Proračun iskopa podzemnih prostorija male hidroelektrane

Šprljan, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:815970

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

PRORAČUN ISKOPA PODZEMNIH PROSTORIJA MALE HIDROELEKTRANE

Diplomski rad

Luka Šprljan
R 102

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

PRORAČUN ISKOPA PODZEMNIH PROSTORIJA MALE HIDROELEKTRANE

LUKA ŠPRLJAN

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Sažetak

U radu je prikazan proračun iskopa podzemnih prostorija male hidroelektrana (MHE). Osnovni dijelovi MHE su okno, strojarnica dovodni i odvodni kanal. Za sve podzemne prostorije predviđen je iskop metodom bušenja i miniranja.

Ključne riječi: MHE, podzemne prostorije, bušenje i miniranje

Diplomski rad sadrži: 47 stranica, 4 tablica, 30 slika i 7 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Vječislav Bohanek, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Vječislav Bohanek, docent RGNF
Dr. sc. Mario Dobrilović, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Vinko Škrlec, docent RGNF

Datum obrane: 26. kolovoza 2016.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

CALCULATION OF EXCAVATION FOR UNDERGROUND CHAMBERS IN SMALL HYDRO POWER PLANT

LUKA ŠPRLJAN

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics,
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

In thesis calculation excavation of underground chambers of small hydro power plant (SHP) is presented. Basic parts of SHP are shaft, machine room, supply chanel and drain tunnel. For all underground chambers drilling and blasting method is used.

Keywords: SHP, underground chambers, drilling and mining

Thesis contains: 47 pages, 4 tables, 30 figures, enclosures and 7 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Vječislav Bohanek, Assistant Professor:

Reviewers: PhD Vječislav Bohanek, Assistant Professor
PhD Mario Dobrilović, Associate Professor
PhD Vinko Škrlec, Assistant Professor

Date of defence: August 26th, 2016

Najljepše se zahvaljujem na podršci, stručnoj pomoći i savjetima mentoru, docentu dr.sc. *Vječislavu Bohaneku.*

Zahvaljujem se svojim bližnjima koji su me poticali i pomagali mi tijekom školovanja.

Zahvaljujem se jednoj jedinstvenoj osobi koja mi je pokazala put i ukazala na prave vrijednosti.

Samo se srcem dobro vidi, ono očima vidljivo je nebitno... Hana...

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS TABLICA II
POPIS SLIKA III
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SI JEDINICA IV
1. UVOD 1
2. ZEMLJOPISNI PODACI I POSTOJEĆE STANJE 2
3. GEOLOGIJA I HIDROGEOLOGIJA TERENA 5
4. KLASIFIKACIJA STIJENSKE MASE 7
5. MHE 9
6. PRORAČUN ISKOPA OKNA 13
6.1. Proračun vremena potrebnog za iskop okna 18
7. PRORAČUN ISKOPA STROJARNICE, GALERIJE I KANALA 22
7.1. Proračun gornjeg dijela iskopa (kalote) strojarnice i galerije 22
7.2. Proračun donjeg dijela iskopa strojarnice i galerije 31
7.3. Proračun iskopa odvodnog kanala 34
7.4. Proračun vremena potrebnog za iskop strojarnice, galerije i odvodnog kanala 35
8. PRORAČUN ISKOPA DOVODA 41
8.1. Proračun vremena potrebnog za iskop dovodnog tunela 43
9. ZAKLJUČAK 46
10. LITERATURA 47

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Kategorizacija stijenske mase 8
Tablica 5-1. Poprečni presjek pojedine prostorije i volumeni iskopa 11
Tablica 5-2. Primarna podgrada 12
Tablica 6-1. Konstrukcija eksplozivnog punjenja minskih bušotina..... 15

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Geografski položaj općine Konavle 2
Slika 2-2. Sjeverna strana tunela 3
Slika 2-3. Izlaz na južnom djelu odteretnog tunela 4
Slika 2-4. Geološka karta Konavala 6
Slika 3-1. Područje jako razlomljene stijene 7
Slika 3-2. Područje slabije razlomljene stijene 8
Slika 5-1. 3D prikaz MHE 9
Slika 5-2. Uzdužni presjek MHE 10
Slika 5-3. Tlocrt MHE 10
Slika 6-1. Raspored minskih bušotina za okno 16
Slika 6-2. Shema otpucavanja minski bušotina za okno 17
Slika 6-3. Princip iskopa okna 17
Slika 6-4. Bušaća platforma shaft drill rig sd3 (Deilmann-Haniel Mining Systems)(2016.) 18
Slika 6-5. Dh DG 500 (Deilmann-Haniel Mining Systems)(2016.) 18
Slika 7-1. Raspored minskih bušotina za proširenje okna. 25
Slika 7-2. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za proširenje okna. 25
Slika 7-3. Shema iskopa gornjeg dijela strojarnice 26
Slika 7-4. Raspored minskih bušotina za dio I. 28
Slika 7-5. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za dio I. 28
Slika 7-6. Raspored minskih bušotina za dio II i III. 30
Slika 7-7. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za dio II i III. 30
Slika 7-8. Raspored minskih bušotina za iskop donjeg dijela strojarnice i galerije- I etaža 32
Slika 7-9. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za I etažu 33
Slika 7-10. Raspored minskih bušotina za iskop kanala- I etaža 34
Slika 7-11. redoslijed otpucavanja minskih bušotina za iskop kanala- I etaža 35
Slika 7-12. Multi-purpose compact excavator dh EQ200 35
Slika 7-13. Caterpillar 3126 dita engine 36
Slika 7-14. JCB Micro 36
Slika 8-1. Raspored minskih bušotina za iskop dovoda 42
Slika 8-2. Redoslijed otpucavanja 43

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SI JEDINICA

O	opseg	(m)
P	površina	(m^2)
V	volumen	(m^3)
D	promjer	(m)
q	specifična potrošnja eksploziva	(kg/m^3)
L_b, L_k	duljina pomoćnih i konturnih bušotina	(m)
Q_p	količina eksplozivnog punjenja	(kg)
Q	količina materijala	(m^3)
Q_z	potrebna količina eksplozivnog punjenja za zalom	(kg)
N_b	broj bušotina	(-)
v	brzina bušenja u stijeni	(m/min)
T_p	vrijeme punjenja bušotina	(min)
T_b	punjenje jedne bušotine	(min)
R	broj radnika	(-)
kr	koeficijent rastresitosti	(-)
T_{min}	vrijeme miniranja	(min)
T_{pz}	pripremno i završno vrijeme	(min)
A	napredak za jedno miniranje	(m)
X	dubina	(m)
q_z	specifična potrošnja eksploziva za izradu zaloma	(kg/m^3)
S_z	površina zaloma	(m^2)
Q_{1z}	punjenje jedne zalomne bušotine	(kg)
l_p	duljina patrone	(mm)
m_p	masa patrone	(g)
N_{pz}	broj patrona za zalom u bušotini	(-)
L_p	duljina punjenja	(m)
$L_č$	duljina čepa	(m)

q_p	specifična potrošnja eksploziva za ostali dio	(kg/m^3)
S	površina poprečnog presjeka	(m^2)
L	ukupna duljina bušenja	(m)
V_{bucket}	volumen bucketa	(m^3)
$Q_{grajfer}$	kapacitet grajfera	(m^3)
N_{bucket}	broj bucketa	(-)
q_{bucket}	kapacitet bucketa	(m^3)
d	promjer patrone	(mm)
ρ	gustoća	(kg/m^3)
N_p,N_z	broj pomoćnih, broj zalomnih bušotina	(-)

1. UVOD

Kroz povijest do danas na području Konavoskog polja poplave su neizbježne, naročito u zimskim i proljetnim mjesecima. Do 1958. godine Konavosko polje je bilo izloženo učestalim poplavama s obzirom na to da se odvodnja odvijala isključivo putem postojećih ponora ograničenog kapaciteta. Radi brže evakuacije poplavnih voda iz polja, 1958. godine je izgrađen odvodni tunel duljine oko 2 km, koji je u kasnijem razdoblju (1973.-1977.) rekonstruiran. Današnja propusna moć tunela iznosi približno 60 m^3/s, tako da je ukupan kapacitet evakuacijskih organa (tunela i ponora) iz polja oko 80 m^3/s. No, problemi Konavoskog polja nisu riješeni rekonstrukcijom tunela. Zbog poplava u tunel se ne može ući od mjeseca listopada do mjeseca svibnja.

Najnovijim provedbenim planom obrane od poplava branjenog područja Sektor F predložene su između ostalog dodatne mjere za poboljšanje stanja tunela:

- dovođenje tunela u funkciju tlačnog djelovanja,
- sniženje preljevnog praga,
- korekcija nivelete na ulazu u tunel,
- povećanje propusne moći tunela.

S obzirom na povećanje propusne moći tunela, povoljne hidrogeološke i hidrološke prilike te mogućnost proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije izrađena je idejna studija za malu hidroelektranu (MHE). Ukoliko se pristupi izgradnji MHE bit će potrebno izraditi niz novih objekta i adaptaciju postojećeg objekta. Svi planirani objekti su podzemni te će biti izgrađeni rudarskim metodama iskopa.

U radu je dan pregled postojećeg stanja tunela, plan prostorija MHE te proračun iskopa podzemnih prostorija.

2. ZEMLJOPISNI PODACI I POSTOJEĆE STANJE

Konavle, kraj jugoistočno od Dubrovnika, najjužniji je dio kopnene Hrvatske; obuhvaća oko 200 km^2 površine na kojoj živi oko 8 500 stanovnika. Područje čine plodno Konavosko polje, niski priobalni greben i više vapnenačko područje. Konavosko polje površine 2300 ha je zatvorena krška udolina duljine 22 km i širine 2.5 km (23 km^2). Smjer pružanja doline je od SZ prema JI. Na slici 2-1 dan je geografski položaj općine Konavle.



Slika 2-1. Geografski položaj općine Konavle

Do 1958. godine Konavosko polje je bilo izloženo učestalim poplavama s obzirom na to da se odvodnja odvijala isključivo putem postojećih ponora ograničenog kapaciteta smještenih uz jugozapadni rub polja. Na jugozapadu postoji ukupno 9 ponora čiji skupni kapacitet iznosi 20 m^3 što je znatno manje od količine voda koje u zimskim i proljetnim mjesecima plave najniže dijelove polja. Površina poplavljenih dijelova iznosi oko 700 ha (30% površine polja). Visinske kote Konavoskog polja padaju od sjeveroistoka prema jugozapadu. Udolina je sa zapadne strane okružena primorskim grebenom, koji završava strmim nepristupačnim klifovima koji se okomito spuštaju u more u neprekinutoj dužini od oko 20 kilometara, a s istočne strane strmim brdima Snježnice (1234 m) i ograncima Orjena (1984 m).

Nadmorska visina istočne strane Konavoskog polja se kreće između 48 i 49 m n.m., dok se na zapadnoj strani kreće između 41 i 46 m n.m. Najniže točke Konavoskog polja se nalaze u području glavnog i ostalih nekoliko ponora. Naselja su smještena uz povišene rubove

polja. Jadranska magistrala DC-8 ide također po rubu polja iznad visinske kote +65 m n.m. pa na više.

Odteretni tunel u Popovićima prokopan je 1959. godine. Izveden je u obliku potkovastog profila sa polukružnom kalotom radijusa 1,95 m i ukupne visine 3,90 m. Ukupna dužina tunela iznosi 1.957 m, a pad nivelete dna I=14,4‰.

Projektirana propusna moć tunela za uvjete gravitacijskog tečenja trebala je biti 60 m^3/s. Međutim, s obzirom na dosta složene geološke uvjete izvedbe, postignuta je maksimalna propusna moć tunela od svega 40 m^3/s. Godine 1970. došlo je do urušavanja, a 1972. i do potpunog zatrpavanja tunela.

Tada se pristupilo rekonstrukciji i napravljena je devijacija tunela u duljini od 160 m čime je izbjegnuta nestabilna zona, spuštanjem nivelete za 80 cm povećao se protočni profil i napravljeno je betoniranje obloga u punom profilu na mjestima gdje je to bilo neophodno.

Danas je rekonstrurani tunel u ispravnom stanju s procjenjenom propusnom moći od 60 m^3/s kako je i planirano u prvim radovima. Na slici 2-2 dan je prikaz sjeverne strane tunela, odnosno mjesta gdje voda ulazi u tunel, a na slici 2-3 slika južnog portala tunela.



Slika 2-2. Sjeverna strana tunela



Slika 2-3. Izlaz na južnom djelu odteretnog tunela

Osim tunelom, višak vode i dalje se odvodi putem prirodnih ponora. Kapacitet prirodnih ponora je 20 m^3/h što znači da ukupni kapacitet tunela i ponora iznosi 80 m^3/h.

