu špilju sva buduća proizvodna miniranja treba izvoditi prema gore danim parametrima koji se po potrebi

moгу korigirati uz stalni monitoring (mjerenje intenziteta oscilacija i buke) (Mesec i dr. 2017).

6. Procjena utjecaja probnih miniranja unutar budućeg eksploatacijskog polja Gradusa na koloniju šišmiša u špilji Gradusa

Prema zaključcima rudarskih stručnjaka, učinci miniranja (prvenstveno vibracije/seizmički val i buka) na području planiranog eksploatacijskog područja Gradusa kod probnih miniranja bile su daleko ispod vrijednosti koje bi mogle imati značajan negativan utjecaj na špilju Gradusa, a samim time i na faunu šišmiša koja u njoj obitava. Iz tog razloga pristupilo se prikupljanju eksperimentalnih podataka o učincima miniranja. Proveden je niz konzultacija te je nositelj zahvata zatražio stručna mišljenja brojnih nadležnih institucija (Državni zavod za zaštitu prirode, Uprava za zaštitu prirode, županijski Upravni odjel za zaštitu okoliša i prirode). U tom postupku konzultirana su i analizirana sva dostupna mišljenja i zaključci koji se odnose na predmetni zahvat i tematiku povezanu s donošenjem stručne procjene utjecaja probnog miniranja na faunu šišmiša u špilji Gradusa. Kod izrade ovog izvještaja konzultirani su i prethodno izrađeni stručni dokumenti koji se odnose na predmetni zahvat, a dio su postupka procjene prihvatljivosti zahvata za okoliš, prirodu i samu špilju Gradusa. U svrhu procjene utjecaja probnog miniranja na faunu šišmiša u špilji Gradusa u ovom diplomskom radu se objedinjuju sve dostupne dosadašnje spoznaje o fauni šišmiša u špilji Gradusa te podaci dobiveni za vrijeme praćenja utjecaja probnog miniranja na jedinke koje su se nalazile u samoj špilji.

6.1. Metodologija istraživanja šišmiša i praćenje utjecaja probnih miniranja

S obzirom da do sada u Hrvatskoj nisu postojala istraživanja poput ovog samim time ni ne postoji standardna metodologija kojom bi se prikupili podaci potrebni za procjenu utjecaja probnog miniranja na faunu šišmiša unutar nekog speleološkog objekta. Kako bi se unatoč tome provelo adekvatno istraživanje usklađeno s međunarodnim standardima korištena je sva dostupna literatura u kojoj su navedene metode i mjerenja potrebna za donošenje procjene utjecaja miniranja na faunu šišmiša. Osim toga, a u svrhu dobivanja što boljih podataka uvedena je i dodatna metoda snimanja kamerom kao što je opisano u daljnjem tekstu (IRES 2014).

6.1.1. Planiranje eksperimenta – utvrđivanje nultog stanja

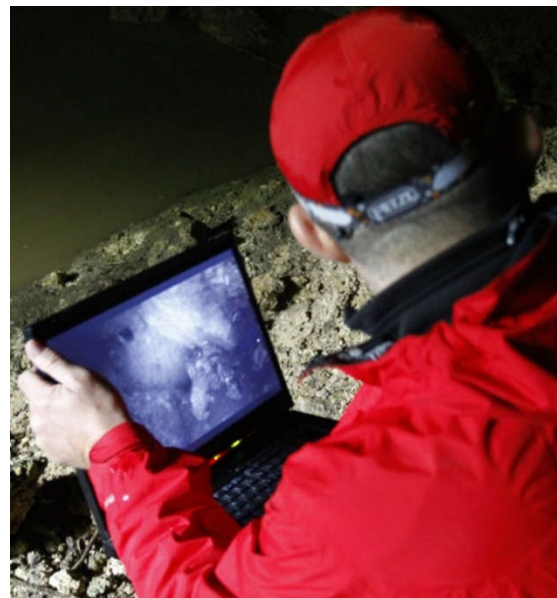
U svrhu prikupljanja podataka o mogućim utjecajima minerskih radova na faunu šišmiša provedeno je pripremno istraživanje objekta i utvrđivanje pogodnih metoda za praćenje eventualnih negativnih utjecaja – utvrđivanje nultog stanja.

