

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17

Ekrem Bektašević

„PPG“ d.o.o. Sarajevo, dr. sc., ekrem.bektasevic@gmail.com

Hrvoje Antičević

„PPG“ d.o.o. Sarajevo, dr. sc., anticevic.zagreb@gmail.com

Ferid Osmanović

Federalna uprava za inspekcijske poslove, dr. sc., ferid.osmanovic@fuzip.gov.ba

Sead Kadrić

„ZGI“ d.o.o. Mostar, dipl. ing. rud., sead.kadric@gmail.com

Đenan Žutić

KPA Unicom Bosnia d.o.o. Sarajevo, dipl. ing. str., djenan.zutic@yahoo.com

Jakov Konta

Županija Zapadnohercegovačka, dipl. ing. rud., konta.jakov@gmail.com

Sažetak: Tunel Vranduk II nalazi se na glavnom putnom pravcu grada Zenice, na magistralnoj cesti M-17, dionica Topčić polje – Lašva 0 ukupne dužine 1.062m. Paralelno sa glavnom tunelskom cijevi, kopana je servisna cijev na osnov udaljenosti od 25 metara i poprečni prolazi iz servisne cijevi u glavnu tunelsku cijev (3 poprečna prolaza). Ukupna dužina evakuacijskog tunela iznosi 856,70 m.

Radovi na iskopu izvedeni su kombinacijom miniranja i strojnim iskopom. Iskop je vršen uglavnom u sedimentnim stijinama uz primjenu klinastog i paralelnog zaloma. Učinak miniranja uz primjenu klinastog zaloma znatno je pogodniji i primjereniji za iskop u uslojenoj stijenskoj masi od miniranja paralelnim zalomom.

Ključne riječi: iskop, miniranje, sedimentna stijena, zalom

Blasting technologies for the excavation of the evacuation tunnel Vranduk II on the main road M-17

Abstract: The Vranduk II tunnel is located on the main road route of the City of Zenica, on the main road M-17, section Topčić Polje - Lašva 0 with a total length of 1,062 m. A service tube at an axial distance of 25 meters and cross passages from the service tube to the main tunnel tube (three cross passages) were excavated in parallel with the main tunnel tube. The total length of the evacuation tunnel is 856.70 m.

Excavation works were carried out by a combination of blasting and machine excavation. The excavation was performed mainly in sedimentary rocks with the use of wedge and parallel cut. The effect of blasting with the application of wedge cut is much more suitable and appropriate for excavation in a stratified rock mass than blasting with parallel cut.

Keywords: excavation, blasting, sedimentary rock, cut

1. UVOD

Iskop evakuacijskog tunela je obavljan u otežanim uvjetima iz razloga blizine izgrađene tunelske cijevi koja je bila pod prometom. U dogovoru s Naručiteljem i Nadzornom službom za vrijeme miniranja na iskopu servisnog tunela, kao i poprečnih veza zbog sigurnosnih razloga vršeno je kratkotrajno obustavljanje prometa kroz tunelsku cijev. Miniranjem najveći dio oslobođene energije eksplozivnog punjenja potroši se na razaranje i drobljenje stijene, dok se manji dio energije pretvara u kinetičku energiju seizmičkih valova koji se od mjesta miniranja šire na sve strane, pa tako i prema betonskoj oblozi izgrađene tunelske cijevi.

Pri prolasku seizmičkih valova nastaju oscilacije tla, odnosno umjetni potresi prilikom čega mogu nastati oštećenja objekata u neposrednoj blizini. Kvantitativni udio oslobođene energije ekspanzije plinova eksplozije u pravilu je veći od energije sadržane u udarnom valu, ali je njeno djelovanje skoncentrirano na bližu okolinu minske bušotine. Energija udarnog vala, mada značajno manja, širi se kao elastični val na dalju okolinu bušotine i može izazvati nepoželjne učinke na stijensku masu i u ovom slučaju betonsku oblogu druge tunelske cijevi. Zbog svega navedenog, nužno je bilo provesti pokusna miniranja i stalnu kontrolu rezultata miniranja kako bi se na vrijeme moglo reagirati i eventualno korigirati određene parametre miniranja.

