Utjecaj promjera patrone eksploziva na granulaciju sirovine za proizvodnju cementa na eksploatacijskom polju „Bukova glava-Vranović"

Pavličić, Toni

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:169:089197

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-26**

Repository / Repozitorij:

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

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
DIPLOMSKI STUDIJ RUDARSTVA SMJER GEOTEHNIKA

UTJECAJ PROMJERA PATRONE EKSPLOZIVA NA GRANULACIJU SIROVINE ZA PROIZVODNJU CEMENTA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU „BUKOVA GLAVA-VRANOVIĆ"

Diplomski rad

Toni Pavličić
R-300

Zagreb, 2022.

KLASA: 602-01/22-01/87
URBROJ: 251-70-11-22-2
U Zagrebu, 06.09.2022.

Toni Pavličić, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/87, URBROJ: 251-70-11-22-1 od 30.04.2022. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

UTJECAJ PROMJERA PATRONE EKSPLOZIVA NA GRANULACIJU SIROVINE ZA PROIZVODNJU CEMENTA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU „BUKOVA GLAVA-VRANOVIĆ"

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Izv.prof.dr.sc. Vinko Škrlec nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i suvoditelja Doc.dr.sc. Siniša Stanković.

Voditelj

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Vinko Škrlec

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Dubravko Domitrović

(titula, ime i prezime)

Suvoditelj

(potpis)

Doc.dr.sc. Siniša Stanković

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje Pašić

(titula, ime i prezime)

Zahvala:

Zahvaljujem se svom mentoru izv.prof.dr.sc. Vinku Škrlecu koji je svojim stručnim znanjem, kritikama, savjetima i strpljenjem uvelike pridonio da ovaj rad bude što kvalitetniji. Zahvaljujem se i svom komentoru doc.dr.sc. Siniši Stankoviću na pomoći.

Također želim se zahvaliti tvrtki NEXE d.d. i službi Rudokop na pruženoj prilici, posebno Antoniji na velikoj pomoći pri izradi rada.

Najveću zahvalu dugujem svojoj obitelji koji su mi tijekom cijelog studija bili neizmjerna podrška. Zahvaljujem se svojim prijateljima na velikoj podršci i nezaboravnim provodima.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

UTJECAJ PROMJERA PATRONE EKSPLOZIVA NA GRANULACIJU SIROVINE ZA PROIZVODNJU CEMENTA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU „BUKOVA GLAVA-VRANOVIĆ"

Toni Pavličić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Eksploatacijsko polje „Bukova glava-Vranović“ u vlasništvu je tvornice cementa NEXE d.d., krovne tvrtke NEXE Grupe koja se bavi proizvodnjom građevinskog materijala. Iz eksploatacijskog polja dobiva se sirovina za proizvodnju cementa strojnim iskopom i miniranjem. Eksploatiraju se lapori i vapnenci, te njihove primjese. Kemijski sastav mineralne sirovine za proizvodnju cementa strogo se prati jer je nužan za proizvodnju samog cementa. Miniranju prethode brojne pripremne radnje, kao što su označavanje minskog polja, bušenje i bušotina na minskom polju, te izrada plana miniranja. Opisan je postupak pripreme sirovine za proizvodnju cementa. Izvedeno je pokusno miniranje na četiri minska polja različitog promjera patrone eksploziva. Računalnim softverom WipFrag izrađena je granulometrijska krivulja svakog minskog polja, te su međusobno uspoređene.

Ključne riječi: tvornica cementa, miniranje, promjer patrone, WipFrag

Diplomski rad sadrži: 37 stranica, 6 tablica, 33 slike i 9 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: izv.prof.dr.sc. Vinko Škrlec

Komentor: doc.dr.sc. Siniša Stanković

Pomogla pri izradi: Antonia Serdarušić, mag.ing.min.

Ocjenjivači: Dr.sc. Vinko Škrlec, izvanredni profesor RGNF
Dr.sc. Siniša Stanković, docent RGNF
Dr.sc. Mario Dobrilović, redoviti profesor RGNF
Dr.sc. Vječislav Bohanek, izvanredni profesor RGNF
Dr.sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor RGNF

Datum obrane: 15. rujna 2022, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

THE INFLUENCE OF THE DIAMETER OF THE EXPLOSIVE CARTRIDGE ON THE GRANULATION OF THE RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF CEMENT AT THE EXPLOITATION FIELD "BUKOVA GLAVA-VRANOVIĆ"

Toni Pavličić

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The exploitation field "Bukova glava-Vranović" is owned by the NEXE d.d. cement factory, the main company of the NEXE Group, which is engaged in the production of construction materials. Raw material for cement production is obtained from the exploitation field by mechanical excavation and blasting. Marls and limestones and their admixtures are exploited from the field. The chemical composition of the mineral raw material for the production of cement is strictly monitored because it is necessary for the production of the cement itself. Blasting is preceded by numerous preparatory works, such as marking the drilling pattern, drilling blast holes, and creating the blasting design. The process of preparing raw materials for cement production is described. Experimental blasting was carried out on four sections with different diameter of the explosive cartridge. The granulometric curve for each blast was created with the computer software WipFrag, and they were compared with each other.

Keywords: cement factory, blasting, cartridge diameter, WipFrag

Thesis contains: 37 pages, 6 tables, 33 figures, and 9 references.

