

UTJECAJ TEKTONSKOG SKLOPA NA FORMIRANJE POVRŠINSKOG KOPA U KAMENOLOMU DOLOMITA ZAPREŠIČKI IVANEC KRAJ ZAGREBA

Karlo BRAUN, Branko BOŽIĆ i Jasna DRAVEC-BRAUN

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Viša geotehnička škola, Hinkovićeve 7, YU — 42000 Varaždin*

Ključne riječi: Kamenolom dolomita, Tektonski sklop, Refrakcijska seizmika, Eksploatacija

Key-words: Dolomitic quarry, Tectonic fabric, Seismic refraction, Exploitation

U kamenolomu dolomita »Zaprešički Ivanec« kraj Zagreba odvija se eksploatacija u skladu s podacima dobivenim analizom tektonskog sklopa, određivanja brzina uzdužnih valova metodom refrakcijske seizmike i mjerenjima seizmičkih efekata izazvanih miniranjem. Izraženi su osnovni podaci iz analize tektonskog sklopa i drugih mjerenja na osnovu kojih je definiran položaj otkopne fronte i određeni optimalni uvjeti miniranja. Rezultati dugogodišnje eksploatacije u kamenolomu verificiraju takav kompleksan pristup razradi ležišta i projektiranju eksploatacije.

In the »Zaprešički Ivanec« dolomite open pit near Zagreb, exploitation is carried out according to data obtained by analysis of the tectonic fabric of the rock massif, by measurement of the longitudinal seismic waves velocity, and effects of the seismic waves provoked blasting. In this article the fundamental data obtained by structural analysis and measurements with their influence on the pit design and the optimization of blasting conditions, are reviewed. Results of the longtime exploitation verify such complex approach to deposit work-out.

Uvod

Kamenolom »Zaprešički Ivanec« udaljen je od Zagreba 16 kilometara, a lociran je na zapadnim padinama Medvednice (slika 1). Do nje ga se stiže od odvojka Zagorske magistrale za Zaprešić asfaltnom cestom u Bistru (1,8 kilometara) te posebnim, također asfaltiranim, odvojkom do samog kamenoloma.

Eksploatacija u kamenolomu, odvijala se kroz tri razvojne faze. Prva faza do 1974. godine ima obilježje eksploatacije potkopavanjem uglavnom sjeverne strane brijega Srednjak. Druga faza obuhvaća preuzimanje kamenoloma od strane GRO »VIADUKTA« iz Zagreba i tada se formiraju etaže, pristupni putevi i postavlja moderna drobilana i separacija. Od 1988. godine treća faza označava eksploataciju u svrhu sanacije.

Geološko-petrografske karakteristike ležišta

Ležište dolomita Ivanec nalazi se u naslagama srednjeg do gornjeg trijasa (T_{2,3}) (Šikić, Basch i Šimunić, 1979). Sediimentnog je porijekla, a kamena masa se sastoji od kasnodijagenetskog dolomita pretežno slojevite građe. Pružanje slojeva je približno zapad — istok s padom prema jugu. Dolomit je u ležištu mjestimice vrlo poremećen, a vrlo je vjerojatno da su naslage na tom lokalitetu u inverznom stratigrafskom položaju. Debljina