Međutim, činjenica je da unatoč rekonstruiranom tunelu i dalje nije do kraja riješen problem poplava, najviše u kišnim mjesecima zimi i u proljeće.

Prirodni vodotoci Konavoskog polja su rječica Ljuta, te bujice Konavočica i Kopačica. Ovi se vodotoci zajedno s ostalim bujicama brdskog sliva slijevaju na ravni dio polja, uzrokujući zadržavanje vode na najnižem dijelu polja. Zbog poplava u tunel se ne može ući od mjeseca listopada do mjeseca svibnja.

Današnji osnovni podaci za odteretni tunel su sljedeći:

+43,45 m n.m.	visinska kota praga na ulaznoj građevini
+41,40 m n.m.	Visinska kota dna tunela na ulazu
+11,93 m.n.m.	Kota izlaza tunela u Uvali Pasjača
ΔH = 29,47 m	Visinska razlika između ulaza u tunel i izlaza iz tunela
5,4 m^3/s	Procijenjen srednji protok na ulazu u tunel
<100 l/s	Male vode,
230 m^3/s	50-godišnja VV
320 m^3/s.	1000-godišnja VV

Dana 07. veljače 2014. godine donesen je „Provedbeni plan obrane od poplava branjenog područja Sektor F - Južni Jadran Branjeno područje 32“.

Navedenim „Provedbenim planom obrane od poplava branjenog područja Sektor F – Južni Jadran Branjeno područje 32“ predložene su, između ostalog, dodatne mjere za poboljšanje stanja tunela:

- dovođenje tunela u funkciju tlačnog djelovanja
- sniženje preljevnog praga
- korekcija nivelete na ulazu u tunel
- povećanje propusne moći tunela.

3. GEOLOGIJA I HIDROGEOLOGIJA TERENA

Područje Konavala izgrađeno je u priobalnom dijelu od karbonata donje krede K23, krede paleocena K, Pc i eocena E2 u zaleđu, te u unutrašnjosti od flišolikih naslaga eocena i donjeg oligocena E, Ol. Na fliš je sa sjeveroistoka navučen mezozojski kompleks naslaga Visokog krša. Dno Konavoskog polja prekriveno je mlađim kvartarnim naslagama.

U naslagama senona nalazimo pretežito vapnence sa svim podkatovima senona, ali male debljine. Najstariji sediment su bankoviti dolomiti koji pripadaju mastrihtu i to u debljini od 250 m. Preko dolomita leže vapnenci i dolomiti mastrihta debljine oko 200 m, susrećemo tu i pločaste vapnence.

Naslage Paleocena leže kontinuirano ili sa postepenim prijelazom preko gornjokrednih naslaga najvišeg mastrihta, zbog kojeg se ističe prisustvo rudista. U donjim djelovima zastupljeni su svijetli glineni vapnenci i laporci, a u višim djelovima prelaze u bankovite vapnence koji su brečasti i ugljeviti, na vrhu stupa tamno obojeni vapnenci.

U rubnom području Konavalskog polja, transgresivno na paleocenske ili kredne naslage naliježu vapnenci srednjeg eocena E2. Riječ je o pločastim i bankovitim vapnencima, koji u podini sadrže tragove boksita i emerzijske breče.

Unutar ovog prostora izdvajaju se tri zasebne cijeline.

Donja Banda

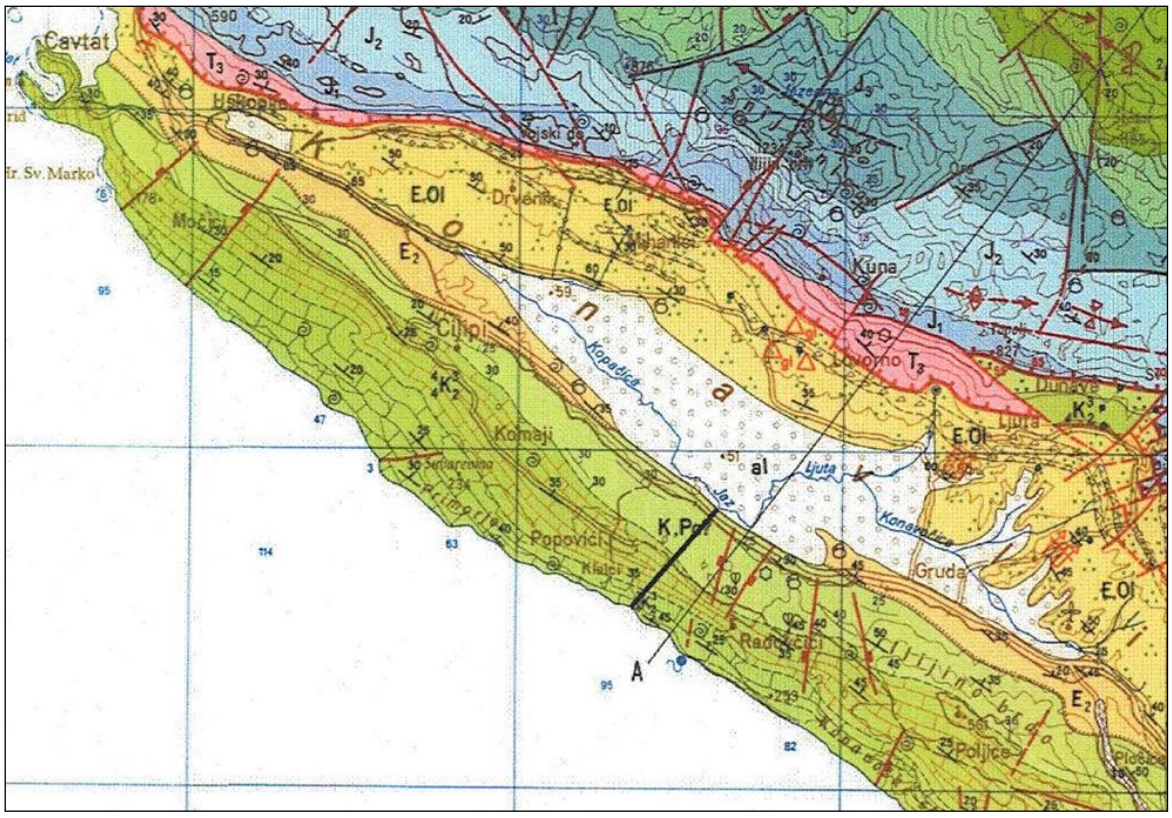
Priobalni pojas je karbonatna zaravan kredno-paleocenskih naslaga, sa visokim strmim klifovima prema moru, što posljedično ima uglavnom nepristupačnu obalu. Visina klifova koji se strmo spuštaju prema jugozapadu prelazi i 200 m.

Krško polje

Proteže se sukladno obali cca 15 km, od Cavtata do Debelog Brijega i granice prema Crnoj Gori. Polje je nepravilnog oblika a najveća širina mu je 1,5 km, nagiba je prema Jugu i to cca 10-15°. Dno polja izgrađuju karbonati eocena, flišoliki klastiti eocena-oligocena, a u najnižim djelovima na površini su kvartarni sedimenti uglavnom male debljine. Na jugozapadnom rubu pojavljuju se ponori od kojih je „Jaz“ najviše tektonski indisponiran.

Brdsko-planinski dio

Na sjeveroistočnom djelu, s karbonatnim naslagama čini brdsko-planinski dio (trijas, jura), koji je odsječen od Konvalskog polja reversnim rasjedom.



Slika 2-4. Geološka karta Konavala

I dok geološka građa pruža uvjete za izgradnju ovakvih objekata sukladno sličnim elektranama duž naše obale, ipak hidrološke i hidrogeološke prilike zahtijevaju dodatna pojašnjenja. Hidrološka i hidrogeološka istraživanja obilježavaju značajne sezonske

oscilacije količine vode. Posebnost Kovanoskog pojasa sastoji se u činjenici da u obalnom pojasu nema izvora pa niti značajnijih vrulja. S druge strane, ukupni kapaciteti izvora, bilo da se radi o maksimalnim ili minimalnim sezonskim izviranjima, ukazuju na činjenicu da unatoč postojanju ogromnih priljevnih kapaciteta iz Konavoskih brda, Bosansko hercegovačkog zaleđa i Crne Gore, tek manji dio izvire na površinu Konavala, što znači da se zasigurno veći dio voda iz vodosabirnih područja ulijeva u more mimo izvorišta, podpovršinskim sustavima pukotina koje su se razvile do dubine i do 100 metara u odnosu na današnju razinu mora. Sukladno tomu za očekivati je da ukupna količina voda u Konavlima znatno premašuje biološki potrebne minimume.

Iz preliminarnih i osnovnih geoloških istraživanja nameće se zaključak da geološke, hidrogeološke pa i hidrološke prilike u širem okruženju nude pouzdanu bazu za izgradnju male hidroelektrane.

4. KLASIFIKACIJA STIJENSKE MASE

Prije proračuna iskopa podzemnih prostorija nužno je provesti istražne radove kako bi se stijenska masa klasificirala (kategorizirala). Osnovni zadatak svake klasifikacije je podjela stijenske mase u grupe, kategorije ili klase na temelju sličnih obilježja. Na slikama 4-1. i 4-2. prikazana su dva karkteristična područja snimljena prilikom obilaska tunela.



Slika 3-1. Područje jako razlomljene stijene



Slika 3-2. Područje slabije razlomljene stijene

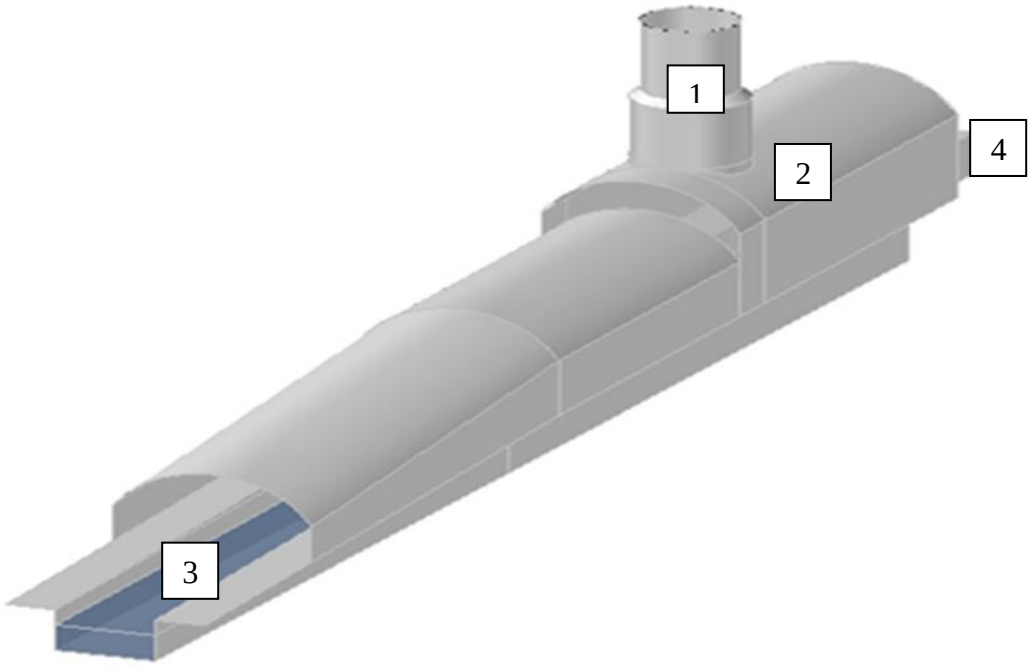
Ocijena stijenske mase je provedena na temelju $RMR_{89,}$ GSI, Q i RMR (Q) klsaifikacije stijenske mase. Za svaku od pometnutih klasifikacija dodijeleni su bodovi te je stijenska masa kategoritzirana u III odnsono četvrtu kategoriju. Rezultati proračuna stijenske mase prikazani su u tablici 3-1.