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Associate Professor Vinko Škrlec, PhD

Tech. assistance: Assistant Professor Siniša Stanković, PhD

Helped: Antonia Serdarušić, mag.ing.min.

Reviewers: Associate Professor Vinko Škrlec, PhD
Assistant Professor Siniša Stanković, PhD
Full Professor Mario Dobrilović, PhD
Associate Professor Vječislav Bohanek, PhD
Associate Professor Tomislav Korman, PhD

Defence date: September 15, 2022, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OPĆI PODACI O EKSPLOATACIJSKOM POLJU 2
2.1. Geologija ležišta 3
2.2. Vrsta i kvaliteta sirovine 5
2.3. Opis postojećeg stanja 6
3. OZNAČAVANJE MINSKOG POLJA 9
4. BUŠENJE 10
5. IZRADA OBRASCA ZA PLAN MINIRANJA 13
6. MINIRANJE 16
7. PRIPREMA SIROVINE ZA PROIZVODNJU CEMENTA U NEXE D.D. 22
7.1. Strojno dobivanje sirovine 22
7.2. Transport mineralne sirovine 23
7.3. Oplemenjivanje i deponiranje mineralne sirovine 24
8. UTJECAJ PROMJERA PATRONE NA GRANULACIJU ODMINIRANOG MATERIJALA 28
8.1. Sivi vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 60 mm 28
8.2. Sivi vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 70 mm 29
8.3. Sivo-bijeli vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 60 mm 31
8.4. Sivo-bijeli vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 70 mm 32
8.5. Kvaliteta mineralne sirovine na poljima 33
8.6. Granulometrijski sastav minskih polja 33
9. ZAKLJUČAK 36
10. LITERATURA 37

POPIS SLIKA

Slika 2-1 Topografska karta eksploatacijskog polja „Bukova Glava-Vranović“ M1:2000 (Sour Energoprojekt, 1987) 2
Slika 2-2 OGK list Našice“ M1:2000 (Korolija i Jamičić, 1988.) 3
Slika 2-3 Satelitska snimka eksploatacijskog polja „Bukova Glava-Vranović“ M 1:10 000 (Google maps, 22.8.2022.) 7
Slika 2-4 Presjek završe kosine zapadnog dijela Bukove Glave 8
Slika 4-1 Bušilica Epiroc FlexiROC T40 11
Slika 4-2 Bušilica Epiroc FlexiROC T40 11
Slika 4-3 Filter i bušaća kruna 12
Slika 5-1 Skica minskog polja i presjek minskih bušotina 15
Slika 6-1 Neelektrični detonator i patrone za pojedinu bušotinu 17
Slika 6-2 Spajanje patrone i neelektričnog detonatora 17
Slika 6-3 Postavljanje patrone u bušotinu 18
Slika 6-4 Spajanje minskih bušotina u redu 19
Slika 6-5 Spajanje redova minskih bušotina konektorima (žuto) 19
Slika 6-6 Spajanje rudarske kapice br. 8 na sporogoreći štapin 20
Slika 6-7 Paljenje minskog polja 20
Slika 7-1 Skidanje sirovine 23
Slika 7-2 Damper za transport sirovine 24
Slika 7-3 Istovar sirovine damperom u usipni koš oplemenjivačkog postrojenja 25
Slika 7-4 Primarna drobilica 26
Slika 7-5 Halda i mostni oduzimač 27
Slika 8-1 Skica minskog polja Sivi Ø60 28
Slika 8-2 Granulacija minskog polja Sivi Ø60 29
Slika 8-3 Skica minskog polja Sivi Ø70 30
Slika 8-4 Granulacija minskog polja Sivi Ø70 30
Slika 8-5 Skica minskog polja Sivo-bijeli Ø60 31
Slika 8-6 Granulacija minskog polja Sivo-bijeli Ø60 31
Slika 8-7 Skica minskog polja Sivo-bijeli Ø70 32
Slika 8-8 Granulacija minskog polja Sivo-bijeli Ø70 32
Slika 8-9 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivi Ø60 34
Slika 8-10 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivi Ø70 34

Slika 8-11 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivo-bijeli Ø60..... 35
Slika 8-12 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivo-bijeli Ø70..... 35