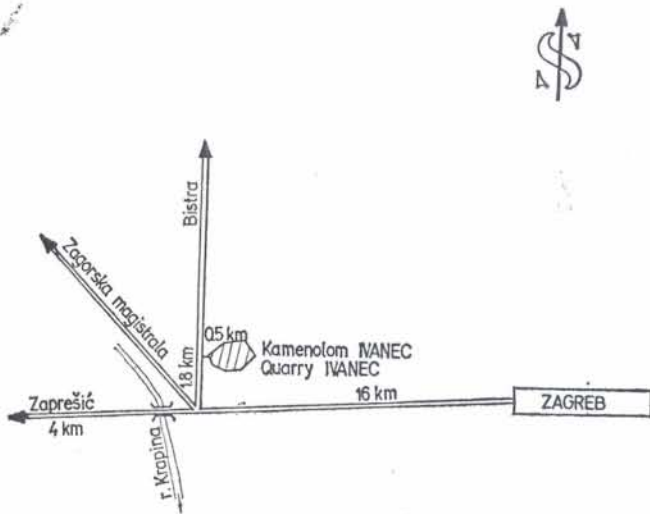
pojedinačnih slojeva je dvadesetak centimetara. Dolomit je izrazito raspucan. Klivaž paralelan sa slojevitosti ili međuslojni klivaž, klivaž aksijalne ravnine i klivaž okomit na regionalnu strukturnu os B ograničavaju male romboedre veličine do 50 mm (dolomitsko klanje). Duž ovih klivaža dolazi do paralelopipedskog raspadanja dolomita s paralelopipe-dima oštrih bridova.

Stijenska masa ležišta Ivanec se u hidrogeološkom smislu karakterizira sekundarnim porozitetom uvjetovanim navedenim klivažima te manje i postojanjem otvorenih pukotina. Vertikalna i horizontalna propusnost u odnosu na kretanje podzemne vode je dovoljna da sve oborinske vode relativno brzo ulaze u podzemlje i dosižu razinu prirodne drenaže. Ta se razina u ležištu dolomita Ivanec nalazi ispod osnovne etaže kamenoloma.

U ležištu dolomita Ivanec mjereni su diskontinuiteti kod čega ih se nastojalo i genetski klasificirati. Na potrebu genetskog razlikovanja diskontinuiteta upućuje pojava da u jednostavnoj statističkoj analizi izmjerenih diskontinuiteta, pojedini tektonski elementi čiji je ekstenzitet pojavljivanja u stijenskoj masi izrazito veći, u strukturnim dijagramima prikrivaju niz strukturnih elemenata čiji je ekstenzitet pojavljivanja manji, ali im utjecaj na stabilnost kosina može biti odlučujući.

Na području kamenoloma Ivanec razlikovali smo slijedeće tipove diskontinuiteta:

- slojevitost i međuslojni klivaž
- relaksacioni klivaž okomit na regionalnu strukturnu os B
- rasjede i klizne pukotine
- »peraste« i tenzione pukotine
- klivaž neodređene geneze.



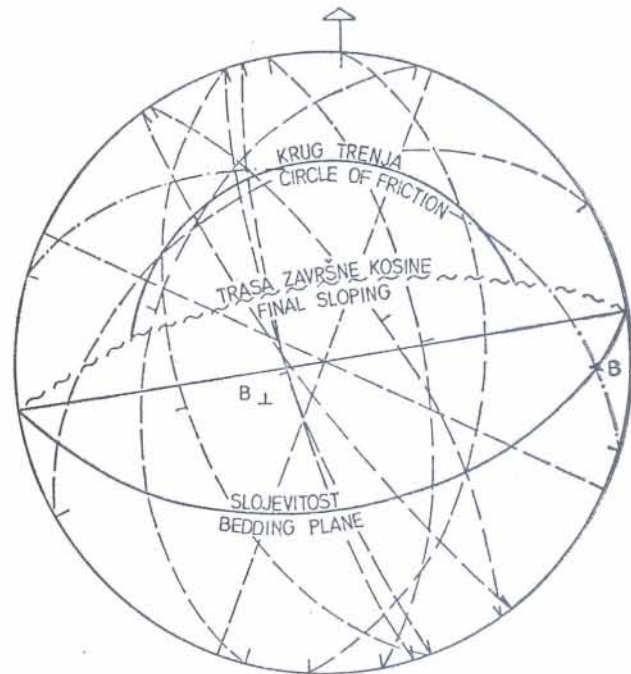
Sl. 1 Položajna skica kamenoloma Zaprešički Ivanec kraj Zagreba