Tablica 3-1. Kategorizacija stijenske mase

	JAKO RAZLOMLJENA STIJENA	**SLABIJE RAZLOMLJENA STIJENA**
		
$RMR_{89'}$	23 – 41	42 – 61
GSI	33 – 43	52 – 57
Q	0,22 – 0,50	3,33 – 6,67
RMR(Q)	30 – 38	55 – 61
kategorija	IV – slaba stijenska masa	III – povoljna (dobra) stijenska masa

5. MHE

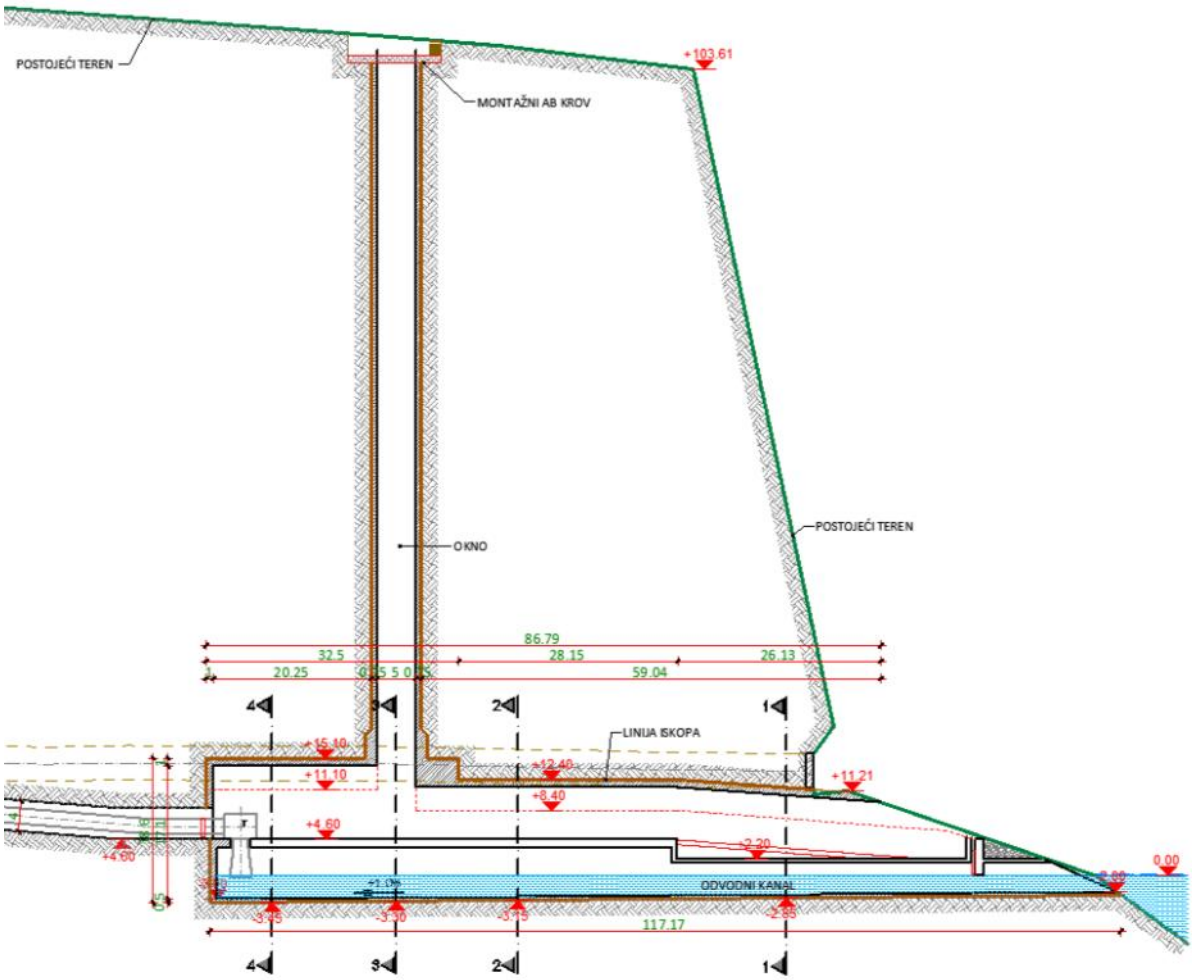
Zatečeno stanje infrastrukture, preliminarna istraživanja, rezultati hidroloških i hidrogeološih istraživanja upućuju na rentabilnu mogućnost izgradnje MHE. Zbog svega navedenog izrađeno je idejno rješenje. U poglavlju je dan opis objekta MHE s prikazom osnovnih prostorija te predviđena način podgrađivanja za pojedinu prostoriju. Na slici 5-1. dan je 3D prikaz objekta s MHE s naznačenim podzemnim prostorijama.



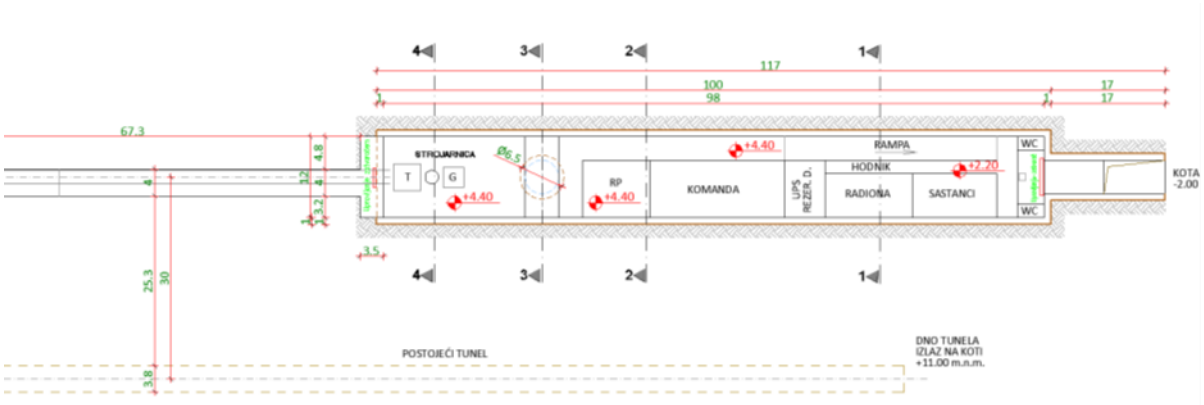
1-okno, 2-strojarnica, 3-odvodni kanal i 4- dovod.

Slika 5-1. 3D prikaz MHE

Na slici 5-2. dan je uzdužni presjek MHE, na slici 5-3. tlocrt objekta.



Slika 5-2. Uzdužni presjek MHE



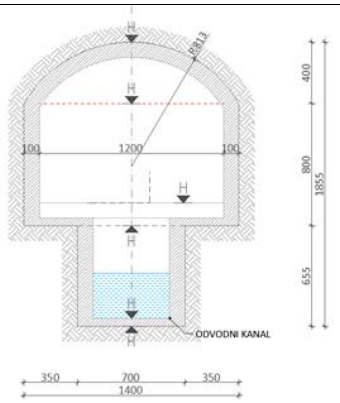
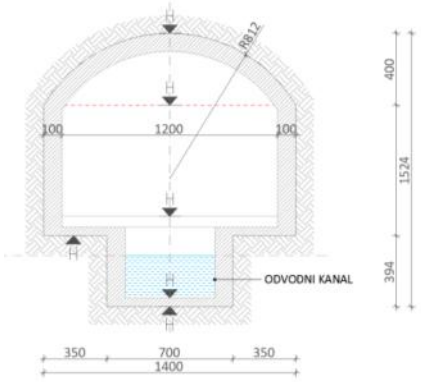
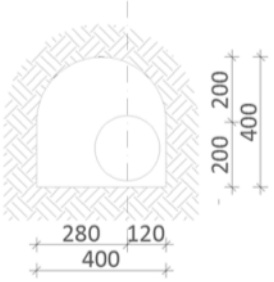
Slika 5-3. Tlocrt MHE

MHE se sastoji od 4 podzemne prostorije:

- okna,
- 2 strojarnice,
- 3-odvodnog kanala i
- 4- dovoda.

U tabilici 5-1 dan je poprečni presjek svake pojedine prostorije s naznačenim volumenima iskopa.

Tablica 5-1. Poprečni presjek pojedine prostorije i volumeni iskopa

	OKNO Volumen iskopa: cca 3,500 m^3
	STROJARNICA Volumen iskopa strojarnice: cca 4930 m^3 Volumen iskopa odvodnog kanala: cca 1470 m^3 Ukupan volumen iskopa: cca 6400 m^3
	ODVOD Volumen iskopa galerije: cca 8800 m^3 Volumen iskopa odvodnog kanala: cca 2250 m^3 Ukupan volumen iskopa: cca 11050 m^3
	DOVOD Volumen iskopa galerije: cca 2000 m^3

Na osnovu kategorije stijenske mase i veličine svijetlog otvora naprevaljen je proračun primarne podgrade pojedine prostorije. Proračun podgrade dan je za pojedine prostorije u tablici 5-2.

Tablica 5-2. Primarna podgrada

Naziv prostorije	Kategorija stijene	Tip podgrade
Okno	III	Torkret 5 cm i mjestimično sidrenje
	IV	Torkret 10 cm i štapna sidra na razmaku od 2,5 m
Strojarnica	III	Torkret 10 cm, 1 x mreža i štapna sidra na razmaku od 2,0 m
	IV	Torkret 20 cm, 2 x mreža i štapna sidra na razmaku od 1,5 m
Odvod	III	Torkret 10 cm, 1 x mreža i štapna sidra na razmaku od 2,0 m
	IV	Torkret 20 cm, 2 x mreža i štapna sidra na razmaku od 1,5 m
Dovod	III	Torkret 5 cm
	IV	Torkret 5 cm i mjestimično sidrenje

6. PRORAČUN ISKOPA OKNA

Geometrijski elementi pri proračunu proračuna iskopa okna su sljedeći:

- promjer iskopa okna (svjetli promjer) D = 6,5 m
- duljina okna l = 101 m
- željeni napredak za jedno miniranje A = 2,0 m

Pri miniranju okna raspored minskih bušotina se prilagođava poprečnom presjeku okna. Kod okna kružnog oblika koristi se kružni klinasti zalom, a pomoćne minske bušotine raspoređene su po koncentričnim krugovima oko zaloma (Krsnik, 1993). Proračun rasporeda i eksplozivnog punjenja minskih bušotina za okno napravljen je na osnovu preporuka (TUNNELLING ASSOCIATION OF CANADA, 2005)

Proračun konturnih bušotina

Opseg okna s računa prema jednadžbi:

$$O = \pi * \mathrm{D}\ (\mathrm{m}) \qquad (6\text{-}1)$$

$$O = 3{,}14 * 6{,}5$$

$$O = 20{,}41\ \mathrm{m}$$

Prepopručeni razmak između konturnih bušotina iznosi 0,5 m, broj kunturnih bušotina je jednak:

$$N_k = \frac{O}{0{,}5} = 40{,}82 \qquad \textit{usvojeno } N_k = 40 \textit{ bušotina} \qquad (6\text{-}2)$$

Preporučena masa eksplozivnog punjenja po konturnoj minskoj bušotini iznosi 0,5 kg.

Proračun zalomnih bušotina

Naziv izabranog zaloma: dupli klinasti zalom.

Ukupan broj zalomnih bušotin je 10, broj zalomnih minskih bušotina je 7.

Izabrana specifična potrošnja eksploziva po zalomnoj minskoj bušotini 2,8 kg/m^3

Ukupna masa eksploziva za zalom iznosi

$$\mathrm{Q_z} = q * \mathrm{N_z} \qquad (6\text{-}4)$$

$$\mathrm{Q_z} = 2{,}8 * 7$$

$$\mathrm{Q_z} = 19{,}6\ \mathrm{kg}$$

Proračun pomoćnih bušotina

Broj pomoćnih bušotina računa se prema ukupnoj količini eksploziva u minskom polju:

Volumen materijala za miniranje:

$$V = \pi D^2 * \frac{2}{4} \quad (6\text{-}5)$$

V = 66,44 m^3

Količina eksplozivnog punjenja:

Specifična potrošnja eksploziva po m^3:

q = *1,3 kg/m^3*

$$Q = q * V \quad (6\text{-}6)$$

$$Q = 1{,}3 * 66{,}44$$

Q = *86,22 kg*

$$Q_p = Q - Q_k - Q_z \quad (6\text{-}7)$$

Q_p = 86,22 – 20 – 19,6

Q_p = 46,6 kg

Punjenje pomoćnih bušotina je 1,8 kg/m^3

Pomoćne bušotine:

$$N_k = \frac{Q_p}{q} \quad (6\text{-}8)$$

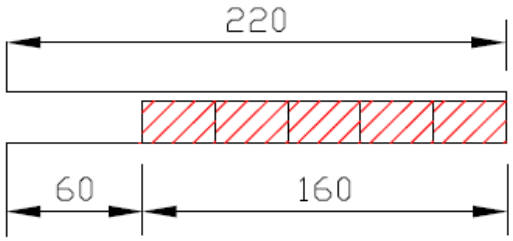
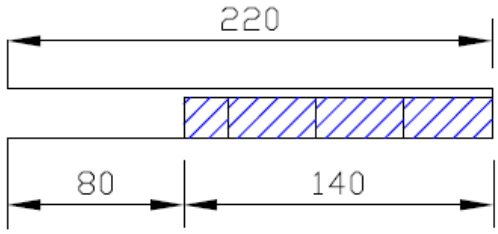
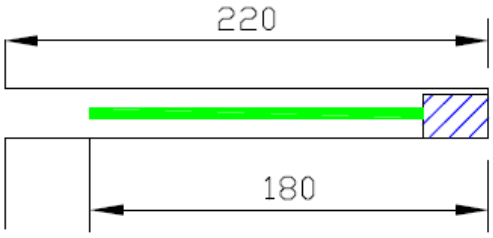
$$N_k = \frac{46{,}6}{1{,}8}$$