POPIS TABLICA

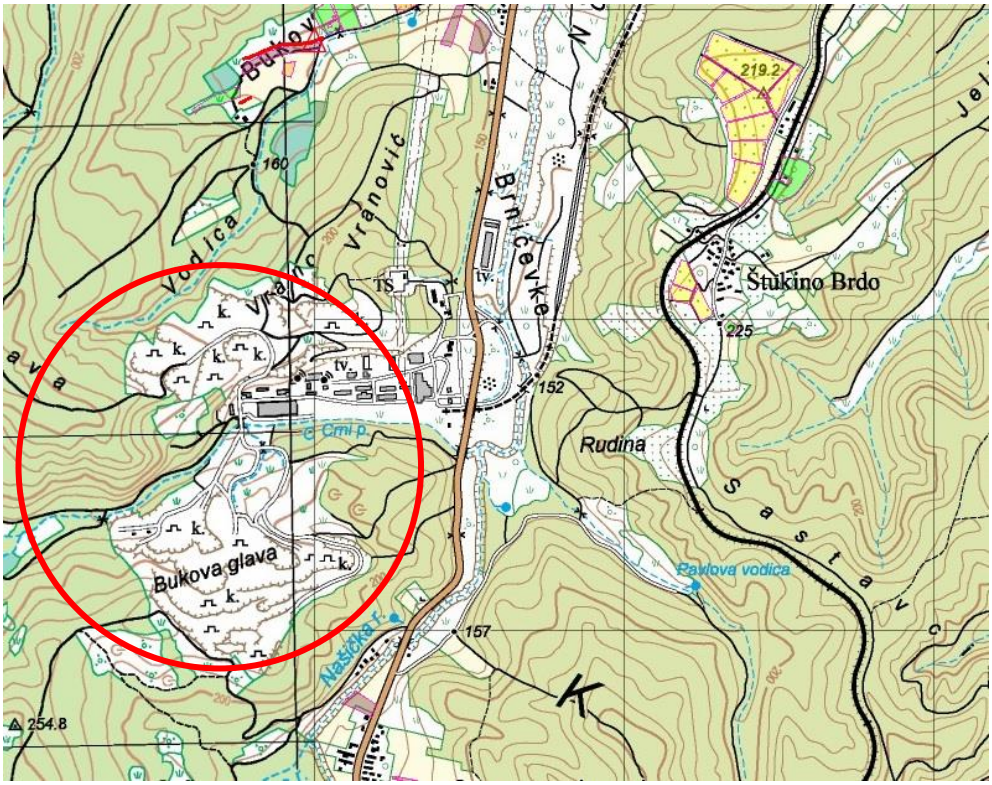
Tablica 2-1 Kemijski sastav visokokarbonatne i niskokarbonatne sirovine (Sour Energoprojekt, 1987) 5
Tablica 2-2 Količina mineralne sirovine za proizvodnju cementa u 1000 t (Bortek, 2021) . 6
Tablica 2-3 Visine i širine radnih i završnih etaža (Sour Energoprojekt, 1987) 7
Tablica 2-4 Kut nagiba završnih etaža i generalni nagib kopa (Sour Energoprojekt, 1987). 8
Tablica 5-1 Plan utroška eksploziva po bušotini 14
Tablica 7-1 Tablica kvalitete mineralne sirovine na poljima 33

1. UVOD

Eksploatacijsko polje „Bukova glava-Vranović“ u vlasništvu je tvornice cementa NEXE d.d., krovne tvrtke NEXE Grupe koja se bavi proizvodnjom građevinskog materijala. Iz eksploatacijskog polja dobiva se sirovina za proizvodnju cementa strojnim iskopom i miniranjem. Ležišta su veoma heterogena, stoga se na različitim područjima ležišta nalazi mineralna sirovina različitog kemijskog sastava. Kako cement kao konačan proizvod mora imati karakteristike točno propisane prema normama, sirovina koja se dobiva također mora biti određenih karakteristika. Zato je važno pratiti kemijski sastav dobivene sirovine prije proizvodnje klinkera i u konačnici cementa. U radu je opisan postupak miniranja na ležištu „Bukova glava“, te postupak pripreme mineralne sirovine za proizvodnju cementa. Uspoređena su minska polja minirana različitim promjerom patrona u istom promjeru minske bušotine, na različitim vrstama vapnenca. Pomoću računalnog programa WipFrag izrađena je granulometrijska krivulja svakog minskog polja, te je napravljena usporedba fragmentacije odminiranog materijala.

2. OPĆI PODACI O EKSPLOATACIJSKOM POLJU

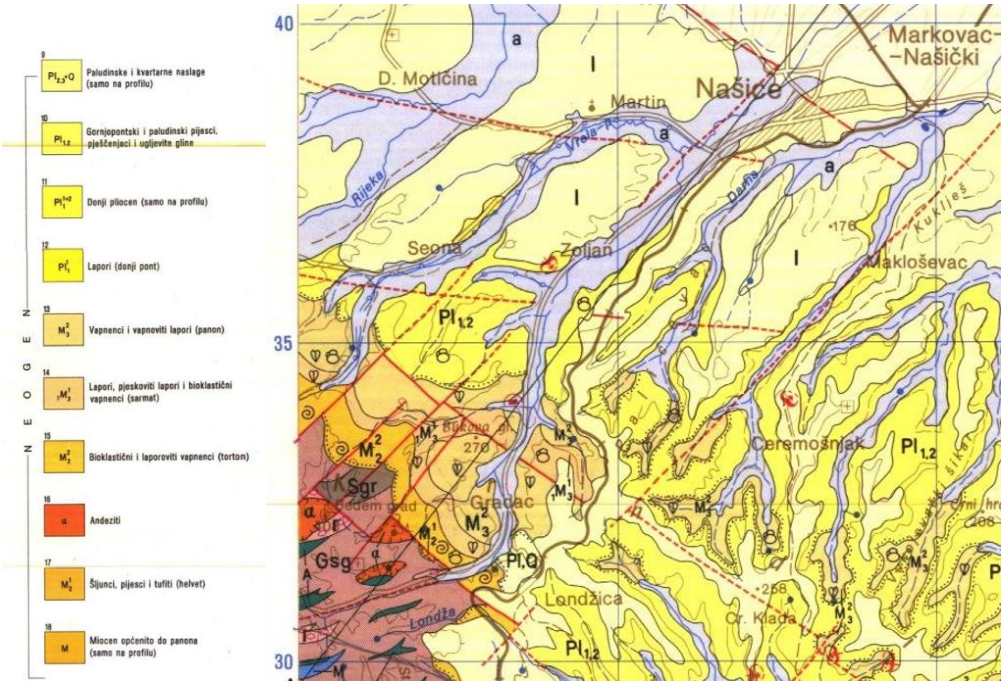
Eksploatacijsko polje „Bukova Glava-Vranović“ nalazi se na području Grada Našica u Osječko-Baranjskoj županiji. Smješteno je na sjeveroistočnim dijelu Krndije, 7 km jugozapadno od Našica. Topografska karta eksploatacijskog polja „Bukova Glava-Vranović“ vidljiva je na slici 2-1. Uz eksploatacijsko polje smještena je tvornica cementa. Klima na našičkom području je umjereno kontinentalna s oštrim zimama i toplim ljetima (Sour Energoprojekt, 1987).