Fig. 1 Site sketch of the Zaprešički Ivanec quarry near Zagreb

Da bi se dobili adekvatni podaci o pružanju i nagibu diskontinuiteta različite geneze za neke od genetskih tipova izrađeni su selektivni konturni dijagrami njihovih polova normala diskontinuiteta. Na taj način dobiven je generalni položaj slojevitosti 170/50, klivaža aksijalne ravnine 14/40, regionalne strukturne osi B 89/12 i klivaža okomitog na strukturnu os B 254/80. Rasjedne plohe imaju položaj 240/50, a klizni klivaži 300/90, 232/83, 55/73, 78/65. Pukotine položaja 330/39, 92/47 su najvjerojatnije peraste pukotine. Ovi tektonski elementi definiraju recentni strukturni sklop ležišta dolo-mita Ivanec (slika 2).

Grafička analiza stabilnosti kosina

Fronta kamenoloma je orijentirana da su joj radne etaže generalnog pružanja istok — zapad što će se generalno sprovesti i u sanaciji kamenoloma. Etaže su projektirane s visinom od 25 metara i bermom širine deset metara. Uz sve diskontinuitete koji su terenskim snimanjem i kabinetskom obradom određeni za definiranje stabilnosti kosine geometrijskom metodom, uzet je kut unutrašnjeg trenja 35° . Izabrani kut unutrašnjeg trenja odgovara rasponu njegovih vrijednosti od $30-35^\circ$ (H o e k i B r a y, 1974.), a vrijedi za stijenske masive koji sadr-



LEGENDA
LEGEND

— Trasa aksijalne ravnine
Axial plane

Sl. 2 Sintetski dijagram trasa mjerenih diskontinuiteta

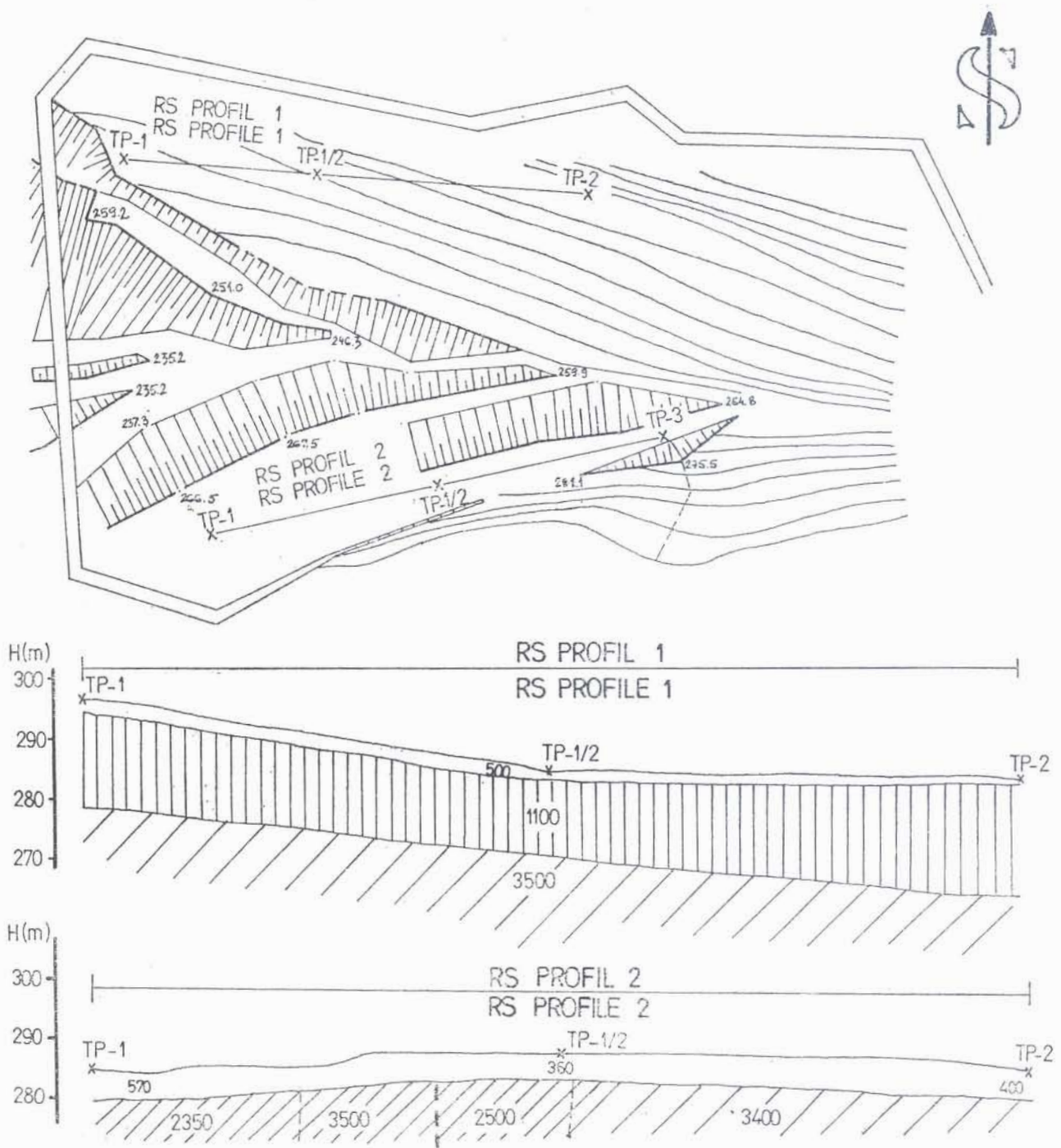
Fig. 2 Synthetic diagram of measured discontinuities