Pored svojstava stijenske mase na rezultate miniranja uvelike utječu i površina čela, broj, raspored i dužina minskih bušotina, količina eksploziva po intervalu paljenja i ukupna količina eksploziva, te vrsta zaloma.

2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Dionica magistralnog puta M-17 Doboj – Zenica - Lašva najvećim dijelom se pruža dolinom rijeke Bosne, izuzev dionice od Nemila do Zenice, gdje je izrađen servisni tunel Vranduk II. Tunel je izveden ispod brda Zakamena s nadmorskom visinom 594,5 m n. m. Kota nivelete tunela na ulaznom portalu je 287,9 m n. m., a na kraju je 296,6 m n. m. Teren predmetnog područja karakterizira relativno razuđeni brdski reljef, s nadmorskim visinama u rasponu od oko 270 do 600 m n. m., na najvišem uzvišenju, oko kojega rijeka Bosna u širokom luku meandrira i obilazi mjesto Vranduk, zadržavajući pravac toka jugozapad - sjeveroistok. Visina nadsloja evakuacijskog tunela iznosi od 4 do 200 metara.



Slika 1. Geografski položaj tunela Vranduk II

Bektašević, E., Antičević, H., Osmanović, F., Kadrić, S., Žutić, Đ., Konta, J.

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17

Padine ovoga brdskog grebena se postupno spuštaju u dolinu rijeke Bosne koja je, ujedno, najizraženiji geomorfološki oblik na širem području proučavanog terena. Okomito na dolinu rijeke Bosne, nalazi se nekoliko relativno manjih jaruga u kojima se formiraju povremeni potoci, uslijed obilnijih padalina ili topljenja snijega. Današnji oblik reljefa je posljedica djelovanja sveukupnih endogenih i egzogenih faktora koji su skupno ili pojedinačno tijekom dugog vremenskog razdoblja djelovali na razmatranom području.



Slika 2. Prikaz evakuacijskog tunela u odnosu na glavnu cijev tunela Vranduk II

3. GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE TLA

Rezultati ispitivanja stijenske mase prikazani su u Glavnom projektu rekonstrukcije tunela Vranduk II. Ispitivanje je provedeno na 12 uzoraka. Ispitana je jednoosna čvrstoća i dobivena je prosječna vrijednost od 64 MPa. Inače se jednoosna čvrstoća kreće u rasponu od 20 – 141 MPa.

Donja granica čvrstoće karakteristična je za zonu raspadanja, dakle za lapore i laporovite krečnjake zahvaćene površinskim fizikalno - kemijskim raspadanjem. Gornja granica karakteristična je za svježije neraspadnute laporovite krečnjake i silifikovane krečnjake koji su rjeđe zastupljeni kao proslojci u flišu.

4. PRIMJENJENA METODOLOGIJA BUŠENJA I MINIRANJA PRI IZRADI SERVISNE CIJEVI NA TUNELU VRANDUK II


Primjena standardnih bušaćih garnitura pri iskopu evakuacijskog tunela nije bila moguća zbog geometrije samog tunela. Za bušenje minskih bušotina odgovarajuće dužine i promjera ϕ 41 mm, odabrana je bušaća garnitura proizvođača „Deilmann-Haniel Mining Systems

Bektašević, E., Antičević, H., Osmanović, F., Kadrić, S., Žutić, Đ., Konta, J.

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17

GmbH“. Navedena bušača garnitura svojom konstrukcijom i geometrijom omogućavala je rad u punom profilu uz uvažavanje svih instaliranih pratećih resursa u evakuacijskom tunelu. Izgled korištene bušaće garniture s osnovnim tehničkim podacima prikazan je u nastavku.

Tehnički podaci:	
Proizvođač: Deilmann-Haniel Mining Systems GmbH	
Tip:	BTR1
Masa (t):	18,0
Snaga motora (kW):	63,0
Dužina (m):	11,9
Visina (m):	1,5
Širina (m):	1,6



Slika 3. Izgled korištene bušaće garniture za bušenje minskih bušotina

Raspored minskih bušotina po profilu izvršen je na osnovu proračuna, te probnog miniranja. Dubina minskih bušotina je određivana ovisno o kategorizaciji stijenske mase kroz koju se vršio iskop tunela i kretao se od 1,5 do 2,5 metra. Za miniranje su korišteni sigurnosni eksplozivi promjera patrone do 38 mm. Iniciranje eksploziva vršeno je električnim detonatorima u seriji 0-10. Začepljenje bušotina vršeno je inertnim materijalom (glina) pomoću drvenog ili plastičnog štapa.