Slika 2-1 Topografska karta eksploatacijskog polja „Bukova Glava-Vranović“ M1:2000 (Sour Energoprojekt, 1987)

2.1. **Geologija ležišta**

Osnovna geološka karta, list Našice (Korolija i Jamičić, 1988.) prikazana je na slici 2-2.



Slika 2-2 OGK list Našice“ M1:2000 (Korolija i Jamičić, 1988.)

Prigorska krndijska ležišta sirovina za cementnu industriju uvjetovana su pojavom klastičnih i vapnenačkih naslaga srednjeg miocena koji se u obliku vijenca naslanjaju na osnovno gorje Krndije. Mlađe naslage izgrađene su od miocenskih, pliocenskih i kvartarnih naslaga. Naslage badena (M_2^2) predstavljene su konglomeratima, vapnencima, pješčenjacima i laporima. Nalazimo ih razvijene južno i jugozapadno od tvornice, gdje se proteže kao kontinuirani pojas. Transgresivno i diskordantno leže preko starijeg kompleksa stijena. Debljina naslaga badena prema OGK list Našice iznosi 200-300 m, ali u rubnom području je znatno manja. Naslage sarmata (M_3^1) u razmatranom području zastupljene su laporima i laporovitim vapnencima površinskog kopa Bukova glava i zapadni dio Vranovića. Nalaze se redovito uz naslage badena, na kojima slijede kontinuirano. Lapori i glinoviti vapnenci su redovito dobro uslojeni. Debljina im je između 20-40 m. Konkordantno na sarmatskim naslagama slijedi glinoviti vapnenac i pjeskoviti lapor donjeg panona ($_1M_3^2$). Imaju veliko rasprostranjenje, a prate sarmatske naslage. Veoma su dobro uslojene. Debljina im na površini doseže do 150 m. Gornjopanonske naslage ($_2M_3^2$) predstavljene su svijetlim, skoro bijelim laporima, Vranović, a kontinuirano leže na donjem panonu. Široko su rasprostranjene u sjevernom i istočnom dijelu područja. Redovito su dobro uslojene. Debljina im se procjenjuje na 100-150 m. Pliocen ($Pl_{2,3}$) predstavljen je pijescima, glinama

na području Vranović, Zoljan-Grbavica. Dobro su uslojeni. Leže transgresivno i diskordantno preko starijih naslaga. U koritima vodotoka razvijen je kvartarni (Q_{al}) nanos. Sastoji se od leća pijeska i šljunka koji su uloženi u pjeskovito glinoviti silt. Debljina ovih taložina ne prelazi nekoliko metara (Bortek, 2021).

U ležištu Bukova glava zastupljeni su sedimenti gornjeg miocena, badenske i sarmatske starosti. Krovinu ležišta izgrađuju pijesci i glinoviti pijesci pliocenske starosti. Unutar ležišta koje je izgrađeno od glinovitih vapnenaca, stijenska masa se odlikuje velikom raznovrsnošću i promjenjivošću u pogledu kemijskog i litološkog sastava. Sadrži vapnenace, laporovite vapnence, vapnenačke lapore i lapore. Generalno pružanje slojeva je sjeverozapad-jugoistok s upadom prema jugozapadu (230/25). Vapnenci su ispucali, često pukotine ispunjene kristaliziranim kalcitom i limonitom uslijed kretanja površinskih i podzemnih voda. Tektonski sklop ležišta Bukova glava se ogleda u osnovnim karakteristikama postojanja longitudinalnih i transverzalnih rasjeda, s obzirom na njihov položaj prema glavnom rasjedu u dolini Crnog potoka. Duž tih rasjeda dolazilo je do gravitacijskog spuštanja blokova gdje su skokovi bili u granicama 5 m do 30 m (Bortek, 2021).

Ležište Vranović izgrađen je od laporovitih vapnenaca, vapnenačkih lapora, lapora, glinovitog pijeska i glinama. Krovinu ležišta izgrađuju pijesci i glinoviti pijesci pliocenske starosti. Podinu ležišta izgrađuju sedimenti glinovitih vapnenaca. Geološka granica između ova dva člana je diskordantni kontakt laporovitih vapnenaca s glinovitim pijeskom i pijeskom. Na površini terena pliocenske naslage su najzastupljenije u sjevernom i zapadnom, a manje u južnom i jugozapadnom dijelu ležišta. U glavnom su izgrađene od glinovitog pijeska, sitnozrnih tinjčastih pijesaka kao i niza petroloških varijanti između ovih stijenskih masa. Pliocenske naslage čine slabo zaglinjeni pijesci i pjeskovite gline. Debljina sloja je promjenjiva od par milimetara do 27 m. Gornji miocen sastavljen je od kompleksa lapora, laporovitih glina, glinovitih vapnenaca i vapnenaca, te se tako dijeli u zonu laporovite gline i zonu glinovitih vapnenaca. U sjevernom dijelu ležišta utvrđena su četiri rasjeda sa skokom 3 m do 10 m. Rasjedi su transverzalni u odnosu na glavni rasjed koji je formiran duž Crnog potoka (Bortek, 2021).