že jasno ugate i tvrde fragmente i blokove koji se međusobno uklinjuju i zupčasto zadiru jedni u druge.

Analizom strukturnog sklopa kamenoloma »Zaprešički Ivanec« moglo se utvrditi da bi u slučaju napredovanja kopa prema sjeveru na stabilnost kosina odlučujuće utjecala slojevitost i međuslojne pukotine, nagnute prema etaži pod kutem od 50° . Ovaj nagib je nepovoljan, diskontinuiteti su snažno izraženi pa kosina ne bi bila nikada stabilna.

Kod napredovanja kopa prema jugu utvrđeno je da na stabilnost kosina utječu presječne diskontinuiteta različite orijentacije koje se položajem znatno razlikuju od pružanja etaže. Pukotine koje bi pružanjem bile paralelne s etažom i bile nagnute prema kopu nisu utvrđene, tako da se pretpostavlja da bi radna etaža, uz napredovanje kopa prema jugu, mogla biti nagiba 70° .

Na strukturni dijagram (slika 2) trasa diskontinuiteta unesena je trasa projektirane radne i završne etaže položaja $350/70^\circ$ i krug trenja 35° . Na priloženom dijagramu vidljivo je da su sva presjecišta diskontinuiteta locirana neposredno uz granicu kruga trenja i da ih tek mali dio pada unutar kruga trenja. Na osnovu toga zaključeno je da bi kosina radne etaže od



LEGENDA TP 1, 1/2, 2 točke paljenja ; RS PROFIL refrakcijsko-seizmički profil
 LEGEND TP 1, 1/2, 2 points of ignition ; RS PROFILE refractory seismic profile

Sl. 3 Situacijska karta izvedenih geofizičkih mjerenja s profilima
 Fig. 3 Location sketch carried-out geophysical investigation with profiles

70° morala biti stabilna te da bi do obrušavanja moglo doći samo onda ako bi se iz bilo kojeg razloga smanjio kut unutrašnjeg trenja, što osim u slučaju snažnog potresa, ne smatramo vjerojatnim. Ovaj podatak kontroliran je i analitičkim postupkom po Hoek-u i Bray-u (1974). Stoga je rudarskim projektom eksploatacije za sanaciju predviđeno napredovanje isključivo prema jugu, dok se kosa prema sjeveru odmah sanirala.