Električna provodljivost strujnog kola kontrolirana je sa specijalno namijenjenim instrumentima (Ommetar). Aktiviranje minskog polja vršeno je prijenosnom ručnom kondenzatorskom mašinom i minerskim kablom koji nije kraći od 75 m.

4.1 Projektirani parametri bušenja i miniranja

Dopunskim rudarskim projektom izvršen je proračun svih tehnoloških parametara vezano za miniranje pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II. Proračuni su vršeni za usvojeni cilindrični zalom s praznom centralnom bušotinom koja je uvijek većeg profila od osnovne bušotine. Definirani promjer centralne bušotine u proračunu je 89 mm. Dobiveni rezultati proračuna dani su u nastavku za klasifikaciju stijenske grupe III jer je više od 80% evakuacijskog tunela izrađeno u navedenoj stijenskoj grupi.

Proračun specifične potrošnje eksploziva po Laressu za klasifikaciju stijena grupe III:

$$q = q_1 \cdot v \cdot s \cdot \frac{e}{g} \cdot d \cdot k \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad (1)$$

Gdje je:

$$q_1 = \frac{\sigma_p}{2000} \quad (2)$$

Bektašević, E., Antičević, H., Osmanović, F., Kadrić, S., Žutić, Đ., Konta, J.

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17

σ_p – tlačna čvrstoća stijenskog masiva u kojemu se izvodi miniranje, na osnovu literaturnih parametara kreće se od 300 do 800 daN/cm², usvajamo za ovaj slučaj vrijednost: σ_p 550 daN/cm².

s - koeficijent sklopa strukture stijenske mase za uvjete masivne homogene strukture: s = 1,0

e - koeficijent relativne snage eksploziva koji se računa preko sljedećeg obrasca:

$$e = \frac{A}{A_x} \quad (3)$$

Koeficijent čvrstoće stijene za date uvjete iznosi:

$$q_1 = \frac{\sigma_p}{2000} = \frac{550}{2000} = 0,28 \left(\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right)$$

Koeficijent relativne snage eksploziva iznosi:

$$e = \frac{A}{A_x} = \frac{480}{380} = 1,26$$

Primjenom Laressovog obrasca i uvrštavanjem izračunatih vrijednosti koeficijenta u isti, dobivamo specifičnu potrošnju eksploziva:

$$q = q_1 \cdot v \cdot s \cdot \frac{e}{g} \cdot d \cdot k = 0,28 \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot \frac{1,26}{0,5} \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,59 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Količina eksploziva za jedno miniranje računa se po obrascu:

$$Q = q \cdot S \cdot l \text{ (kg)} \quad (4)$$

q - specifična potrošnja eksploziva

S - površina izbijenog profila, u ovome slučaju iznosi cca. 20 m²

l - dužina minske bušotine.

Proračun količine eksploziva za jedno miniranje za klasifikaciju stijena grupe III i dužinu minskih bušotina $l_1=1,5$ m':

$$Q_{1.5} = q \cdot S \cdot l = 1,59 \cdot 20 \cdot 1,5 = 47,70 \text{ (kg)}$$

Broj bušotina je određen na osnovu odabranog zaloma i veličine poprečnog presjeka profila, a po obrascu švedske metode izrade tunela:

$$N = (30,9 + S) \cdot \left(\frac{44}{d} \right) \text{ (kom)} \quad (5)$$

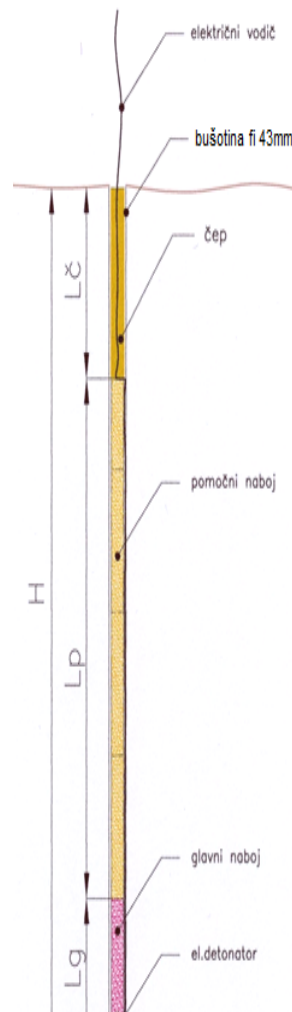
N - broj bušotina

S - površina izbijenog profila

D - promjer bušotine, u ovome slučaju: d =41 mm

$$N = (30,9 + S) \cdot \left(\frac{44}{d} \right) = (30,9 + 20) \cdot \left(\frac{44}{41} \right) = 54,62 \text{ (kom)}$$

Bektašević, E., Antičević, H., Osmanović, F., Kadrić, S., Žutić, Đ., Konta, J.

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17

Slika 5. Konstrukcija minske bušotine

Tablica 1. Pregled količine, vrste eksploziva i električnih detonatora u seriji po pojedinim bušotinama za klasifikaciju stijena grupe III (dubina minskih bušotina 1,5 m)

PREGLED KOLIČINA EKSPLOZIVA PO MINSKIM BUŠOTINAMA											
Broj bušotina	4	4	4	4	5	4	6	9	8	4	2
Ukupan broj buš.	54,00										
Ser. el. det.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Plastični ekspl. (kg)	0,0 0	0,00	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,50	0,50
Σ plas. ekspl. (kg)	15,52										
Prašasti ekspl. (kg)	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Σ praš. ekspl. (kg)	32,40										
Σ ekspl. po buš. (kg/buš.)	0,5 0	0,70	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	1,10	1,10
Σ ekspl. za jed. min. (kg)	47,92										

Bektašević, E., Antičević, H., Osmanović, F., Kadrić, S., Žutić, Đ., Konta, J.

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17

Ukupno vrijeme potrebno za izradu predviđenog broja minskih bušotina (dubina minskih bušotina 1,5 m) iznosi:

$$t_b = \frac{N \cdot l}{60 \cdot n \cdot V_b \cdot k} = \frac{54 \cdot 150}{60 \cdot 1 \cdot 150 \cdot 0,01} = 90,00 \text{ minuta}$$

Ukupno vrijeme potrebno za pripremanje eksplozivnog punjenja minskih bušotina dužine 1,5 m iznosi:

$$t_p = \frac{N \cdot t \cdot 0}{n} = \frac{54 \cdot 2 \cdot 1,0}{2} = 54,00 \text{ min.}$$

Na samom početku izvođenja minerskih radova u klasifikacijskoj grupi III izvršena su probna miniranja kojima su provjereni tehnički parametri dani u projektu miniranja za istu dubinu minskih bušotina (1,5m) uz primjenu paralelnog cilindričnog zaloma, kao i primjenom klinastog zaloma. U nastavku dane su osnovne karakteristike korištenog eksploziva tijekom miniranja:

Tablica 2. Prikaz korištenih električnih detonatora pri iskopu evakuacijskog tunela

Serijski električni detonator označen na skici	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Usporenje (ms)	0	34	68	102	250	750	1500	2000	3000	4000	5000

Tablica 3. Prikaz osnovnih karakteristika korištenog eksploziva pri iskopu tunela