2.2. **Vrsta i kvaliteta sirovine**

Eksploatacijsko polje „Bukova Glava-Vranović“ sastoji se od visokokarbonatne sirovine koju čine vapnenci i laporoviti vapnenci s ležišta Bukova glava i Vranovića, te niskokarbonatne sirovine koju čine glinovito-pjeskoviti sedimenti Vranovića. U tablici 2-1 prikazan je kemijski sastav visokokarbonatne i niskokarbonatne sirovine (Sour Energoprojekt, 1987)

Tablica 2-1 Kemijski sastav visokokarbonatne i niskokarbonatne sirovine (Sour Energoprojekt, 1987)

	Visokokarbonatna sirovina (%)	Niskokarbonatna sirovina (%)
Gubitak žarenjem	40,43	7,3
SiO_2	8,9	59,19
CaO	44,73	4,45
MgO	1,4	2,21
Fe_2O_3	1,29	5,69
Al_2O_3	2,88	16,77
$CaCO_3$	79,84	7,94
Na_2O	0,12	0,93
K_2O	0,36	2,33
SO_3	0,62	0,06

U 2021. godini izrađen je Elaborat o rezervama mineralnih sirovina za proizvodnju cementa na eksploatacijskom polju „Bukova glava-Vranović“-osma obnova rezervi sa stanjem 31.12.2020. U tablici 2-2 prikazana je količina mineralne sirovine za proizvodnju cementa u 1000 t. Godišnja planirana eksploatacija je 1 500 000 t godišnje (Bortek, 2021).

Tablica 2-2 Količina mineralne sirovine za proizvodnju cementa u 1000 t (Bortek, 2021)

Kategorija	Bilančne rezerve (t)	Izvanbilančne rezerve (t)	Ukupne utvrđene rezerve (t)	Eksploatacijski gubici (%)	Eksploatacijske rezerve (t)
A	-	-	-	-	-
B	79 442,08	886,696	80 328,77	2	77 853,240
C1	64 222,13	10 077,460	74 299,59	2	62 937,689
A+B+C1	143 664,2	10 964,156	154 628,3	2	140 790,929

2.3. **Opis postojećeg stanja**

Na eksploatacijskom polju „Bukova Glava-Vranović“ obavlja se eksploatacija mineralne sirovine za proizvodnju cementa koja je započela 1979. godine. Eksploatacijsko polje je podijeljeno u dva dijela, na ležište „Bukova Glava“ i ležište „Vranović“ koji su međusobno odvojeni dolinom Crnog potoka na kojem je smještena tvornica Cementa. Površina polja je oko 207 ha (Sour Energoprojekt, 1987). Na slici 2-3 vidljiva je satelitska snimka eksploatacijskog polja „Bukova Glava-Vranović“.

Slika 2-3 Satelitska snimka eksploatacijskog polja „Bukova Glava-Vranović“ M 1:10 000 (Google maps, 22.8.2022.)

Otvaranje kopova i početak eksploatacije je izvršeno prema „Glavnom rudarskom projektu eksploatacije sirovinskih komponenti tvornice cementa“, u kojem su određene visina i širina etaža, kut nagiba završnih kosina te generalni kut nagiba kopa na oba ležišta s obzirom na specifične uvjete otkopavanja kako bi se osigurala odgovarajuća kvaliteta mineralne sirovine. Navedeni parametri prikazani su u tablicama 2-3 i 2-4.

Tablica 2-3 Visine i širine radnih i završnih etaža (Sour Energoprojekt, 1987)

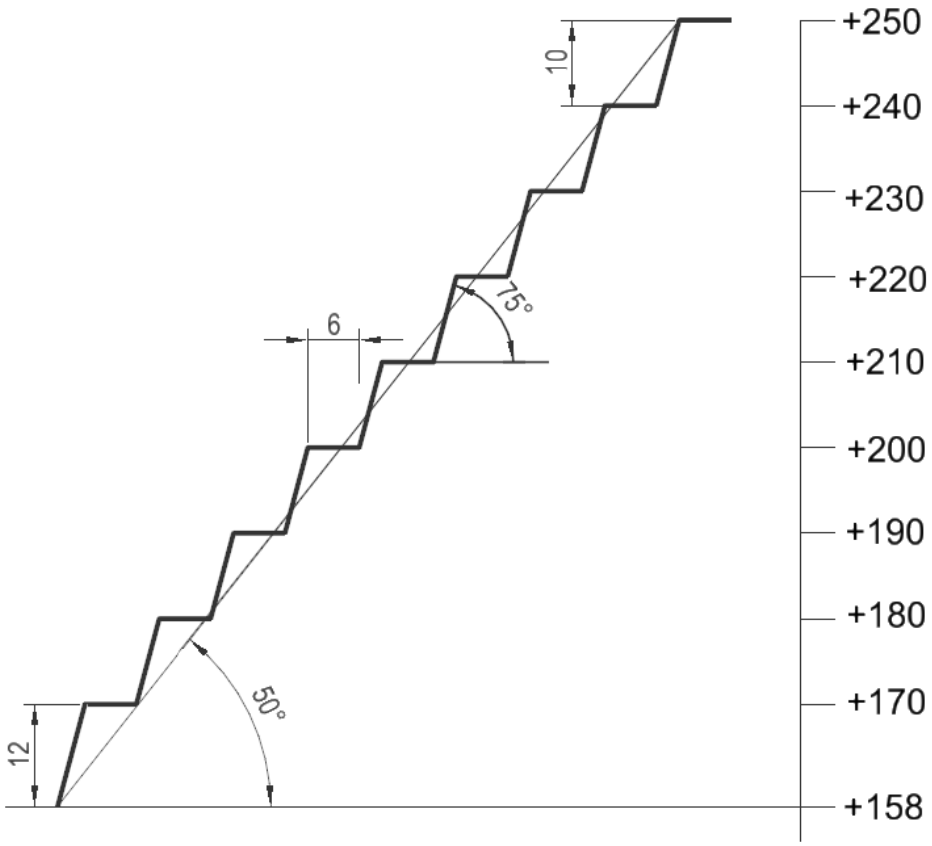
		Bukova Glava i Vranović
Visina etaža (m)	Radna	5
	Završna	10
Širina etaža (m)	Radna	25-30
	Završna	6