U sklopu procjene stručnjaka za šišmiše, a što je i naglašeno u mišljenju Državnog zavoda za zaštitu prirode, najvažniji negativni utjecaji minerskih radova na sam objekt i faunu šišmiša su vibracije/seizmički val i zatrpavanje ulaza u špilju stoga je sva metodologija bila usmjerena na praćenje upravo tih pojava.

Za praćenje utjecaja miniranja na aktivnost šišmiša u objektu je snimano glasanje šišmiša pomoću ultrazvučnog detektora (bat-detektor) namještenog da radi autonomno (stacionarno snimanje), **slika 6.1**. U sklopu ovog istraživanja testirana je i metoda snimanja videozapisa IR kamerom (nadzorna kamera) u stvarnom vremenu, **slika 6.2**, kako bi se u trenutku bilježenja značajnije promjene ponašanja šišmiša tijekom probnog miniranja moglo odmah reagirati na način da se zaustave sve daljnje aktivnosti u i oko špilje ukoliko se utjecaj procijeni kao neprihvatljiv (značajan) (IRES 2014).



Slika 6.1 Uređaj za praćenje mikroklimatskih uvjeta



Slika 6.2 Testiranje mogućnosti praćenja kretanja šišmiša prilagođenom IR kamerom

U sklopu terenskog istraživanja obuhvaćena je procjena povoljnosti predloženih metoda praćenja, donošenje plana istraživanja za sve planirane metode praćenja te je tročlana grupa

speleologa obišla špilju kako bi se mogao predvidjeti najbolji smještaj uređaja za praćenje. Praćeno je i samo ponašanje šišmiša prilikom ulaska u špilju kako bi se predvidjela njihova reakcija kod postavljanja opreme za praćenje tijekom provedbe eksperimenata i eventualni utjecaj na ponašanje šišmiša, a samim time i na rezultate praćenja. S obzirom na multidisciplinarnost ovakvog eksperimenta, a u svrhu praćenja vibracija/seizmičkog vala i buke angažiran je tim stručnjaka obučen i opremljen za takva mjerenja, a koji imaju brojna iskustva rada upravo na kamenolomima. Iz tog razloga metodologija praćenja ova dva parametra nisu bila predmet pripremnog istraživanja. Na ulazu u špilju te u njezinoj unutrašnjosti (mjesto stabilne mikroklike te ispod kolonije) izmjereni su mikroklimatski parametri (temperatura, relativna vlažnost i strujanje zraka) pomoću digitalnog uređaja. Na mjestu na kojem je obitavala kolonija izrađena je detaljna foto i video dokumentacija te su ti podaci bili iskorišteni u planiranju smještanja opreme za praćenje.

6.2. Praćenje tijekom probnog miniranja-eksperimentalna faza

Na osnovi podataka iz literature i rezultata pripremnih istraživanja, praćenje eventualnih utjecaja probnog miniranja na špilju Gradusa i koloniju šišmiša koja u njoj obitava, osmišljena je metodologija praćenja kojom se mogu obuhvatiti svi utjecaji istaknuti kao značajni.

Kako bi se utjecaj postavljanja opreme za praćenje kolonije šišmiša (infracrvena kamera i ultrazvučni detektor) sveo na najmanju moguću razinu, ulazak ekipe za postavljanje opreme unutar špilje bio je proveden više od dva sata prije prvog miniranja. Praćenjem aktivnosti uživo pomoću video kamere potvrdio se trenutak početka eksperimenta kada nije postojala aktivnost šišmiša, *slika 6.3* i *slika 6.4*.



Slika 6.3 Stacionarni sustav snimanja šišmiša



Slika 6.4 Sustav snimanja infracrvenom kamerom

Logično je za očekivati da se šišmiši zbog uznemiravanja upute prema izlazu iz špilje pa je u svrhu hvatanja jedinki u pokušaju izlaska postavljena mreža za hvatanje šišmiša koja je u potpunosti prekrivala ulaz u špilju, *slika 6.5*.