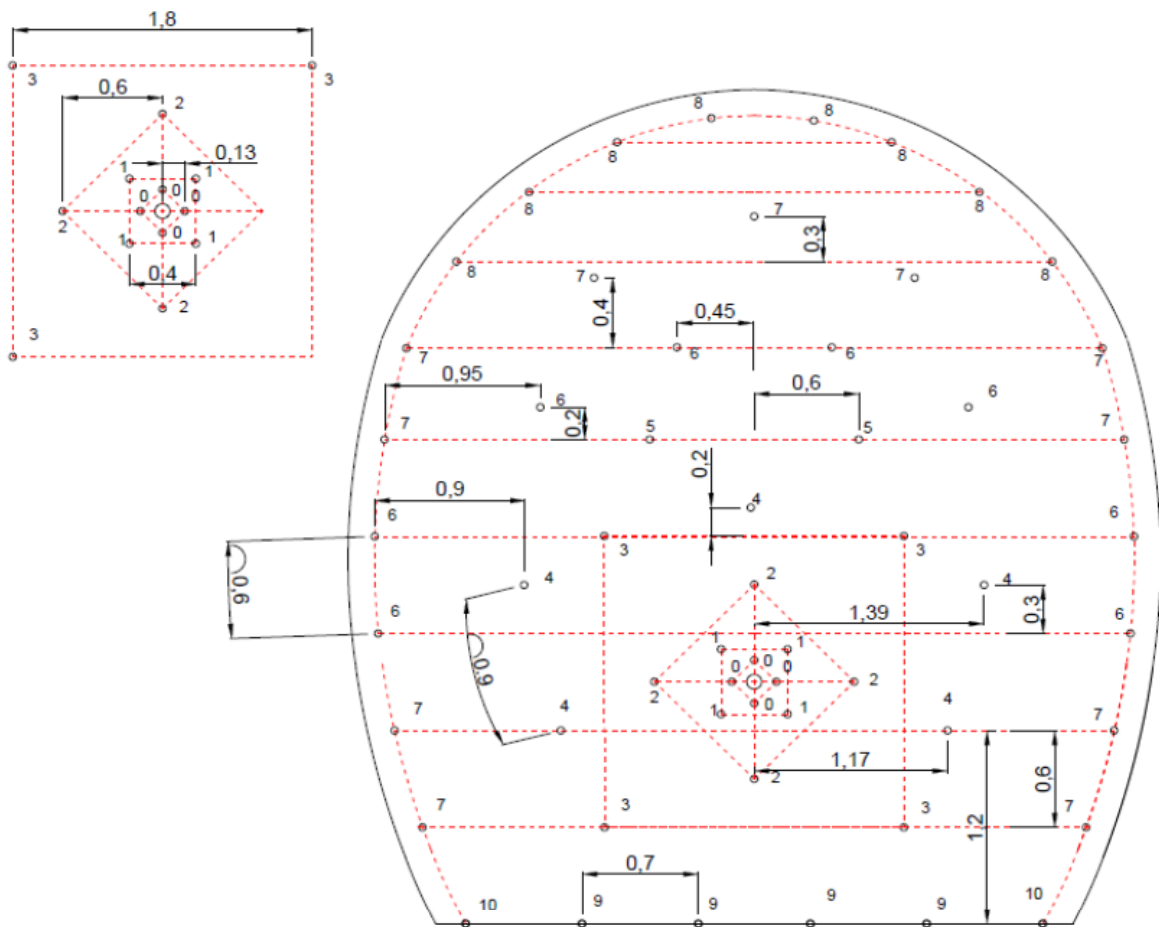
Karakteristike Korištenih eksploziva	Plastični eksploziv	Konturni eksploziv	Praškasti eksploziv
Gustina (kg/dm ³)	1,50	1,18	1,08
Radna sposobnost (cm ³)	390	385	380
Energija eksplozije (KJ/kg)	4200	4200	4056
Promjer patrone (mm)	38,00	22,00	38,00
Dužina patrone (mm)	200,00	500,00	190,00
Težina patrone (kg)	0,313	0,208	0,20

Nakon provedenih probnih miniranja analizirani su dobiveni parametri (seizmika, udaljenost objekata, napredak, kvaliteta konture, granulacija, shema bušenja i punjenja, način iniciranja, čepljenje, vrsta eksploziva itd.) te su izvršene manje korekcije na shemama rasporeda minskih bušotina, manja korekcija eksploziva i korekcija intervala usporenja po pojedinim minskim bušotinama. Izbor vrste eksploziva ima odlučujuću ulogu na učinak miniranja (odnos energije udarnog vala i ekspanzije plinova). Važno je napomenuti kako nije bilo većih odstupanja u potrošnji eksploziva po jednom koraku tijekom miniranja u odnosu na projektiranu količinu.