N_k = 25,88 *usvojeno 26 bušotina*

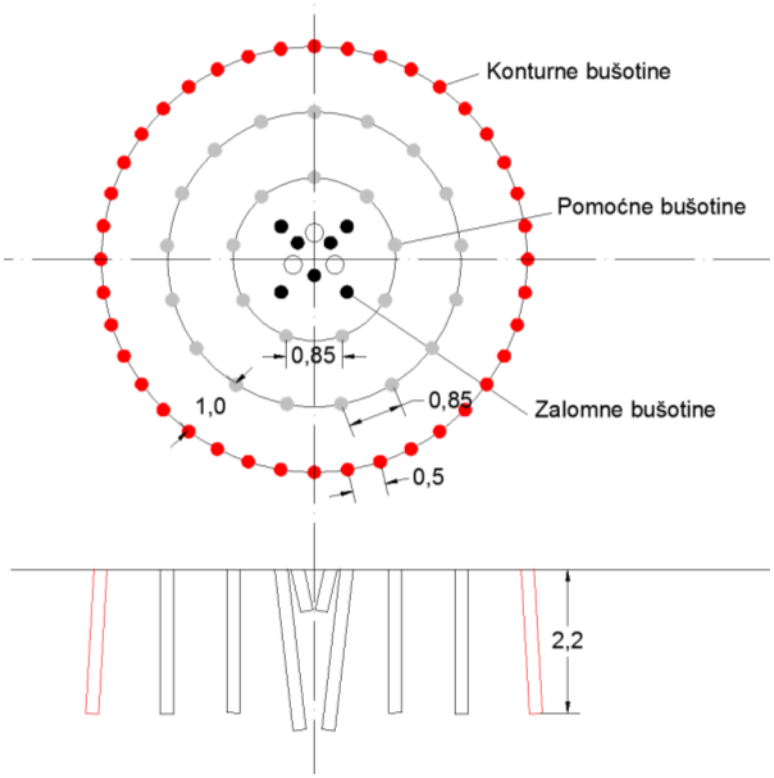
L_b = 2,2 m, q_b = 1,8 kg, N_p = 26

U tablici 6-1. dana je konstrukcija eksplozivnog punjenja pojedinih minskih bušotina i izabrana eksplozivna sredstva

Tablica 6-1. Konstrukcija eksplozivnog punjenja minskih bušotina

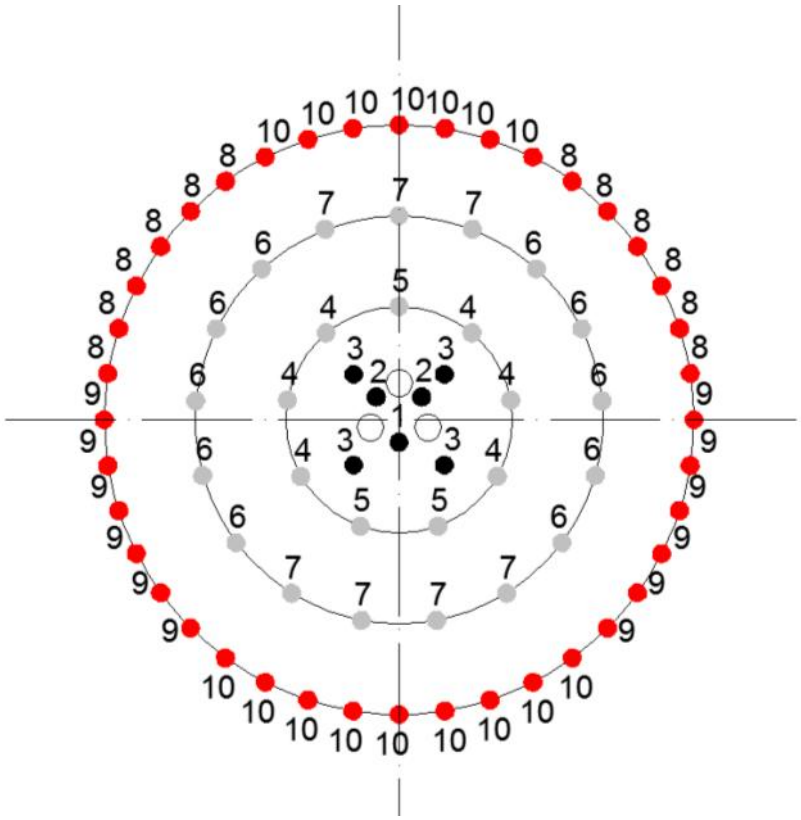
ZALOMNE BUŠOTINE Q =2,800 kg/buš.  	RIODIN Ø 40 mm / 556 g / 320 mm Ukupno punjenje: 5 x 556 g = 2,800 kg/buš.
POMOĆNE BUŠOTINE Q = 1,950 kg/buš.  	RIOMAX Ø 38 mm / 526 g / 400 mm Ukupno punjenje: 3,5 x 526 g =1,8 kg/buš.
KONTURNE BUŠOTINE L =0,514 kg/buš.  	RIOMAX Ø 38 mm / 526 g / 400 mm Detonirajući štapin C-80 Ukupno punjenje: 3/4 x 526 g = 0,394 kg/buš. 1,5 x 80 g = 0,120 kg/buš. 0,514 kg/buš.

Na slici 6-1. dan je prikaz rasporeda bušotina za okno a na slici 6-2 eksplozivno punjenje minskih bušotina.



Slika 6-1. Raspored minskih bušotina za okno

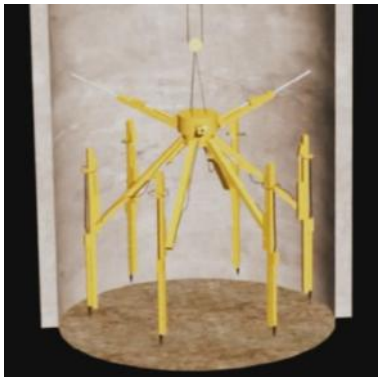
Najjednostavnija je i najčešće korištena shema otpucavanja miskih bušotina u koncentričnim kružnicama. U ovom slučaju to bi značilo da bi zalomske bušotine otpucale prve, zatim bi otpucale pomoćne bušotine prvog koncentričnog kruga, nakon toga pomoćne bušotine drugog koncentričnog kruga i na kraju konturne bušotine. Na slici 6-2. dana je nešto kompliciranija shema otpucavanja minskih bušotina s ukupno 10 stupnjeva usporenja.



Slika 6-2. Shema otpucavanja minski bušotina za okno

Za iniciranje minskih bušotina prema shemi navedenoj na slici 6-2. moguće je koristiti električne i neelektrične detonatore. Prijedlog je da se koriste neelektrični tunelski detonatori npr. Rionel LP. Za iniciranje bušotina korititi će se „bunch konektori“. Jedan bunch konektor može inicirati do 20 cjevčica neelektričnog detonatora (Ester, 2005).

Nakon bušenja i miniranja minskih bušotina potrebno je odminirani materijal izvesti iz okna i ukoliko je potrebno, izraditi primarnu podgradu okna. Na slici 6-3. dan je prikaz princip iskopa okna.



Bušenje minskih bušotina, punjenje i otpucavanje



Utovar i transport odminiranog materijala



Izrada podgrade

Slika 6-3. Princip iskopa okna

6.1. Proračun vremena potrebnog za iskop okna

Pri proračunu vremena potrebnog za iskop u obzir je uzeto samo vrijeme iskopa i izvoza materijala. Za proračun je potrebno znati način bušenja minskih bušotina i karakteristike bušilice te način izvoza materijala iz okna i strojeve potrebne za izvoz. Za bušenje minskih bušotina će se koristiti bušaća platforma specijalno namijenjena za bušenje minskih bušotina i izradu okna. Na slici 6-4. dan je prikaz bušaće platforme i njezine karakteristike.

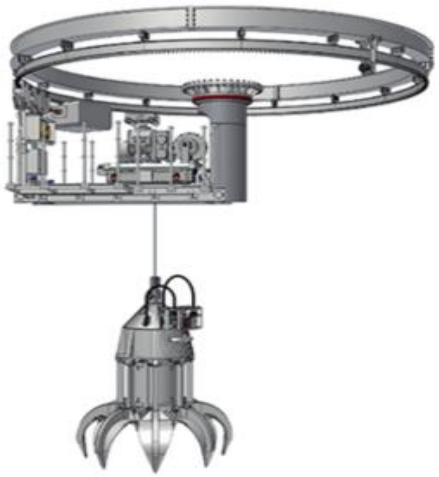


Shaft drill rig sd3

Promjer okna	od 5 do 12 m
Broj bušaćih čekića:	3
Dubina bušenja	do 4,8 m
Masa	6000 kg
Bušaći čekić	BBC 120 FZ
Masa	69 kg
Brzina udara	2100 min^{-1}
Brzina rotacije	2100 min^{-1}

Slika 6-4. Bušaća platforma shaft drill rig sd3 (Deilmann-Haniel Mining Systems, 2016)

Odminirani materijal će se iz okna izvoziti koševima volumena 2 m^3, a utovar u koševe će se izvesti pomoću graifera. Karakteristike Graifera dane su na slici 6-5.



dh DG 500

Kapacitet	0,5 m^3
Masa	2500 kg

Slika 6-5. Dh DG 500 (Deilmann-Haniel Mining Systems, 2016)

Vrijeme bušenja za izradu okna

Ukupni broj bušotina: 76

Minske bušotine: 73

Prazne zalomne bušotine: 3

Ukupna duljina bušenja računa se prema forumuli:

$$L_{uk} = N_b * l_b \quad (6\text{-}9)$$

$$L_{uk} = 76 * 2{,}2$$

$$L_{uk} = 167{,}2\ m$$

gdje je:

L_{uk} = ukupna duljina bušenja

N_b = broj bušotina

L_b = duljina bušotine

Bušenje bušaćom platformom *Shaft drill rig dhSD3*

Brzina bušenja u stijeni:

v_b = *0,4 m/min*

Vrijeme potrebno za bušenje računa se prema formuli:

$$T = \frac{l_b}{v_b} \quad (6\text{-}10)$$

$$T = \frac{167{,}2}{0{,}4}$$

$$T = 418\ min$$

$$T_{uk} = \frac{T}{3} \quad (6\text{-}11)$$

$$T_{uk} = \frac{418}{3} \qquad 3\ lafete$$

T_{uk}= 139, 33 min

Dobili smo ukupno vrijeme bušenja, potrebno ga je uvećati za 10%, koliko traje premještaj lafeta, znači:

$$t = T_{uk} * 10\%$$

t =153,23

Vrijeme punjenja bušotina

$$T_{\boldsymbol{p}} = N * \frac{t_b}{R} \quad (6\text{-}12)$$

$$T_{\boldsymbol{p}} = 73 * \frac{1}{2}$$

$T_{\boldsymbol{p}}$= *36,5 min*

gdje su:

N = bušotine

T_b = punjenje jedne bušotine = 1 min

R = odabrani broj radnika = 2

Vrijeme utovara i odvoza

Volumen odminiranog materijala računa se prema formuli:

$$V = Q * kr \quad (6\text{-}13)$$

$$V = 66{,}33 * 1{,}3$$

$$V = 86{,}22\ m^3$$

gdje je:

Q = količina materijala

Kr = koeficijent rastresitosti (1,3 kg/m^3)

Broj ciklusa greifera za 1 skip:

$$N = \frac{V_{skipa}}{Q_{utovarač}} \quad (6\text{-}14)$$

$$N = \frac{2}{0{,}5}$$

$$N = 4$$

Vrijeme potrebno za jedan ciklus greifera je 10 sekundi

$$T = 4 * 10sek$$

$$T = 40\ sek$$

Broj skipova potreban za utovar cijelog materijala:

$$N_{skip} = \frac{V}{V_{skip}} \quad (6\text{-}15)$$

$$N_{skip} = \frac{86{,}22}{2+2}$$

$$N_{skip} = 22$$

Ukupno vrijeme za utovar:

$$T_{uk} = N_{skip} * T \quad (6\text{-}16)$$

$$T_{uk} = 22 * 40$$

$$T_{uk} = 880\ sek - 14{,}6\ \text{min}$$

Vrijeme miniranja i odmora

Tmin = 30 min

Pripremno završno vrijeme

T_{pz} = 10 min

Ukupno vrijeme za jedan ciklus iskopa

Vrijeme bušenja =	153,23 min
Vrijeme punjenja=	36,5 min
Odmor =	30 min
Vrijeme utovara =	14,6 min
Pripremno završno vrijeme	10 min
Ukupno:	cca 4 h

Jedan ciklus iskopa okna po navedenom proračunu traje 4 sata. Željeni napredak po ciklusu je 2 m što znači da će za iskop, utovar i odvoz materijala trebati 25 smjena. Ukoliko će se raditi u dvije smjene po danu okno će biti izrađeno za 12,5 radnih dana.