Slika 6.5 Mreža za hvatanje šišmiša postavljena na ulaz u špilju



Slika 6.6 Uređaj za mjerenje vibracija i buke u ulaznom djelu špilje

Kako bi se izmjerile vibracije/seizmički val i buka na ulazu u špilju Gradusa bio je postavljen uređaj koji mjeri navedene parametre, *slika 6.6*.

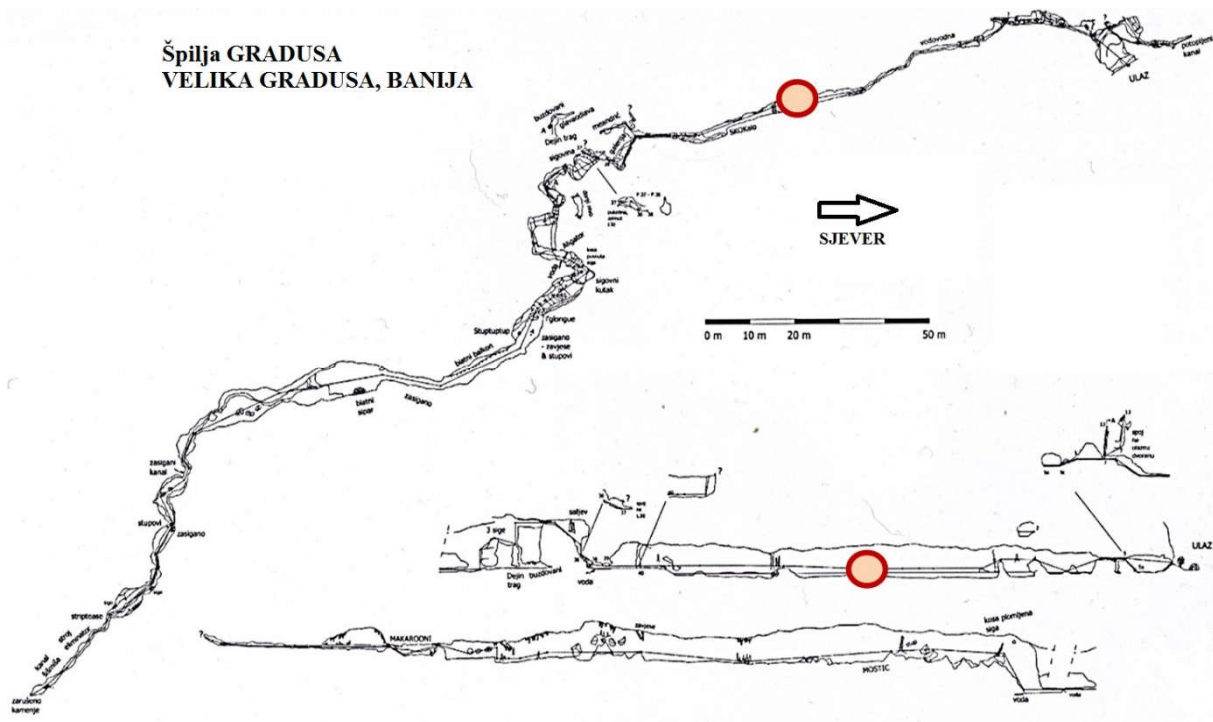
U tablici 6.1. dan je popis sve opreme koja je korištena tijekom istraživanja.

Tablica 6.1 Popis opreme koja je korištena za istraživanja

OPREMA ZA PRAĆENJE ŠIŠMIŠA	ultrazvučni detektor - Pettersson D240X
	snimač - ZOOM H2
	stereo audio kabl od 2 metra
	IR kamera - Vivotek IB8376
	video kabl od 100 metara
	stativ
	akumulatorska baterija za napajanje IR kamere
	prijenosno računalo spojeno s IR kamerom
	mreža za hvatanje šišmiša - Ecotone Mist net (3m)
	seizmograf - Inastantel Minimate Plus
SPELEOLOŠKA OPREMA	osobna speleološka oprema
	kaciga s rasvjetom
	čizme
	ronilačko odijelo
OSTALA OPREMA	uređaj za mjerenje mikroklimatskih uvjeta - Kestrel 4000
	vodonepropusni spremnik za opremu
	Garmin GPSMAP 62S
	fotoaparati - Canon DSC R1 + Olympus TG-3