U nastavku rada prikazane su sheme rasporeda minskih bušotina na profilu za oba tipa zaloma (cilindrični i usporedni), kao i optimalne količine eksploziva po bušotinama koji su dobiveni nakon provedenih probnih miniranja.

Bektašević, E., Antičević, H., Osmanović, F., Kadrić, S., Žutić, Đ., Konta, J.

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17



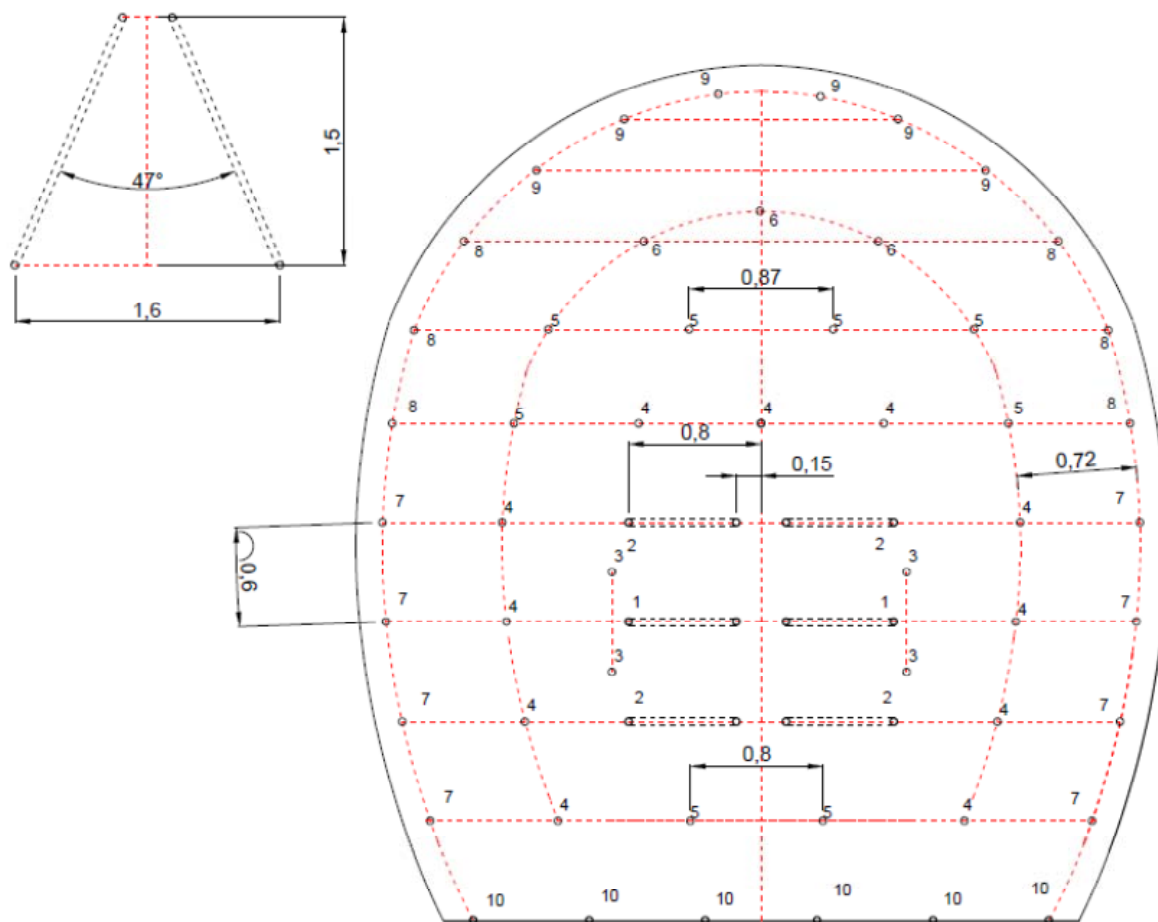
Slika 6. Shema rasporeda minskih bušotina na profilu s usporednim cilindričnim zalomom i raspored električnih detonatora po bušotinama

Tablica 4. Pregled količine i vrste eksploziva i električnih detonatora u seriji po pojedinim bušotinama za klasifikaciju stijena grupe III (1,5 m - dubina bušotina)