Geofizička ispitivanja u kamenolomu

Stijenska masa kamenoloma Ivanec tektonski je jako poremećena, razdrobljena i isprešijecana mnogobrojnim pukotinama. Pojedini dijelovi dolomita s obje strane jarka su potpuno smrvljeni tako da se u njima ne zapaža slojevitost. U kamenolomu je u svakoj strani jarka postavljen refrakcijski profil pravcem istok—zapad (paralelno s pružanjem slojeva) duljine približno 160 m. Na profilima je ispitivan stijenski masiv do dubine 60 m. Interpretacijom mjerenih podataka izvedenih refrakcijskim ispitivanjem (slika 3) utvrdile su se osnovne karakteristike ispitivanog masiva, a one su (Božić, 1984.):

— U kompaktnijim dolomitima, manje poremećenim, primarno slojevitim registrirane su brzine prostiranja uzdužnih valova 3400—3500 m/s. Dolomiti predstavljaju glavninu stijenske mase u kamenolomu s obje strane jarka.

— Na profilu RSP-1 površinskog jako zdrobljenog kompleksa gdje su registrirane brzine valova 500 m/s nalazi se temeljni stijenski ma-

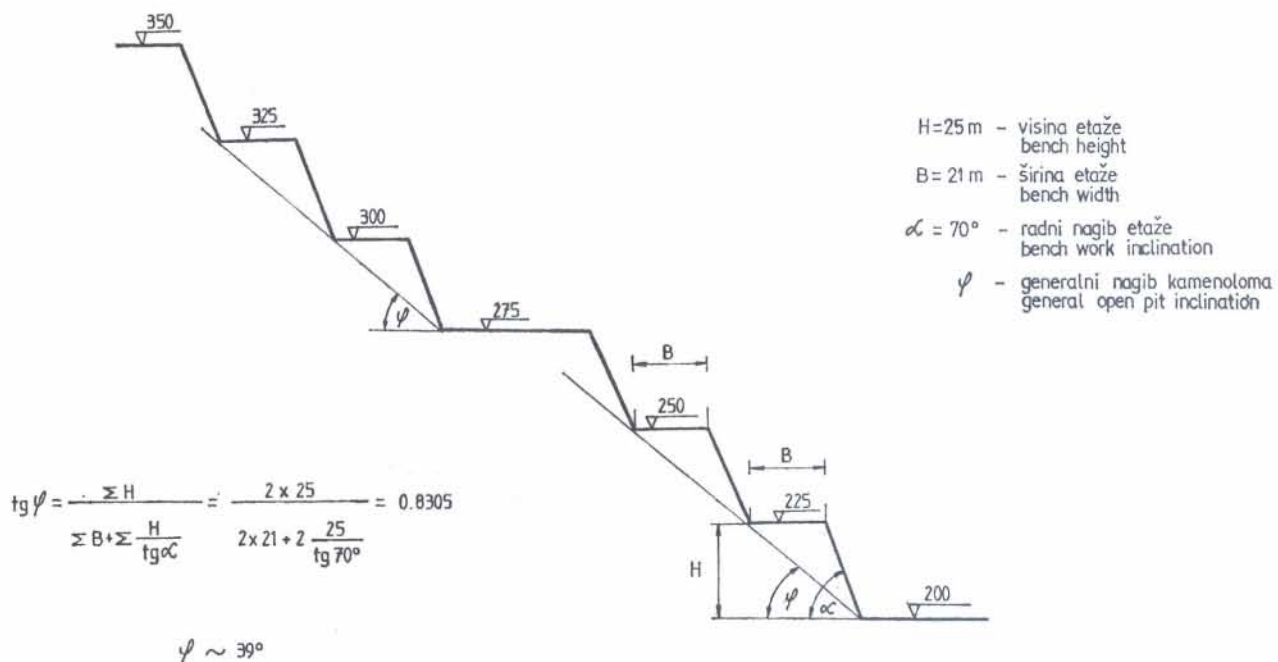
siv. U njemu su registrirane dvije zone s različitim brzinama uzdužnih valova. Gornja zona u kojoj su brzine uzdužnih valova 1100 m/s ima debljinu oko 30 m. Donji dio masiva ima brzine širenja uzdužnih valova 3500 m/s.