6.3. Rezultati istraživanja

U svrhu procjene probnog miniranja na faunu šišmiša i špilju Gradusa, eksperimentalno je istraživanje provedeno 29. svibnja 2015. godine, *slika 6.7.*



Slika 6.7 Crveno-narančasto su označena mjesta postavljanja IR kamere i ultrazvučnog detektora za praćenje aktivnosti šišmiša prikazanog na tlocrtu i profilu speleološkog nacрта špilje Gradusa

U sklopu istraživanja špilje te analize snimaka pomoću kojih je provedena determinacija vrsta iz snimljenih sonograma (onih koji su bili dovoljno kvalitetni za detaljnu analizu do razine vrste.) U trenutku eksperimenata ukupno je zabilježeno 5 vrsta šišmiša. Brojnost pojedinih vrsta bilo je teško procijeniti zbog prisutnosti miješanih kolonija, raštrkanosti manjih grupiranih kolonija u udubljenjima na velikoj površini te zbog visine dvorane koja na nekim mjestima dostiže visinu od 10 metara u kojoj su kolonije, a u kojoj se nalazio najveći broj šišmiša, *slika 6.8*. Ipak, iz fotografije i direktnim brojanjem procijenjena je brojnost pojedinih vrsta.

U **tablici 6.2.** dan je popis 5 vrsta šišmiša koji su zabilježeni prilikom provedenih istraživanja.

Tablica 6.2 Popis i brojnost vrsta u špilji Gradusa u trenutku istraživanja

NAZIV VRSTE	PROCJENA BROJNOSTI
<i>Miniopterus schreibersii</i> - dugokrili pršnjak	~ 400
<i>Rhinolophus hipposideros</i> - mali potkovnjak	5 - 10
<i>Rhinolophus euryale</i> - južni potkovnjak	5 - 10
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> - veliki potkovnjak	~ 50
<i>Myotis myotis</i> - veliki šišmiš	5
UKUPNO	~ 470 jedinki

Istodobnim praćenjem vibracija i buke te izravnim promatranjem video snimke najveće kolonije šišmiša i glavnog kanala, u špilji Gradusa nije zabilježeno postojanje negativnih utjecaja uzrokovanih probnim miniranjem. Promatran je mogući utjecaj na samu špilju ili šišmiše koji u njoj obitavaju. Nakon završetka praćenja, nakon sva tri miniranja, nije zabilježena promjena u stabilnosti ulaza u špilju Gradusa, a što je u ranijim procjenama bilo naglašeno kao moguć potencijalno značajan negativan utjecaj (IRES 2014).




Slika 6.8 Dio kolonije šišmiša u špilji Gradusa

Tijekom praćenja je snimljeno tri sata video materijala te 3 sata i 26 minuta audio materijala dobivenog s ultrazvučnog detektora. Analizom video snimaka te snimaka ultrazvučnog detektora, uz posebnu pozornost na trenutke u kojima je došlo do minske eksplozije, nije primijećeno da je došlo do značajnije promjene ponašanja ili povećane aktivnosti šišmiša u trenutku miniranja niti u razdoblju od pola sata nakon svakog miniranja. Šišmiši nisu izlijetali

iz kolonija niti je zabilježeno povećano prelijetanje kroz kanal koji bi vodio u unutrašnjost ili prema izlazu iz špilje. Zabilježeni su povremeni preleti pojedinih jedinki, no oni se mogu okarakterizirati kao regularni, obzirom da su vrlo sporadični te su zabilježeni i prije probnog miniranja. Na izlasku iz špilje niti jedna jedinka nije bila uhvaćena u mrežu, a koja je u potpunosti zatvarala ulaz u špilju, niti je zabilježena prisutnost šišmiša u ulaznoj dvorani (što je moglo ukazati da su jedinke pokušale izaći, ali su se zadržale u ulaznom dijelu zbog mreže koja bi ih odvrtila od izlaska).

U **tablici 6.3** dani su rezultati praćenja vibracije i buke u špilji te aktivnosti šišmiša tijekom provedenih probnih miniranja.