Tablica 2-4 Kut nagiba završnih etaža i generalni nagib kopa (Sour Energoprojekt, 1987)

		Lapori i vapnenci BG i VR	**Gline i pijesci VR**
Kut nagiba(°)	Završne etaže	75	45
	Generalni kut kopa	50	35

Eksploatacijsko polje je veoma složene geološke građe, te je promjenjive kvalitete, stoga se vrši selektivni iskop pojedinih zona polja zbog toga što se u tehnološkom procesu proizvodnje cementa traži odgovarajući sastav mineralne sirovine. Dobivanje mineralne sirovine na ležištu „Vranović“ isključivo je strojnim iskopom, dok se na ležištu „Bukova glava“ minira oko 30% sirovine.

Na oba ležišta visina osnovnog platoa je na koti +158, te je formirano 9 etaža, do maksimalne kote +250. Presjek završe kosine zapadnog dijela Bukove Glave prikazan je na slici 2-4.



Slika 2-4 Presjek završe kosine zapadnog dijela Bukove Glave

3. OZNAČAVANJE MINSKOG POLJA

Miniranja na eksploatacijskom polju „Bukova glava-Vranović“ izvode se isključivo na ležištu „Bukova glava“ na kojem se nalaze vapnenci i laporoviti vapnenci različitih svojstava. Prije samog miniranja potrebno je izvesti niz pripremnih radnji. Prva od njih je označavanje bušotina na etaži na kojoj će se minirati. Položaj minskog polja, broj bušotina i broj redova određuje se direktno na terenu. Zbog nehomogenosti ležišta i stalnog mijenjanja mjesta otkopa, minska polja su manjih dimenzija. Geometrija minskog polja i parametri miniranja određeni su glavnim rudarskim projektom:

- Linija najmanjeg otpora (izbojnica) = 3,0 m
- Razmak između bušotina = 3,0 m
- Razmak između redova = 2,5 m
- Nagib bušotina = 75°
- Promjer bušotina = Ø89 mm

Udarni val miniranja je kuglast i radijalno se prostire u svim smjerovima. Njegovom refleksijom sa slobodne površine tlačni udarni val prelazi u vlačni udarni val, koji postaje glavni mehanizam loma u tom trenutku. S više slobodnih površina dolazi do veće refleksije, čime se smanjuju štetni učinci miniranja u obliku seizmičkih elastičnih valova. Također, više slobodnih površina ujedno znači i da je uklještenost stijenske mase u tom dijelu manja, pa je i specifična potrošnja eksploziva za miniranje manja. Zato se prva bušotina, koja je ujedno i bušotina od koje kreće iniciranje minskog polja, nastoji postaviti s one strane polja koje sadrži više slobodnih površina. Obodi etaže, odnosno minskog polja moraju biti udaljeni od bušotina minimalno za vrijednost izbojnice, tj. linije najmanjeg otpora koja iznosi 3 m. Metrom se izmjeri razmak između ostalih bušotina od 3 m, te razmak između redova od 2,5 m. Položaji bušotina se označe s dva kamena koji se stavljaju jedan na drugog, kako bi bušač znao gdje se ona točno nalazi. Po završetku označavanja minskog polja, ono se obilježi sa štapovima kako bi radnici znali gdje se polje točno nalazi, te da mehanizacija ne remeti označeno polje. Osim toga, označeno polje se nacrta kako bi se mogla nacrtati skica minskog polja. Ta skica daje se bušaču kako bi točno znao kakva je konfiguracija minskog polja, koliko bušotina i redova ima na polju, te kako bi mogao upisivati primjedbe za svaku pojedinu bušotinu.