7. PRORAČUN ISKOPA STROJARNICE, GALERIJE I KANALA

Predviđeni iskop galerije i strojarnice je podijeljen u dva dijela. Prvi dio iskopa obuhvaća gornji dio ili kalotu polukružnog oblika dok je donji dio iskopa kvadratnog oblika. Karakteristični presjek iskopa galerije i strojanice vidljiv je u tablici 4-1. Iskop gornjeg dijela će se izvesti bušenjem i miniranjem horizontalnih minskih bušotina dok će se donji dio iskopa izvesti u dvije etaže pomoću vertikalnih minskih bušotina.

7.1. Proračun gornjeg dijela iskopa (kalote) strojarnice i galerije

Da bi se moglo pristupiti iskopu gornjeg dijela kalote potrebno je iz izrađenog okna kružnog presjeka izraditi čelo gornjeg dijela iskopa. Prvi korak je ponavljanje tri ciklusa iskopa okna kako bi se okno spustilo za šest metara u dubinu, a nakon toga iz okna se formira čelo kalote bušenjem i miniranjem bočnih minskih bušotina s obje strane okna. Na taj način se presjek okna proširuje na presjek kalote. S obzirom na polukružni oblik kalote bušotine su različite duljine. Duljina bočnih bušotina raste od vrha prema dnu kalote. Proračun je pojednostavljen te je u obzir uzeta prosječna duljina minskih bušotina.

Proračun proširenja okna na presjek gornjeg dijela

Proračun zalomnih bušotina

Naziv izabranog zaloma: klinasti zalom.

Ukupan broj zalomnih bušotina je 4, broj zalomnih minskih bušotina je 4.

Izabrana specifična potrošnja eksploziva po zalomnoj minskoj bušotini 2,8 kg/m^3

Ukupna masa eksploziva za zalom iznosi:

$$Q_z = q_z * A * S_z \quad (7\text{-}1)$$

gdje je:

q_z = specifična potrošnja eksploziva za izradu zaloma (10 kg/m^3)

A = napredak za jedno miniranje

S_z = 0,5 m^2 – površina zaloma, odabrano klinasti zalom

Q_z = 18,75 kg

Količina eksploziva za punjenje zalomnih bušotina:

Broj zalomnih bušotina: 4 komada

Punjenje jedne zalomne bušotine

$$Q_{1z} = \frac{Q_z}{n_z} \quad (7\text{-}2)$$

$$Q_{1z} = \frac{18{,}75}{4}$$

$$Q_{1z} = 4{,}68\ kg$$

Odabrani eksploziv za zalom: RIODIN

Φ 40, l_p*= 320 mm,* m_p *= 556 g*

Broj patrona za zalom u bušotini

$$N_{pz} = \frac{q_{pz}}{n_z} \quad (7\text{-}3)$$

$N_{pz} = 8{,}41$ *usvojeno 8,5 patrona*

Duljina punjenja

$$L_p = N_{pz} * l_p \quad (7\text{-}4)$$

L_p *= 2,72 m*

Duljina čepa

$$L_č = L_b - L_p \quad (7\text{-}5)$$

$L_č$*= 1,03 m*

<u>Proračun pomoćnih bušotina</u>

Odabrani eksploziv: RIOMAX

Φ38, l_p*= 400 mm,* m_p *= 526 g*

Potrebna količina eksplozivnog punjenja za pomoćne bušotine računa se prema formuli:

$$Q_p = q_p * A * (S - S_z) \quad (7\text{-}6)$$

Q_p *= 9,9 kg*

gdje je:

q_p= specifična potrošnja eksploziva (0,8 kg/m^3)

A = napredak

S = specifična površina za ostali dio

S_z=specifična površina zaloma

Količina pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli:

$$Q_{pb} = \frac{2}{3} * l_b * \frac{(d^2 * \pi)}{4} * \rho \quad (7\text{-}7)$$

Q_{pb} = *1,98 kg*

Duljina punjenja pomoćne minske bušotine računa se prema formuli:

$$L_b = \frac{2}{3} * A \quad (7\text{-}8)$$

L_b *=1,46 m*

Broj potrebnih bušotina za pomoćno eksplozivno punjenje računa se prema formuli:

$$N_{pb} = \frac{Q_p}{q_{pb}} \quad (7\text{-}9)$$

N_{pb} = *5 bušotina*

Broj patrona pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli:

$$N_p = \frac{q_p}{m_p} \quad (7\text{-}10)$$

N_p *= 3,76 patrona* *usvojeno 3,5*

Duljina punjenja računa se prema formuli:

$$L_p = N_p * l_p \quad (7\text{-}11)$$

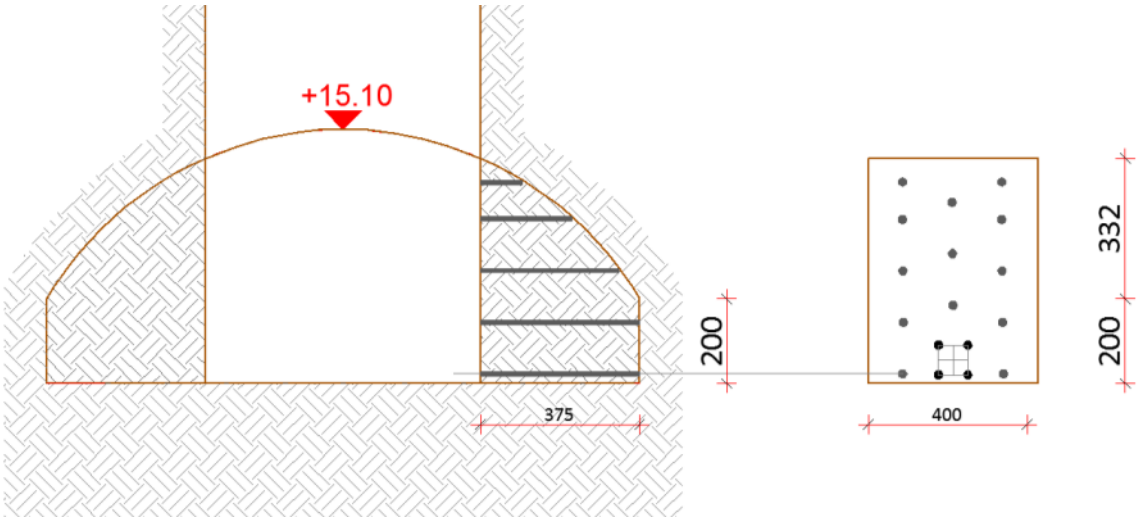
L_p *= 1,4 m*

Duljina čepa računa se prema formuli:

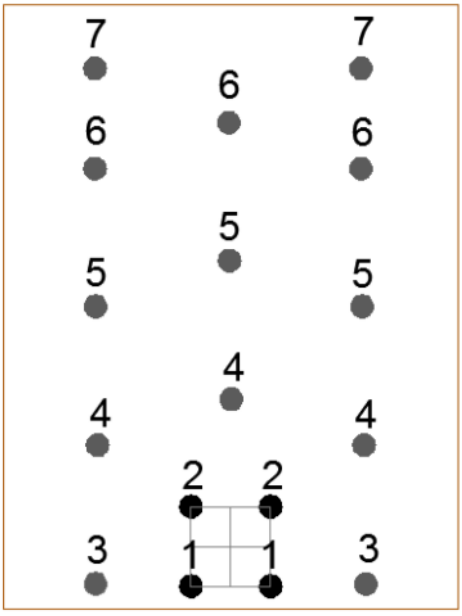
$$L_ć = L_b - L_p \quad (7\text{-}12)$$

$L_č$ *= 0,8 m*

Na slici 7-1. dan je prikaz rasporeda minskih bušotina za proširenje okna, a na slici 7-2 redoslijed otpucavanja minskih bušotina.



Slika 7-1. Raspored minskih bušotina za proširenje okna.

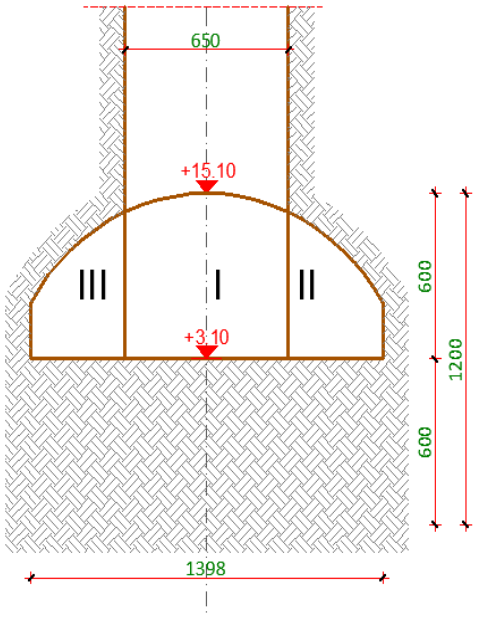


Slika 7-2. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za proširenje okna.

Za iniciranje minskih bušotina koristiti će se neelektrični tunelski detonatori i *bunch konektori*.

Nakon dobivanja željenog oblika čela strojarnice možemo prema sjevernoj i južnoj strani početi izradu gornjeg djela strojarnice sa napredkom od $A = 2\ m$.

Iskop gornjeg dijela se izvodi u tri dijela kako je prikazano na slici 7-3



Slika 7-3. Shema iskopa gornjeg dijela strojarnice

<u>Proračun iskopa za dio I:</u>

Zalomne bušotine

Naziv izabranog zaloma: klinasti zalom.

Ukupna masa eksploziva za zalom računa se prema formuli (7-1):

Q_z *=11 kg*

Količina eksploziva za punjenje zalomnih bušotina računa se prema formuli (7-2):

Q_{1z} *= 2,75 kg*

Odabrani eksploziv za zalom: RIODIN

Φ 40, l_p*= 320 mm,* m_p *= 556 g*

Broj patrona za zalom u bušotini računa se prema formuli (7-3):

N_{pz} *= 4,94 patrone* *usvojeno 5 patrona*

Duljina punjenja računa se prema formuli (7-4):

L_p *= 1,6 m*

Duljina čepa računa se prema formuli (7-5):

$L_č$ *= 0,6 m*

<u>Proračun pomoćnih bušotina</u>

Odabrani eksploziv: RIOMAX

Φ 38, l_p= 400 mm, m_p = 526 g

Potrebna količina eksplozivnog punjenja za pomoćne bušotine računa se prema formuli (7-6):

Q_p *= 48,9 kg*

Količina pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli (7-7):

Q_{pb} *= 1,98 kg*

Duljina punjenja pomoćne minske bušotine računa se prema formuli (7-8):

L_b*=1,46 m*

Broj potrebnih bušotina za pomoćno eksplozivno punjenje računa se prema formuli (7-9):

N_{pb} *= 24,69 bušotina* *usvojeno 25*

Broj patrona pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli (7-10):

N_p*= 3,66 patrona* *usvojeno 3,5*

Duljina punjenja računa se prema formuli (7-11):

L_p*= 1,4 m*

Duljina čepa računa se prema formuli (7-12):

$L_č$*= 0,8 m*

<u>Proračun konturnih bušotina</u>

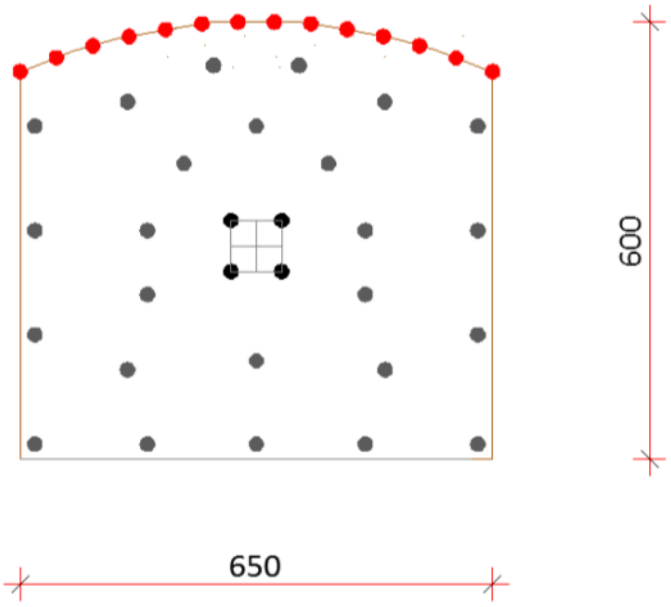
Proračun se radi kao i u slučaju kod okna (6-2). Jedina razlika je što u ovom slučaju nemamo opseg već dužinu (x) po kojoj su nam potrebne konturne bušotine.

x = *6,68 m*

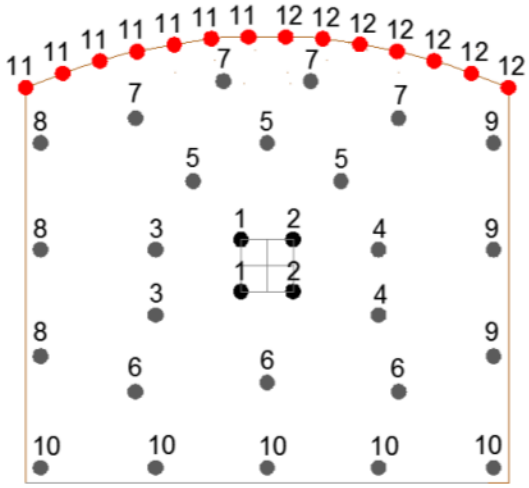
N_k *= 13,36* *usvojeno 14 bušotina* (6-2)

L_k*= 2,2 m,* q_k*= 0,5 kg,* N_k*= 13,36*

Na slici 7-4. Dan je raspored minskih bušotina za dio I a, na slici 7-5. redoslijed otpucavanja minskih bušotina.