Tablica 6.3 Prikaz vibracija i aktivnosti šišmiša u špilji tijekom probnih miniranja

	VRIJEME DOGAĐAJA (sati)	VIBRACIJE U OBJEKTU (mm/s)	BUKA U OBJEKTU (dB)	UDALJENOST OD MJESTA MINIRANJA (m)	ZNAČAJNA PROMIJENA AKTIVNOST I ŠIŠMIŠA
1.PROBNO MINIRANJE	13:36	- *	-	447	nije zabilježena
2.PROBNO MINIRANJE	14:28	- *	-	380	nije zabilježena
3.PROBNO MINIRANJE	15:04	0,95	48	189	nije zabilježena

* Brzine oscilacija tla bile manje od osjetljivosti uređaja, odnosno manje od 0, 51 mm/s (seizmografi se nisu aktivirali)

Sve zabilježene vrijednosti vibracije i buke bile su čak i malo ispod modelom predviđenih razina.

7. Zaključak speleoloških istraživanja

Špilja Gradusa istraživana je za potrebe monitoringa stanja špiljskih kanala i staništa te prateće faune od strane četveročlanog stručnog tima kroz dva speleološka istraživanja u 5. mjesecu u tri navrata; jednom 22.05 te dva puta 29.05.2015. godine i to u zadnjem terminu prije i poslije probnih miniranja.

Prilikom monitoringa obavljena su brojna istraživanja: skinute koordinate objekta, fizički pronađeni svi dostupni kanali, utvrđena špiljska staništa, obavljena prospekcija stanja kanala uz fotodokumentaciju. Obavljena je prospekcija arheoloških i paleontoloških ostataka, obavljene izmjere mikroklima, sakupljena i analizirana fauna beskralježnjaka, analizirana kolonija Chiroptera (korišten bat detektor), probno postavljena infracrvena kamera (IR) za praćenje šišmiša, povučen video kabel i postavljena video kamera za praćenje kolonije šišmiša prilikom probnih miniranja. Na temelju toga fotodokumentiran je cjeloukupni istraživački proces, makrofotografirani špiljski organizmi (fauna i gljive) (IRES 2014).

Istraživanjima koja su provedena 22.05 i 29.05.2015. godine utvrđeno je odlično stanje i očuvanost kako špiljskih staništa tako i fizičko stanje špiljskih kanala, zidova i špiljskih sigovina. Nije utvrđeno nikakvo antropogeno oštećivanje ili zagađenje. Nakon obavljenih probnih miniranja, 29.05.2015. godine utvrđeno je da nije došlo do nikakvih fizičkih narušavanja staništa ili fizičkih oštećenja te da su špiljska staništa očuvana u potpunosti.

8. Prijedlog dopune praćenja stanja

Praćenje stanja populacije ciljanih vrsta šišmiša u špilji Gradusa u odnosu na vibracije uslijed miniranja i eksploatacije istaknulo se kao ključno pitanje u *Studiji glavne ocjene prihvatljivosti za ekološku mrežu* (IRES, 2014). U toj studiji je naglašeno kako bi monitoring reakcije šišmiša na vibracije morao odgovoriti na pitanje da li i na koji način ciljane vrste šišmiša reagiraju na vibracije te koje su granične vrijednosti vibracija na koje ciljane vrste šišmiša reagiraju. Zbog nedostatka podataka o reakcijama šišmiša na vibracije te uopće o načinu motrenja/mjerenja, kvantifikacije i interpretacije tih reakcija, nije propisan niti isplaniran monitoring koji bi dao odgovore na ta sva pitanja. Ipak, ovim istraživanjem dobiveni su odgovori na najvažnija pitanja kao što je reakcija šišmiša na miniranja, načinu procjene utjecaja na jedinke koje se nalaze u špilji te metodologiji praćenja njihove aktivnosti tijekom miniranja kojom se u stvarnom vremenu mogu donositi odluke o budućem

napredovanju eksploatacije. Iz tog razloga predlaže se da je u svrhu praćenja utjecaja miniranja na faunu šišmiša potrebno slijediti metodologiju korištenu tijekom probnog miniranja provedenog 29.05.2015. godine (Mesec i dr. 2017).