— Na profilu RSP-2 jasno je definiran površinski heterogeni kompleks s brzinama uzdužnih valova 360—570 m/s. To je površinski zdrobljena stijena debljine 10 m. U masivu s južne strane ispod pliče poremećene heterogene zone jasno se uočavaju zone stijene zdrobljene uslijed intenzivne tektonike. Te zone imaju brzinu uzdužnih valova od 2350—2500 m/s. U ostalom većem kompaktnijem dijelu stijenskog masiva brzine širenja uzdužnih valova iznose 3400—3500 m/s. Tako su potvrđene površinski uočene pretpostavke da se na južnoj strani nalazi više sekundarnih tektonskih linija generalnog pravca pružanja jugozapad—sjeveroistok. Njihovim utvrđivanjem znatno je lakše odrediti parametre bušenja i miniranja u tim zonama.

Eksploatacija u kamenolomu

Eksploatacija u kamenolomu »Zaprešički Ivanec« odvija se od najviše kote terena + 370 m prema najnižoj točki + 200 m. Na toj koti nalazi se osnovni plato i prihvatni bunker drobilane. Razvijeno je 7 etaža visine 25 m i radne kosine pod 70°. Radne etaže imaju minimalnu širinu 21 m, dok etaža na koti + 275 m gdje se izvodi utovar ima minimalnu širinu 38,5 m (slika 4).

Dobivanje dolomita u kamenolomu izvodi se bušenjem dubokih minskih bušotina i masov-



Sl. 4 Kamenolom Zaprešički Ivanec, radni nagibi etaža

Fig. 4 Zaprešički Ivanec quarry, bench work inclinations

miniranjem. Na rezultate miniranja utječu uz strukturu i raspucalost stijenske mase te pravac odloma u odnosu na orijentaciju slojeva i sustav pukotina, minersko tehničke karakteristike eksploziva i način aktiviranja serije mina.

Kod reaktiviranja kamenoloma »Zaprešički Ivanec« izabrana je južna strana brijega Srednjak, kako bi se iskoristile povoljne karakteristike tektonskog sklopa dolomitnog masiva. Na osnovi analize tektonskog sklopa radna fronta položena je tako da je skoro paralelna regionalnoj strukturalnoj osi B, odnosno paralelna s pružanjem slojeva koji upadaju u stijenski masiv. Kod toga je aksijalna ravnina pod nagibom od 35° što približno odgovara pretpostavljenom kutu trenja.

Analizom strukturalnog dijagrama izmjerenih diskontinuiteta utvrđeno je da ne postoje pukotine istog pružanja kao etaže i nagnute prema koku, što ukazuje da će radne kosine etaža biti stabilne. Smjer odloma je skoro okomit na pružanje slojeva pa se poboljšava drobljenje stijene i razmak između minskih bušotina se može povećati.

Za dolomite su značajne sekundarne karakteristike nastale tektonskim procesima, a što ima za posljedicu razlamanje i drobljenje te naknadno ispunjavanje pukotina postankom tanjih kalcitnih žilica. Ovo ima za prednost u povoljnom dobivanju sitnije granulacije primarnim miniranjem. Takve zone utvrđene refrakcijskim profilom koriste da se u njima povećavaju razmaci između minskih bušotina.