Slika 7-4. Raspored minskih bušotina za dio I.



Slika 7-5. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za dio I.

<u>Proračun iskopa za dio II i dio III:</u>

<u>Proračun pomoćnih bušotina</u>

Odabrani eksploziv: RIOMAX

$\Phi 38,\ l_p = 400\ mm,\ m_p = 0{,}526\ g$

Potrebna količina eksplozivnog punjenja za pomoćne bušotine računa se prema formuli (7-6) :

Q_p = *19,86 kg*

Količina pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli (7-7):

Q_{pb} = *1,98 kg*

Duljina punjenja pomoćne minske bušotine računa se prema formuli (7-8):

L_b = *3,76 m*

Broj potrebnih bušotina za pomoćno eksplozivno punjenje računa se prema formuli (7-9):

N_{pb} = *10 bušotina*

Broj patrona pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli (7-10):

N_p = *3,76 patrona* *usvojeno 3,5 patrona*

Duljina punjenja računa se prema formuli (7-11):

L_p = *1,4 m*

Duljina čepa računa se prema formuli (7-12):

$L_č$ = *0,8 m*

Proračun konturnih bušotina

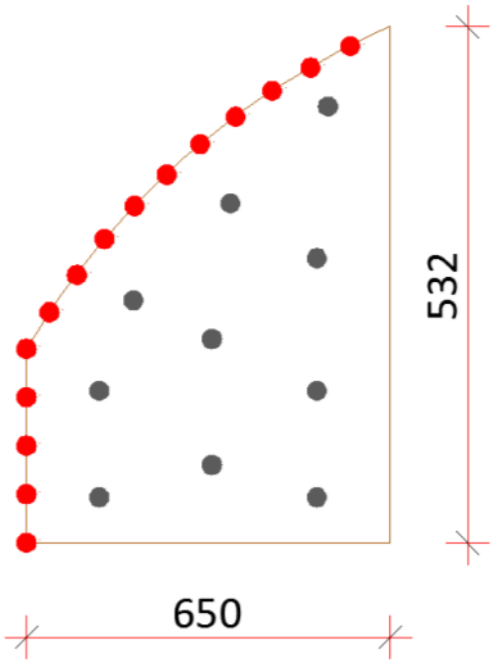
Proračun se radi kao i u slučaju kod okna (6-2). Jedina razlika je što u ovom slučaju nemamo opseg već dužinu (x) po kojoj su nam potrebne konturne bušotine.

x = *7,1 m*

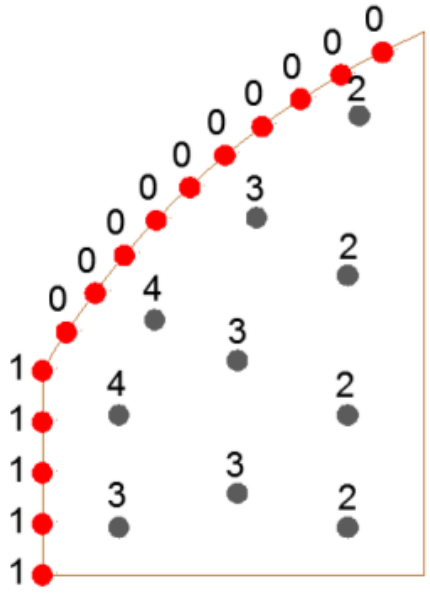
N_k = *14,2* *usvojeno 15 bušotina* (6-2)

L_k= *2,2 m,* q_k= *0,5 kg,* N_k= *14,2*

Na slici 7-6. dan je raspored minskih bušotina za dio II i III an slici 7-7 redoslijed otpucavanja minskih bušotina.



Slika 7-6. Raspored minskih bušotina za dio II i III.



Slika 7-7. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za dio II i III.

Za iniciranje minskih bušotina za dio I, II i III koristit će se neelektrični tunelski detonatori i *bunch konektori.*

7.2. Proračun donjeg dijela iskopa strojarnice i galerije

Nakon iskopa kalote strojarnice i galerije pristupiti će se iskopu podnog dijela. Širina iskopa na svim mjestima je ista i iznosi 14 m do dubina iskopa varira od 5,3 m na presjeku 2-2 do maksimalnih 6 m na presjecima 3-3 i 4-4. Za razliku od iskopa kalote iskop donjeg dijela će se izvesti etažnim miniranjem pomoću vertikalnih minskih bušotina. Iskop će se izvesti u dvije etaže. Prije početka iskopa donjeg dijela potrebno je ponoviti tri ciklusa iskopa okna kako bi se izradila slobodna površina za etažno miniranje

Proračun za miniranje donjeg dijela strojarnice i galerije

Za određivanje linije najmanjeg otpora postoji čitav niz formula, monograma i tablica. Međutim, danas se za proračun linije najmanjeg otpora najčešće koristi formula U. Langeforsa (Krsnik J. 1989):

$$W_{max} = \frac{D}{33}\sqrt{\frac{g * E_g}{s * v * m}} \text{ (m)} \qquad (7\text{-}13)$$

$$W_{max} = \frac{64}{33}\sqrt{\frac{0.6 * 0.95}{0.8 * 1{,}2 * 1{,}0}}$$

W_{max} *= 1,49 m,* *usvojeno W=1,4 m*

gdje je:

W_{max}	linija najmanjeg otpora (m)
D	promjer bušenja (64 mm)
g	gustoća punjenja eksploziva u minskoj bušotini (0,6 kg/m^3)
E_g	relativna snaga eksploziva (0,95)
s	faktor minirljivosti (0,8 kg/m^3)
v	koeficijent uklještenosti pri dnu minske bušotine (1,2)
m	koeficijent gustoće minskih bušotina (1,0)

Razmak minskih bušotina se računa prema formuli:

$$a = m * W \qquad (7\text{-}14)$$

$$a = 1 * 1{,}4$$

$$a = 1{,}4\ m$$

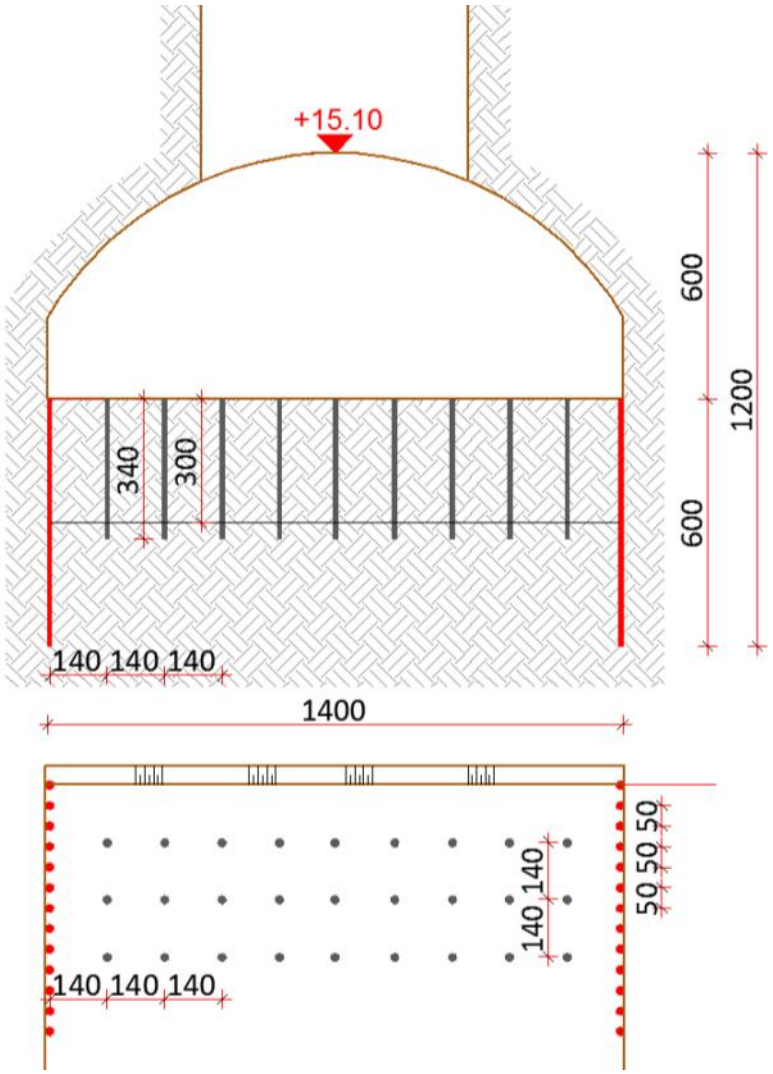
Duljina probušenja ispod granice iskopa računa prema formuli:

$$h_p = 0{,}3 * W \qquad (7\text{-}15)$$

$$h_p = 0{,}3 * 1{,}4$$

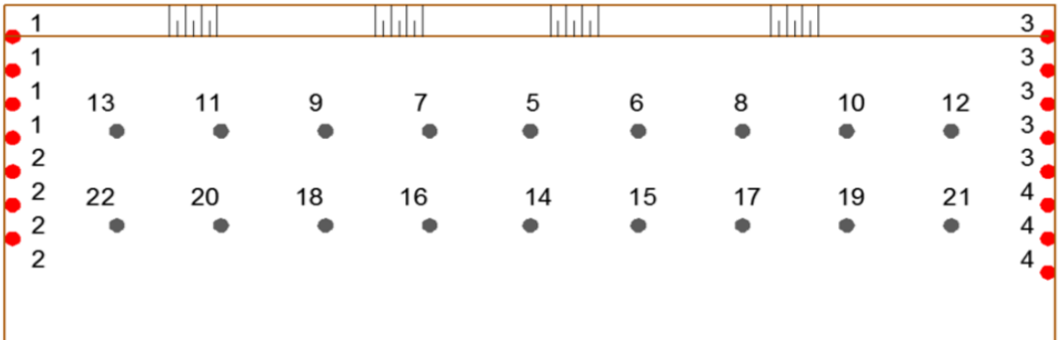
$$h_p = 0{,}42 \qquad \textit{usvojeno } h_p\textit{=0,4 m}$$

Pored rasporeda proizvodnih minskih bušotina potrebno je izbušiti i konturne minske bušotine. Konturne minske bušotine se buše cijelom dubinom iskopa na međusobnom razmaku od 0,5 m. Raspored konturnih i proizvodnih bušotina za iskop donjeg dijela strojarnice i galerije prikazan je slikom 7-8.



Slika 7-8. Raspored minskih bušotina za iskop donjeg dijela strojarnice i galerije- I etaža

Na slici 7-9 dan je redoslijed otpucavanja minskih bušotina.



Slika 7-9. Redoslijed otpucavanja minskih bušotina za I etažu

Veličina minskog polja odrediti će se nakon pokusnih miniranja. Za iniciranje minskih bušotina koristi će se neelektrični površinski detonatori s usporenjem od 500 ms. Za usporenje između pojedinih bušotina u redu koristit će se konektori s usporenjem od 25 ms, a za usporenje između redova bušotina konektori s usporenjem od 42 ms.