Praćenje u prve dvije godine eksploatacije potrebno je provoditi tijekom razdoblja ključnih za šišmiše tj. 4 puta godišnje-zima (hibernacije), proljeće (migracije), ljeto (kolonije koje podižu mlade) i jesen (migracije), a nakon toga barem svake godine barem jednom godišnje tijekom eksploatacijskog razdoblja sve dok eksploatacija ne dosegne fazu izrade kosina II etaže (udaljenost od oko 200 metara od špilje). Tada je ponovno potrebno pratiti režimom od 4 puta godišnje. Nakon što su provedene pojedine faze praćenja te ovisno o rezultatima praćenja postoji mogućnost za propisivanje drugačije dinamike praćenja i načina eksploatacije.

9. Zaključak

Na osnovi provedenih mjerenja i izmjerenih vrijednosti brzina oscilacija tla i buke u okolici i unutrašnjosti obližnje špilje nastalih probnim miniranjima 29. svibnja 2015. godine na lokaciji budućeg eksploatacijskog polja Gradusa nisu zamijećene nikakve štete od miniranja.

Jednako tako, stručnjaci za šišmiše i speleolozi su potvrdili da špiljski ekosustav tijekom miniranja nije bio uznemiren niti jednog trenutka. Prilikom otpucavanja probnih minskih polja na nekim mjestima opažanja u okolici špilje seizmografi se nisu aktivirali, što pokazuje da su brzine oscilacija tla bile manje od osjetljivosti uređaja, odnosno manje od 0,51 mm/s. Jedini registrirani podatak na seizmografu postavljenom u špilji (MO-1) prilikom otpucavanja najbližeg minskog polja MO-3 bio je daleko ispod dopuštenih vrijednosti, izmjereno $v = 0,95$ mm/s.

Ipak, tijekom provođenja probnih miniranja na mjestu opažanja MO-4, koje je bilo udaljeno 104,40 m od probnog minskog polja MP-3, utvrđena je vrijednost brzine oscilacija od 21,70 mm/s. To pokazuje da je seizmička osjetljivost predmetnog stijenskog masiva nešto veća u odnosu na preliminarno procijenjenu prije izvođenja probnih miniranja, odnosno da se karbonatnu stijenu koja izgrađuje ležište može okarakterizirati vrijednošću geološkog indeksa čvrstoće GSI od približno 35, a ne 40 kako je to početno pretpostavljeno. Zbog toga je i preliminarno procijenjeni iznos maksimalno dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja za najbliže udaljenosti budućih minskih polja od špilje po završetku istraživanja i obavljenih proračuna korigiran na 5,0 kg. To znači, da će prilikom budućih proizvodnih miniranja biti potrebno utvrditi režim koji u osnovi pretpostavlja ovisnost maksimalno dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja o udaljenosti predmetnog minskog polja od špilje.

Na snimkama zračnog udarnog vala koje su snimljene mikrofonom tijekom miniranja maksimalna vrijednost tlaka udarnog vala nije prelazila 50 dB na mjestu opažanja MO-1 (u špilji) koje je od najbližeg minskog polja MP-3 bilo udaljeno oko 200 m. Takav udarni val ne uznemiruje ljude i životinje, dok se nastala buka može usporediti s ljudskim razgovorom.

Ipak, zbog osjetljivosti lokacije eksploatacijskog polja obzirom na predmetni špiljski ekosustav, kod budućih proizvodnih miniranja treba uzeti u obzir rezultate prikazanih istraživanja u ovom radu, koji se će po potrebi korigirati uz stalni monitoring mjerenja intenziteta oscilacija i buke.

Za očekivati je da će se sva buduća masovna miniranja izvoditi na stručno kontrolirani način kojim će štetni utjecaji miniranja po okoliš biti svedeni u dozvoljene granice. Ta činjenica upućuje na zaključak da će svakim narednim miniranjem povećavati fond podataka mjerenja koji će obogatiti praksu sigurnih miniranja.