PREGLED KOLIČINA EKSPLOZIVA PO MINSKIM BUŠOTINAMA											
Broj bušotina	4	4	4	4	5	2	8	11	8	4	2
Ukupan broj buš.	56										
Ser. el. det.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Plastični ekspl. (kg/buš.)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,1	0,1	0,63	0,63
Σ plas. ekspl. (kg)	15,29										
Konturni ekspl. (kg/buš.)	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	0	0
Σ praš. ekspl. (kg)	13,3										
Praškasti ekspl. (kg/buš.)	0	0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,1	0	0,6	0,6
Σ praš. ekspl. (kg)	19,3										
Σ ekspl. po buš. (kg/buš.)	0,31	0,31	1,11	0,91	0,91	0,91	0,91	0,9	0,8	1,23	1,23
Σ ekspl. za jed. min. (kg)	47,89										

Bektašević, E., Antičević, H., Osmanović, F., Kadrić, S., Žutić, Đ., Konta, J.

Tehnologije miniranja pri iskopu evakuacijskog tunela Vranduk II na magistralnoj cesti M-17



Slika 7. Shema rasporeda minskih bušotina na profilu sa klinastim zalomom i raspored električnih detonatora po bušotinama

Tablica 5. Pregled količine i vrste eksploziva i električnih detonatora u seriji po pojedinim bušotinama za klasifikaciju stijena grupe III (1,5 m - dubina bušotina)

PREGLED KOLIČINA EKSPLOZIVA PO MINSKIM BUŠOTINAMA-KLINASTI ZALOM										
Broj bušotina	2	4	4	11	8	3	8	6	6	6
Ukupan broj buš.	58									
Ser. el. det. na skici	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Plastični ekspl. (kg)	0,62	0,62	0,62	0,31	0,31	0,31	0,1	0,1	0,1	0,62
Σ plas. ekspl. (kg)	18,74									
Konturni ekspl. (kg)	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	0,7	0
Σ praš. ekspl. (kg)	14									
Praškasti ekspl. (kg)	0,4	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,4
Σ praš. ekspl. (kg)	15,8									
Σ ekspl. po buš. (kg/buš.)	1,02	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,8	0,8	0,8	1,02
Σ ekspl. za jed. min. (kg)	48,54									



Slika 8. Punjenje minskih bušotina



Slika 9. Povezivanje minskih bušotina

5. USPOREDBA MINIRANJA PARALELNIM I KLINASTIM ZALOMOM

Iskop evakuacijskog tunela Vranduk II uglavnom je izvođen u uslojenoj stijenskoj masi sličnih fizičko-mehaničkih svojstava, te se, s obzirom da su prilikom iskopa postojale razlike u tehnologiji miniranja, usporedbom postignutih rezultata dobiva i uvid u efikasnost primijenjenih tehnologija.

Kao što je vidljivo iz tablica 4 i 5, dobiveni parametri pri provedenim probnim miniranjima tijekom iskopa evakuacijskog tunela Vranduk II, za oba primijenjena zaloma, potrebna je približno ista količina eksploziva za bušotine dubine 1,5 m kao i približno isti broj minskih bušotina.

Miniranje paralelnim zalomom karakteristično je po tome što je nagib minskih bušotina određen s osi tunela s kojom su sve minske bušotine usporedne. Kod ovakvog načina miniranja ne uzimaju se u obzir strukturno – teksturne karakteristike stijenske mase. Kako su sve minske bušotine međusobno paralelne, njihovo bušenje zahtjeva i veliku preciznost. Ako prilikom bušenja dođe do odstupanja od zadanog pravca minskih bušotina isto znatno utječe na rezultate miniranja, te nakon miniranja ostaje dio bušotina na čelu radilišta neodminiran (20-30 cm) uslijed čega imamo veću specifičnu potrošnju eksploziva u odnosu na odminiranu stijensku masu.