Eksplozivno punjenje minskih bušotina Q se sastoji od glavnog Q_g i pomoćnog punjenja Q_p odnosno prema formuli:

$$Q = Q_g + Q_p \text{ (kg)} \qquad (7\text{-}16)$$

Glavni eksplozivni naboj Q_g se računa prema formuli:

$$Q_g = 1{,}04 * \frac{v}{E_g} * a * s * W^2 \text{ (kg)} \qquad (7\text{-}17)$$

$$Q_g = 1{,}04 * \frac{1{,}2}{0{,}95} * 1{,}4 * 0{,}8 * 1{,}4^2$$

$$Q_g = 2{,}88\ kg$$

Pomoćni eksplozivni naboj Q_p neće biti potreban zbog dobivene količine glavnog punjenja.

Odabrani eksploziv za glavno punjenje: : RIOMAX

Φ 38, l_p= 400 mm, m_p = 526 g

Broj patrona eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli (7-10):

$$N_p = 5{,}47 \qquad \textit{usvojeno 5 patrona}$$

Duljina punjenja vertikalnih minskih bušotina računa se prema formuli (7-11):

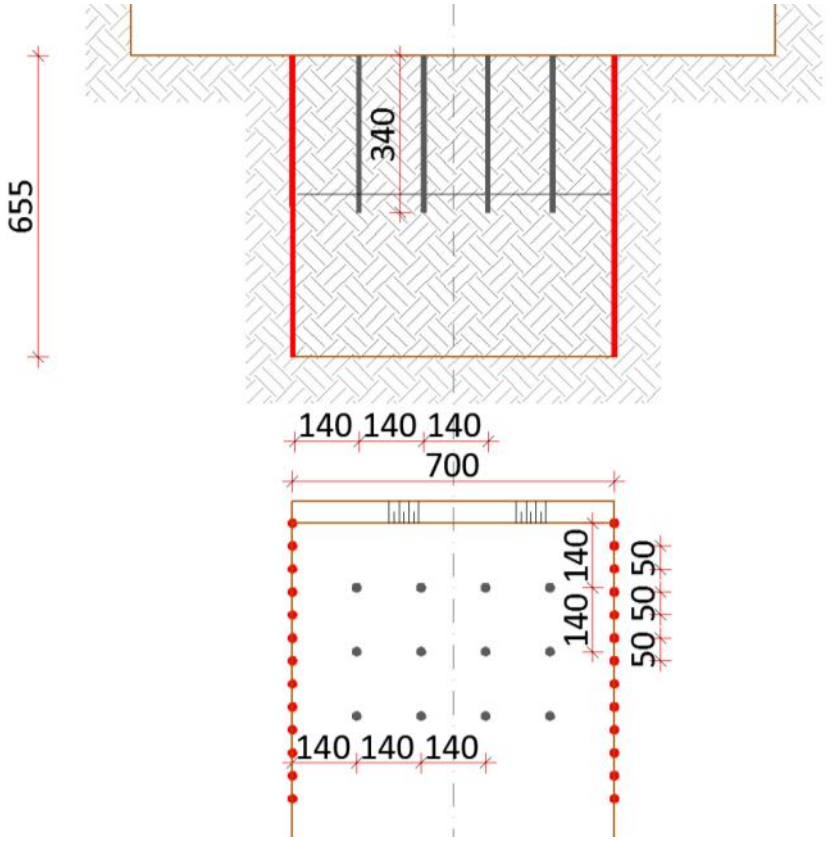
$$L_p = 2\ m \quad .$$

Duljina čepa vertikalnih minskih bušotina računa se prema formuli (7-12):

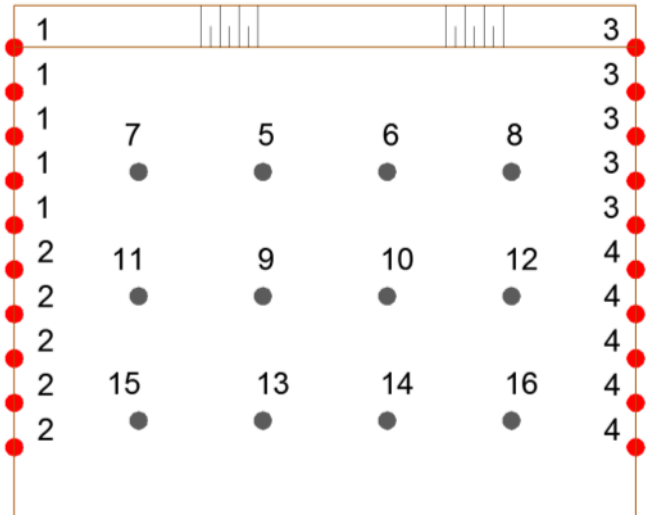
$$L_č = 1{,}4\ m$$

7.3. Proračun iskopa odvodnog kanala

Širina odvodnog kanala je ista cijelom dužinom kanala i iznosi 7 m dok dubina kanala varira i iznosi od 4 m najplićem dijelu do 7 m na najdubljem dijelu kanala. Iskop kanala će se izvesti u dvije etaže. S obzirom na dimenzije kanala nije potrebno raditi novi proračun nego će se primijeniti proračun korišten za iskop donjeg dijela strojarnice i galerije. Raspored konturnih i proizvodnih bušotina za iskop kanala prikazan je slikom 7-10, a redoslijed otucavanja slikom 7-11.



Slika 7-10. Raspored minskih bušotina za iskop kanala- I etaža



Slika 7-11. redoslijed otpucavanja minskih bušotina za iskop kanala- I etaža

Iniciranje minskih bušotina je identično kao za iskop donjeg dijela strojarnice i galerije

7.4. Proračun vremena potrebnog za iskop strojarnice, galerije i odvodnog kanala

Pri proračunu vremena potrebnog za iskop strojarnice u obzir je uzeto samo vrijeme iskopa i izvoza materijala. Za proračun je potrebno znati način bušenja minskih bušotina i karakteristike bušilice te način izvoza materijala iz strojarnice, kao i strojeve potrebne za izvoz. Za bušenje minskih bušotina će se koristiti bušilica *Multi-purpose compact excavator dh EQ200* namijenjena za bušenje minskih bušotina. Na slici 7-12. i 7-13 dani su prikazi bušilice i LHD - a, te njihove karakteristike, a na slici 7-14 dan je prikaz malog utovarača sa njegovim karakteristikama.

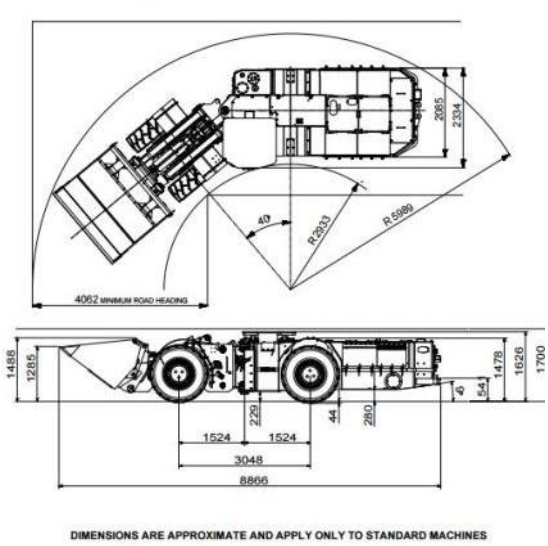


Multi-purpose compact excavator dh EQ200

Dužina = 4,5 m
Visina = 2,1 m
Lafete = 1
Dubina bušenja = < 4,8 m
Težina = 8250 kg
v = 0,4 m/s

Slika 7-12. Multi-purpose compact excavator dh EQ200 (Deilmann-Haniel Mining Systems, 2016)

Odminirani materijal će se iz tunela izvoziti LHD – om volumena 2,8 m^3 a utovar u koševe će se izvesti pomoću graifera.



Caterpillar 3126 dita engine

Dužina: 8,8 m
Visina: 1,7 m
Širina: 2, 2 m
Kapacitet: 2,8 m^3

Slika 7-13. Caterpillar 3126 dita engine (Mining and construction, 2016)



JCB micro

Dužina: 2,9 m
Visina: 2,9 m
Širina: 1,2 m
Kapacitet: 0,45 m^3

Slika 7-14. JCB Micro (JCB products, 2016)

Vrijeme bušenja za izradu gornjeg dijela strojarnice:

Ukupni broj bušotina: 93

Minske bušotine: 93

Prazne zalomne bušotine: 0

Ukupna duljina bušenja računa se prema formuli (6-9):

$$L_{uk} = 204{,}6\ m$$

Bušenje: *Multi-purpose compact excavator dh EQ200*

Brzina bušenja u stijeni:

v_b = *0,4 m/min*

Vrijeme potrebno za bušenje računa se prema formuli (6-10):

$T = 511{,}5\ min$

Vrijeme punjenja bušotina

Vrijeme za punjenje bušotina računa se prema formuli (6-12):

T_p = 46,5 min

Vrijeme utovara i odvoza

Volumen odminiranog materijala računa se prema formuli (6-13):

V = 175.9 m^3

Broj ciklusa utovara LHD – a računa se prema formuli (7-16):

$N_c = 62{,}82$

Vrijeme potrebno za jedan ciklus LHD –a je T = 1 min:

Ukupno vrijeme za utovar cijelog materijala se računa prema formuli (7-17)

$T = 63\ min$

Vrijeme miniranja i odmora

Tmin = 30 min

Pripremno završno vrijeme

T_{pz} = 10 min

Ukupno vrijeme izrade:

Vrijeme bušenja =	511 min
Vrijeme punjenja=	46,5 min
Odmor =	30 min
Vrijeme utovara =	63 min
Pripremno završno vrijeme	10 min
UKUPNO:	660 min - cca 11 h

Vrijeme bušenja za izradu donjeg dijela strojarnice

Ukupni broj bušotina: 59

Minske bušotine: 59

Prazne zalomne bušotine: 0

Ukupna duljina bušenja računa se prema formuli (6-9):

$L_{uk} = 177\ m$

Bušenje: *Multi-purpose compact excavator dh EQ200*

Brzina bušenja u stijeni:

v_b = *0,4 m/min*

Vrijeme potrebno za bušenje računa se prema formuli (6-10):

$T = 442{,}5\ min$

Vrijeme punjenja bušotina

Vrijeme za punjenje bušotina računa se prema formuli (6-12):

T_p = 29,5 min

Vrijeme utovara i odvoza

Volumen odminiranog materijala računa se prema formuli (6-13):

V = 764 m^3

Broj ciklusa utovara LHD – a računa se prema formuli (7-16):

$N_c = 272$

Vrijeme potrebno za jedan ciklus LHD –a je T = 1 min:

Ukupno vrijeme za utovar cijelog materijala se računa prema formuli (7-17)

$T = 272\ min$

Vrijeme miniranja i odmora

Tmin = 30 min

Pripremno završno vrijeme

T_{pz} = 10 min

Ukupno vrijeme izrade:

Vrijeme bušenja =	442,5 min
Vrijeme punjenja=	29,5 min
Odmor =	30 min
Vrijeme utovara =	272 min
Pripremno završno vrijeme	10 min
UKUPNO:	784 min - cca 13 h

Vrijeme bušenja za izradu odvodnog kanala:

Ukupni broj bušotina: 34

Minske bušotine: 34

Prazne zalomne bušotine: 0

Ukupna duljina bušenja računa se prema formuli (6-9):

$L_{uk} = 102\ m$

Bušenje: *Multi-purpose compact excavator dh EQ200*

Brzina bušenja u stijeni:

v_b = *0,4 m/min*

Vrijeme potrebno za bušenje računa se prema formuli (6-10):

$T = 255\ min$

Vrijeme punjenja bušotina

Vrijeme za punjenje bušotina računa se prema formuli (6-12):

T_p = 17 min

Vrijeme utovara i odvoza

Volumen odminiranog materijala računa se prema formuli (6-13):

V = 382.2 m^3

Broj ciklusa utovara LHD – a računa se prema formuli (7-16):

$N_c = 136{,}5$

Vrijeme potrebno za jedan ciklus LHD –a je T = 1 min:

Ukupno vrijeme za utovar cijelog materijala se računa prema formuli (7-17)

$T = 136{,}5\ min$

Vrijeme miniranja i odmora

Tmin = 30 min

Pripremno završno vrijeme

T_{pz} = 10 min

Ukupno vrijeme izrade:

Vrijeme bušenja =	255 min
Vrijeme punjenja=	17 min
Odmor =	30 min
Vrijeme utovara =	136,5 min
Pripremno završno vrijeme	10 min
UKUPNO:	448,5 min - cca 7,5 h

Jedan ciklus iskopa gornjeg dijela strojarnice po navedenom proračunu traje 11 h. Željeni napredak po ciklusu je 2 m što znači da će za iskop, utovar i odvoz materijala trebati 30 radnih dana, ukoliko će se raditi u 2 smjene.