Literatura

Mesec, J., Težak, D., Jug, J. *Mjere koje treba poduzeti kako bi se štetni utjecaji minerskih radova na špiljski ekosustav u blizini budućeg eksploatacijskog polja Gradusa sveli u dozvoljene granice*, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Varaždin, 2017.

Mesec, J., Težak, D., Bosilj, D. *Seizmički efekti miniranja u kamenolomu Loskunja-Vojnić*, Mineral. 105, 22-27 (stručni članak), 2015.

Mesec, J. *Mineralne sirovine, vrste i načini dobivanja*. Zagreb, 2009.

Mesec, J. *Eksploatacija mineralnih sirovina*. Dostupno na: <http://moodle.srce.hr/2016-2017/course/view.php?id=10329>. Datum pristupa 03.04.2017.

Jovičić D., Jurenić D. (2013) – *Idejni rudarski projekt eksploatacije tehničko-građevnog kamena na budućem eksploatacijskom polju "Gradusa" (Sunja)*, GEOKAMEN d.o.o.

Jovičić D. (2013) - *Prijedlog odmicanja završne fronte površinskog kopa na veću udaljenost od špilje*, GEOKAMEN d.o.o.

IRES - Institut za istraživanje i razvoj održivih eko sustava (2014): *Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije tehničko-građevinskog kamena na budućem eksploatacijskom polju "GRADUSA" (Općina Sunja) sa Studijom glavne ocjene prihvatljivosti za ekološku mrežu*

GRAFIČKI PRILOZI:

POSEBNA GEODETSKA PODLOGA GRADUSA , MJERILO 1:3500

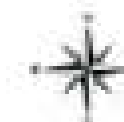
SITUACIJSKA KARTA

POSEBNA GEODETSKA PODLOGA "GRADUSA"
MJERILO 1:3500

KOORDINATE BUDUĆEG
EKSPLOATACIJSKOG POLJA
"GRADUSA"

BR. TOČKE	BR. TOČKE	BR. TOČKE	BR. TOČKE
1	11	21	31
2	12	22	32
3	13	23	33
4	14	24	34
5	15	25	35
6	16	26	36
7	17	27	37
8	18	28	38
9	19	29	39
10	20	30	40

P uk. polje Gradusa = 9,26 ha
P eksploatacije = 7,62 ha
P manipulativne površine = 1,54 ha



PRIVREMENI OBJEKTI:

1. UREDNI KONTAINER
2. KONTAINER ZA RADIŠKE
3. KEMISKI WC
4. SPRAMŠTE ZA ULJA I MAZIVA
5. VODOPROPUŠNA POKRIVNA ZA PRETARANJE GORNJA
6. SPRAMŠTE REZERVNIH DIJELOVA
7. SPRAMŠTE TEHNIČKE VODE
8. ELEKTROAGREGAT
9. MOBILNO POSTROJENJE ZA SITNIŠNE MIN. SIROVINE
10. MOBILNO POSTROJENJE ZA KLASIRANJE MIN. SIROVINE

TUMAČ OZNAKA:

- GRANIČA BUDUĆEG EP POLJA GRADUSA
- GRANIČE PROJEKCIJNE BILANČANJE REZERVNI-GRANIČE EKSPLOATACIJE
- KOSINA PIV. KOPA
- KOSINA I. ETAŽE
- KOSINA II. ETAŽE
- KOSINA IV. ETAŽE
- KOSINA V. ETAŽE
- DEPONIRA JALOVINE
- OSNOVNI PLATO POKRŠENSKOG KOPA
- ETAŽNA RAVNINA-BERMA NA KOTI
- TALOGNICA
- OBORINSKI KANAL
- ZAŠTITNA OGRADA
- ŽUPANIJSKA CESTA 21244
- GLAVNI PRISTUPNI PUT
- PRISTUPNI PUT NA POV. KOPU
- TOČKE OPAŽANJA
- OZNAKA PROJEKCIJSKOG PROFILA
- VODOTOK GRADUSA
- IZVOR
- ŠPIJA GRADUSA
- GRANIČA I OZNAKA KATASTARKE ČESTICE

PRILOG 1: POSEBNA GEODETSKA PODLOGA "GRADUSA"
MJERILO 1:3500