4. BUŠENJE

Bušenje minskih bušotina izvodi se bušaćom garniturom proizvođača Epiroc, model FlexiROC T40 vidljiv na slici 4-1 i 4-2. Način rada joj je udarno rotacijski, ima promjer bušaće krune Ø89 mm te sadrži filter. Operater bušilice po redu buši svaku bušotinu prema skici minskog polja koju je dobio prije bušenja. Osim toga, pomoću filtra koji separira nabušene čestice, te ih ciklički ispušta, automatski se uzorkuje sirovina iz pojedine bušotine (slika 4-3). Takav uzorak sirovine se pakira i šalje na kemijsku analizu u kemijski laboratorij kako bi se pratio kemijski sastav sirovine za proizvodnju cementa na određenim dijelovima kopa, pošto je ležište veoma heterogeno. Prati se sastav silicijeva oksida (SiO_2), aluminijeva oksida (Al_2O_3), željezova (III) oksida (Fe_2O_3), Magnezijev oksid (MgO), kalcijev oksid (CaO), kalcijev karbonat ($CaCO_3$), kalijev oksid (K_2O), natrijev oksida (Na_2O), sumporov (VI) oksid (SO_3) i klor (Cl). Operater tijekom bušenja upisuje u skicu minskog polja u kojoj se bušotini nalazi dominantan materijal, te eventualne neočekivane situacije i primjedbe kao što su pojava vode ili kaverni u pojedinoj bušotini. Takve primjedbe nužne su za proračun eksplozivnog punjenja po bušotini, kao i samo punjenje. Nakon bušenja, svaki otvor bušotine potrebno je zaštititi kako ne bi došlo do ispadanja materijala i tečenja vode u pojedinu bušotinu (Brnelić, 2020).

Po završetku bušenja, inženjer provjerava primjedbe bušaća koje je naveo na skici minskog polja, te odlazi na teren provjeriti stanje i dubinu bušotina na minskom polju. To je nezaobilazan korak prije miniranja kako ne bi došlo do izvanrednih situacija na minskom polju. Dubina bušotine se mjeri štapovima iste visine kao bušotina. Ako su u bušotinama otkrivene kaverne, dodatno se uz neelektrični sustav iniciranja koristi i detonirajući štapin kako bi se osigurao prijenos detonacije. Prisutnost vode u bušotini provjerava se visokim štapovima kakvi se koriste i za mjerenje dubine bušotine. Voda će ostaviti trag na njemu i izmjeri se visina vode u bušotini. U tom slučaju nužno je za miniranje koristiti vodootporni eksploziv.

Slika 4-1 Bušilica Epiroc FlexiROC T40

Slika 4-2 Bušilica Epiroc FlexiROC T40

Slika 4-3 Filter i bušaća kruna

5. IZRADA OBRASCA ZA PLAN MINIRANJA

Obrazac za plan miniranja sadrži tablicu za proračun utroška eksploziva po bušotini, plan miniranja i izvješće miniranja, skicu minskog polja i situacijsku kartu s ucrtanim minskim poljem.

Tablica sadrži parametre miniranja i bušenja, količinu eksploziva po bušotini, te primjedbe bušača. U tablici za proračun količine eksploziva upisuje se količine eksploziva za svaku bušotinu prema primjedbama bušača. Ako se u bušotini nalazi pretežno vapnenac, tendencija je da u takvu bušotinu ide više eksploziva, nego u onu u kojoj se nalazi lapor. Primjer takve tablice dan je na tablici 5-1. Plan miniranja sadrži podatke o minskom polju kao što su dužina i širina polja, te visina etaže. Sadrži podatke o bušenju i bušotinama gdje se navodi broj bušotina, te početak i kraj bušenja. Navodi planiranu i utrošenu količinu eksplozivnih tvari za minsko polje, vrstu i količinu inicijalnih sredstava, te specifičnu potrošnju eksploziva. Izvješće miniranja opisuje da li je miniranje proteklo po planu. Na skici minskog polja ucrtane su bušotine i redoslijed njihovog otpucavanja, odnosno povezivanja minskog polja. Primjer skice minskog polja i presjeka bušotine prikazan je na slici 5-1.