Miniranje klinastim zalomom je karakteristično po tome što zalomne bušotine tvore klin, te se nagib klina može prilagoditi diskontinuitetima u stijenskoj masi. Takvom prilagodbom nagiba klina i iskorištavanjem oslabljenih pravaca u stijeni pospješuju se rezultati miniranja i povećava učinkovitost. Kod miniranja klinastim zalomom nešto je složenije bušenje zalomnih bušotina, posebno u tunelskim cijevima s manjom širinom. Može se zaključiti kako je klinasti zalom teško primjenjiv ili nije nikako primjenjiv u tunelskim cijevima manje širine s korakom napredovanja većim od 1,5 m, te se u takvim slučajevima primjenjuje paralelni cilindrični zalom (za korak napredovanja 2-3 m).

6. ZAKLJUČAK

Utjecaj miniranja u servisnoj cijevi i poprečnim prolazima na podgradni sklop i betonsku oblogu tunelske cijevi u prometu može imati negativne posljedice. Interferencija tlačnog udarnog vala i odbijenog tlačnog udarnog vala od slobodne površine može uzrokovati oštećenje, lučenjem dijelova podgrade probijenog tunela.

Iz razloga velike ukliještenosti jedne slobodne površine treba se imati u vidu kako su miniranja u tunelima, odnosno podzemna miniranja, ograničena s mogućnosti izbora metode rada za razliku od nadzemnih miniranja.

Određivanje vrste i količine eksploziva po stupnju paljenja i metode miniranja od presudne je važnosti za korak napredovanja i visinu seizmičkog utjecaja miniranja.

Neodgovarajuća količina eksploziva, kao i nepravilan izbor metode miniranja može povećati seizmički utjecaj i smanjiti korak napredovanja. U većini slučajeva, kako bi se smanjio utjecaj miniranja, preporučuje se smanjenje eksploziva po stupnju paljenja. Međutim, prilikom smanjenja količine eksploziva treba biti oprezan jer sva energija koja se ne utroši na drobljenje i razaranje širi se dalje u vidu elastičnih valova što uzrokuje povećane vibracije tla. Radi toga, kod smanjenja količine eksploziva potrebno je zadržati gustoću punjenja, što znači kako smanjenje eksploziva treba biti proporcionalno smanjenju dubine bušenja (napretka).

Miniranje u funkciji samo rastresanja stijenske mase treba izbjegavati jer se ovakvim načinom miniranja mogu izazvati velike vibracije tla u odnosu na utrošenu količinu eksploziva. Također, potrebno je ukazati na slučaj pojavljivanja procjednih voda čije postojanje izaziva seizmički prirast. Može se desiti da ne dođe do pojave procjednih voda tijekom mjerenja, ali se iste mogu pojaviti nakon usvajanja parametara za postupak miniranja.

Probna miniranja sa seizmičkim mjerenjima moraju se obavljati što češće pogotovo kod promjene geološkog sklopa stijenskog masiva radi potvrde postojećih, te radi potrebe definiranja novih parametara miniranja.

Prednosti klinastog zaloma u odnosu na paralelni su sljedeće: manje bušotina (zalom), ušteda vremena na bušenju i dobri rezultati do 3,8 m bušenja (za veće dubine se ne može iznijeti materijal i tada ostaju piksne preko metra dubine). Potrebno je provjeriti postoji li dovoljno prostora za bušenje pod kutom zbog duljine lafete na bušilici. Za veće dubine bušenja koristi se usporedni zalom, a za što je potrebno raspolagati s pouzdanim operativcem ili kompjuteriziranom bušilicom.

LITERATURA

1. Dopunski rudarski projekt iskopa i provjetravanja pri izradi servisne cijevi tunela Vranduk, Magistralni put M-17; E73, Vareš, ožujak 2019.
2. Jovanović P.: „Izrada podzemnih prostorija velikog profila“, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
3. Antičević H., Dobrilović M., Perković H.: „Zona oštećenja stijenske mase pri iskopu tunela miniranjem“, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Originalni znanstveni rad, Zagreb, 2012.
4. Karlovac Z.: „Miniranje prilikom iskopa tunela Čardak na autocesti Rijeka – Zagreb“, RGNF Zagreb, SeminarSKI rad, 2008.
5. Langefors U. & Kihlstrom B.: "The modern technique of rock blasting", Wiley, New York, 1978.