Dvije godine od reaktiviranja kamenoloma »Zaprešički Ivanec« tj. 1976. godine izvršena su inženjersko seizmička ispitivanja i analiza potresnih efekata miniranja. Mjesta opažanja (MO I i MO II) bila su udaljena od minskog polja 230 i 255 m i u njima je izmjeren 2 i 3 stupanj intenziteta potresa. Pri uvjetima mini-

ranja koja su tada izvedena, a izvode se i danas, na udaljenosti najbližih zgrada u selu od minskog polja 200 m, može se koristiti maksimalna dozvoljena količina eksplozivnog punjenja od 2950 kg. Kako se najbliže stambene zgrade nalaze danas od minskog polja na udaljenosti preko 450 m opasnosti za selo od seizmičkih efekata izazvanih masovnim miniranjem nema.

Zaključak

Na kamenolomu dolomita »Zaprešički Ivanec« kraj Zagreba izvedena je kompleksna analiza svih uvjeta koji su relevantni za formiranje površinskog kopa i miniranje (analiza tektonskog sklopa, refrakcijska seizmika, snimanje utjecaja seizmičkih efekata izazvanih miniranjem i dr.). Izvedenom analizom, kao i dugogodišnjom eksploatacijom, utvrđeno je da je položaj fronte dnevnog kopa paralelan regionalnoj strukturalnoj osi »B« s napredovanjem iskopa prema jugu sa stanovišta stabilnosti kosa povoljan, jer se stijenski blokovi u postojećem tektonskom sklopu održavaju u stabilnom stanju zahvaljujući i dovoljno visokom unutrašnjem trenju. Mjerenjem seizmičkih efekata pri masovnim miniranjima i određivanjem brzina prostiranja uzdužnih valova metodom refrakcijske seizmike optimizirani su uvjeti miniranja. Dugogodišnjom eksploatacijom koja je izvođena optimalno položenom frontom, masovnim miniranjem dubokih minskih bušotina, dobiveni su povoljni rezultati i s gledišta tražene granulacije odminiranog materijala, i sa stanovišta sigurnosti rada u kamenolomu, kao i seizmičkih efekata izazvanih miniranjem. Svi dobiveni rezultati rada u kamenolomu verificiraju ispravnost takvog pristupa formiranju površinskog kopa i miniranju u kamenolomu.

Primljeno: 16. I. 1989.

Prihvaćeno: 6. III. 1989.

LITERATURA

Šikić, K., Bach, O. i Šimunić, A., (1979.): Tumač Osnovne geološke karte SFRJ, List L 33—80 Zagreb, 31 str., Beograd.
Hoek, E. and Bray, J. (1974): »Rock slope Engineering. The Gresham Press England.

Božić, B. (1984): »Utvrđivanje najpovoljnijih parametara za površinsku eksploataciju dolomita i vapnenaca u izgradnji cesta«. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Influence of the Tectonic Fabric on the Open Pit Desing in the »Zaprešički Ivanec« near Zagreb Dolomite Quarry

K. Braun, B. Božić, J. Dravec-Braun

In the dolomite quarry »Zaprešički Ivanec« near Zagreb, the analysis of the tectonic fabric of the rock massif, measurement of the longitudinal seismic waves velocity and measurement of the effects of the seismic waves provoked by blasting, were carried out.

By analysis accomplished, and long-time exploitation, it was defined that orientation of the open pit parallel to the regional structural axe »B« (east—west) with work — out in south direction, ensure stability of the pit slopes.

Using measurements of the seismic effects provoked by blasting, and measurement of the longitudinal seismic waves velocity, blasting condition were optimized. During the Long-time exploitation, the favorable results, concerning granulometric composition of the material mined, concerning work security and concerning seismic effects provoked by blasting, verily such aproach to the open pit and blasting desing.

I
C
L
I
I
T
S
C
R
I
P
T
S