Iskop donjeg dijela strojarnice proračunat je u dvije etaže sa napredkom od 7 m vrijeme potrebno za jedan ciklus je 13 h. Nakon prvog ciklusa možemo raditi iskop u dvije etaže

što znači da nam je za iskop donjeg dijela strojarnice u 2 etaže potrebno 11 radnih dana ukoliko se radi u dvije smjene. S obzirom da se bušenje i odvoz materijala mogu odvijati u isto vrijeme za vjerovati je da će iskop donjeg dijela strojarnice kraće trajati.

Iskop odvodnog kanala strojarnice proračunat je u dvije etaže sa napredkom od 7 m, vrijeme potrebno za jedan ciklus je 7,5 h. Nakon prvog ciklusa možemo raditi iskop u dvije etaže što znači da nam je za iskop donjeg dijela strojarnice u 2 etaže potrebno 8 radnih dana ukoliko se radi u dvije smjene.
Ukoliko bude moguće otpucavati veća minska polja od predviđenog, skratiti će se vrijeme iskopa donjeg dijela strojarnice i kanala.

8. PRORAČUN ISKOPA DOVODA

Proračun zalomnih bušotina

Naziv izabranog zaloma: klinasti zalom.

Ukupna masa eksploziva za zalom računa se prema formuli (7-1):

Q_z *=111 kg*

Količina eksploziva za punjenje zalomnih bušotina računa se prema formuli (7-2):

$Q_{1z=}$ *2,75 kg*

Odabrani eksploziv za zalom: RIODIN

Φ 40, l_p*= 320 mm,* m_p *= 0,556 g*

Broj patrona za zalom u bušotini računa se prema formuli (7-3)

$N_{pz} = 4{,}94$ *usvojeno 5 patrona*

Duljina punjenja računa se prema formuli (7-4):

L_p *= 1,6 m*

Duljina čepa računa se prema formuli (7-5):

$L_č$ *= 0,6 m*

Proračun pomoćnih bušotina

Odabrani eksploziv: RIOMAX

Φ 38, l_p*= 400 mm,* m_p *= 526 g*

Potrebna količina eksplozivnog punjenja za pomoćne bušotine računa se prema formuli (7-6) :

Q_p *= 18,18 kg*

Količina pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli (7-7):

Q_{pb} *= 1,98 kg*

Duljina punjenja pomoćne minske bušotine računa se prema formuli (7-8):

L_b *=1,46 m*

Broj potrebnih bušotina za pomoćno eksplozivno punjenje računa se prema formuli (7-9):

N_{pb} = *9,18 bušotina* *usvojeno 9*

Broj patrona pomoćnog eksplozivnog punjenja po bušotini računa se prema formuli (7-10):

N_p = *3,5 patrone*

Duljina punjenja računa se prema formuli (7-11):

L_p = *1,40 m*

Duljina čepa računa se prema formuli (7-12):

$L_č$ = *0,8 m*

Proračun konturnih bušotina

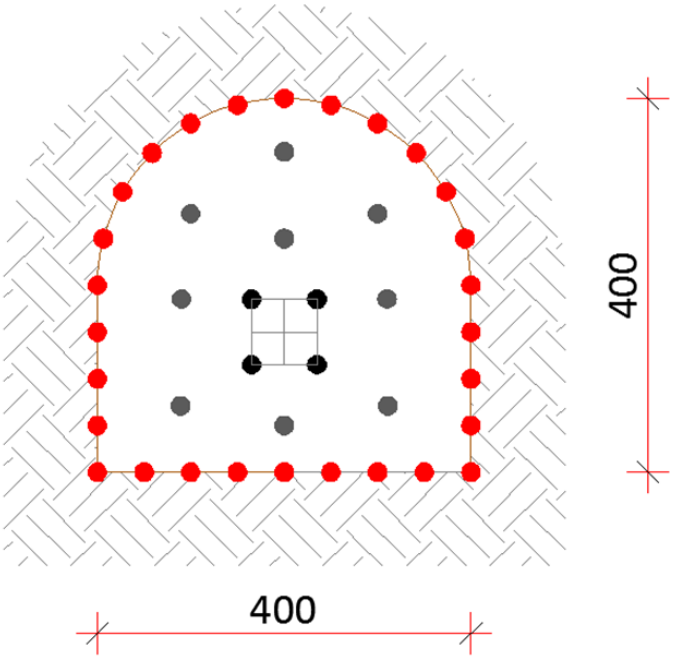
Proračun se radi kao i u slučaju kod okna (6-2).

O = *14,28 m*

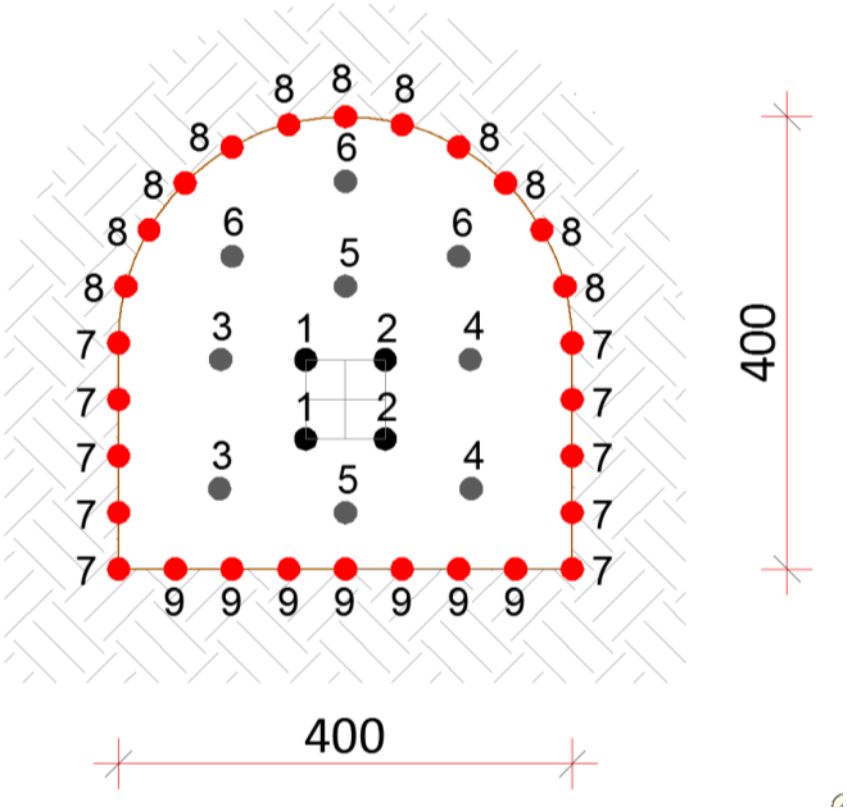
N_k = *28,56* *usvojeno 29 bušotina*

L_k= *2,2 m*, q_k= *0,5 kg*, N_k= *28,56*

Raspored bušotina za iskop dovoda prikazan je na slici 8-1, a redoslijed otpucavanja na slici 8-2.



Slika 8-1. Raspored minskih bušotina za iskop dovoda



Slika 8-2. Redoslijed otpucavanja

Za otpucavanje minskih bušotina koristiti će se neelektični LP detonatori i *bunch* konektori

8.1. Proračun vremena potrebnog za iskop dovodnog tunela

Pri proračunu vremena potrebnog za iskop u obzir je uzeto samo vrijeme iskopa i izvoza materijala. Za proračun je potrebno poznavati način bušenja minskih bušotina i karakteristike bušilice te način izvoza materijala iz tunela, te strojeve potrebne za izvoz. Za bušenje minskih bušotina će se koristiti bušilica *Multi-purpose compact excavator dh EQ200* namijenjena za bušenje minskih bušotina. Na slici 8-3. dan je prikaz bušilice i njene karakteristike. Na slici 8-4 dan je prikaz LHD – a za utovar materijala i njegove karakteristike.

Vrijeme bušenja za izradu dovodnog tunela:

Ukupni broj bušotina: 27

Minske bušotine: 27

Prazne zalomne bušotine: 0

Ukupna duljina bušenja računa se prema formuli (6-9):

$$L_{uk} = 59{,}4\ m$$

gdje je:

L_{uk} = ukupna duljina bušenja

N_b = broj bušotina

L_b = duljina bušotine

Bušenje: *Multi-purpose compact excavator dh EQ200*

Brzina bušenja u stijeni:

$$v_b = 0{,}4m/min$$

Vrijeme potrebno za bušenje računa se prema formuli (8-1):

$$T = \frac{l_b}{v_b}$$

$$T = \frac{59{,}4}{0{,}4}$$

$$T = 148{,}5\ min$$

Vrijeme punjenja bušotina

Vrijeme za punjenje bušotina računa se prema formuli (6-12):

$$T_{\boldsymbol{p}} = N * \frac{t_b}{R}$$

$$T_{\boldsymbol{p}} = 27 * \frac{1}{2}$$

$T_{\boldsymbol{p}}$= 13,5 min

gdje su:

N = bušotine

T_b = punjenje jedne bušotine = 1 min

R = odabrani broj radnika = 2

Vrijeme utovara i odvoza

Volumen odminiranog materijala računa se prema formuli (6-13):

$$V = Q * kr$$

$$V = 31{,}41 * 1{,}3$$

V = 40,08 m^3

gdje je:

Q = količina materijala

Kr = koeficijent rastresitosti (1,3 kg/m^3)

Broj ciklusa utovara LHD – a računa se prema formuli (7-16):

$$N_c = \frac{V}{Q_{LHD}}$$

$$N_c = \frac{40{,}08}{2{,}8}$$

$$N_c = 14{,}31$$

Vrijeme potrebno za jedan ciklus LHD –a je T = 3 min:

Ukupno vrijeme za utovar cijelog materijala se računa prema formuli (7-17)

$$T = N_c * T$$

$$T = 14{,}31 * 3min$$

$$T = 42{,}94\ min$$ *usvojeno 43 min*

Vrijeme miniranja i odmora

Tmin = 30 min

Pripremno završno vrijeme

T_{pz} = 10 min

Ukupno vrijeme izrade:

Vrijeme bušenja =	148,5 min
Vrijeme punjenja=	13,5 min
Odmor =	30 min
Vrijeme utovara =	43 min
Pripremno završno vrijeme	10 min
UKUPNO:	245 min = 4,08 h

Jedan ciklus iskopa dovodnog tunela po navedenom proračunu traje 4 sata. Željeni napredak po ciklusu je 2 m što znači da će za iskop, utovar i odvoz materijala trebati 56 smjena. Ukoliko će se raditi u dvije smjene po danu okno će biti izrađeno za 28 radnih dana.

9. ZAKLJUČAK

Proračun iskopa podzemnih prostorija za izradu MHE predstavlja složen i zahtijevan postupak. Kao optimalna metoda iskopa podzemnih prostorija MHE izabrana je metoda iskopa bušenjem i miniranjem. MHE je podzemni objekt koji se sastoji od niza prostorija različitog oblika i namjene kao što su: okno, strojarnica, dovodni tunel i odvodni kanal. Za svaku od navedenih prostorija napravljen je detaljan proračun iskopa bušenjem i miniranjem, prikazane su sheme miniranja, te izbor inicijalnih sredstava i eksploziva, strojevi za bušenje, utovar i transport materijala te je proračunato vrijeme iskopa i odvoza materijala za pojedinu prostoriju. Iskop podzemnih prostorija izvesti će se na slijedeći način. Prvo će se iskopati okno, zatim gornji i donji dio strojarnice. nakon toga slijedi iskop dovodnog kanala i na kraju iskop odvodnog kanala. S obzirom na blizinu odtretnog tunela, koji je samo djelomično podgrađen, posebnu pažnju treba obratiti na moguće štetne utjecaje miniranja na odteretni tunel. Iz toga razloga mjeriti će se seizmički utjecaji miniranja. Instrumenti će biti postavljeni u odteretnom tunelu na mjernim mjestima najbližim minskom polju. Na ovaj način moguće je na osnovu mjernih podataka korigirati parametre minskog polja i izbjeći moguće štete na osteretnom tunelu.

10. LITERATURA

KRSNIK J., 1989. Miniranje., Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Sveučilište u Zagrebu.

KRSNIK J., 1993. Izrada podzemnih rudničkih prostorija i tunela., Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Sveučilište u Zagrebu.

ESTER, Z., 2005. Miniranje 1., Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

TUNNELLING ASSOCIATION OF CANADA. (2005) URL:http://www.tunnelcanada.ca/PDFs/Revey%202013TAC%20Workshop_Blast%20Design.pdf

Deilmann-Haniel Mining Systems., 2016.(http://www.dhms.com) 15.08. 2016.

Mining and construction., 2016 (http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Products*5CLoad*and*haul*machines*5CCoal*loaders**28LHDs*29*and*trucks*2ALS170*L/$file/ED7LP_3126.pdf) 15.08.2016

JCB products., 2016.(http://www.jcb.co.uk/products/machines/hydraulic-excavators/mini-excavators/8008-cts) 15.08.2016