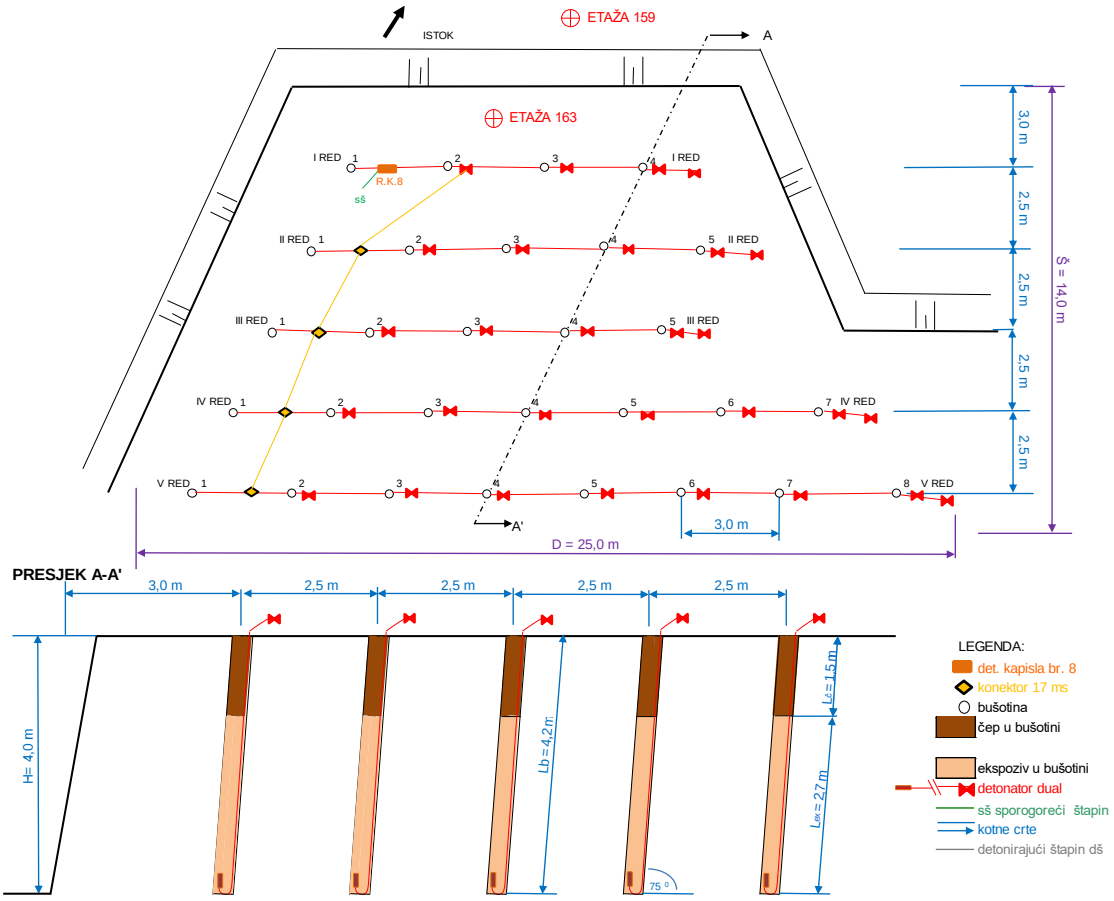
NEXE d.d. posjeduje skladište eksploziva koje je nadzemnog tipa, nepokretno i spada u vanjska skladišta. Skladište se sastoji od portirnice, skladišta primatelja (skladište eksploziva) te skladišta davatelja (skladište inicijalnih sredstva). Kapacitet skladišta je 10 000 kg gospodarskog eksploziva i 20 kg sredstva za paljenje. Ulazak u skladište dozvoljeno je osobama koje imaju uvjerenje za rukovanje eksplozivnim tvarima i sredstvima pri održavanju, transportu i skladištenju istih sukladno Zakonu o eksplozivnim tvarima (NN 70/17, 141/20). Skladište eksploziva osigurano je videonadzorom.

Eksplozivna sredstva koja se koriste su:

- eksploziv Riogel Troner:
  - ✓ promjera patrona Ø60 mm, masa 2083 g, dužina 570 mm,
  - ✓ promjera patrone Ø70 mm, masa 2778 g, dužina 580 mm.
- neelektrični detonatori Detinel dual dužine 12 m i 15 m, usporenja 25 ms – 500 ms,
- konektori Detinel K. dužine 6 m, usporenje 17 ms,
- sporogoreći štapin Riofuse,
- rudarska kapica br. 8 Riocap,
- detonirajući štapin Riocord.

Tablica 5-1 Plan utroška eksploziva po bušotini

BROJ REDA	REDNI BROJ BUŠOTINE	KUT NAGIBA BUŠOTINE (°)	PROMJER BUŠOTINE (mm)	DUBINA H (m)	IZBOJNICA LNO W (m)	RAZMAK IZMEĐU BUŠOTINA a (m)	DUŽINA ČEPA Lč (m)	KOLIČINE EKSPLOZIVA PO BUŠOTINAMA		PRIMJEDBE O PUNJENJU BUŠOTINE (ZARUŠENA ZAGLAVLJENA, KAVERNA, VODA U BUŠOTINI I SL.)
								PLAN UTROŠKA	STVARNI UTROŠAK	
								RIOGEL TRONER Ø70mm/2778g (kg)	RIOGEL TRONER Ø70mm/2778g (kg)	
I	1	75	89	4,2	3,0	3,0	1,5	16,6680	16,6680	lapor 0,5 m
	2			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	3			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	4			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
Σ				16,8				66,6720	66,6720	
II	1	75	89	4,2	2,5	3,0	1,5	16,6680	16,6680	lapor 0,5 m
	2			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	3			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	4			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	5			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
Σ				21,0				83,3400	83,3400	
III	1	75	89	4,2	2,5	3,0	1,5	16,6680	16,6680	lapor 0,5 m
	2			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,0 m
	3			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	4			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	5			4,2			1,5	16,6680	16,6680	lapor 1,0 m
Σ				21,0				80,5620	80,5620	
IV	1	75	89	4,2	2,5	3,0	1,5	16,6680	16,6680	lapor 0,5 m
	2			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,0 m
	3			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,0 m
	4			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	5			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,5 m
	6			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
	7			4,2			1,5	16,6680	16,6680	vapnenac 4,2 m
Σ				29,4				108,3420	108,3420	
V	1	75	89	4,2	2,5	3,0	1,5	13,8900	13,8900	lapor 0,5 m
	2			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 0,5 m
	3			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,5 m
	4			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,0 m
	5			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,0 m
	6			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 1,0 m
	7			4,2			1,5	13,8900	13,8900	lapor 2,0 m
	8			4,2			1,5	13,8540	13,8540	vapnenac 4,2 m
Σ				33,6				111,0840	111,0840	
Σ				121,8				450,0000	450,0000	



Slika 5-1 Skica minskog polja i presjek minskih bušotina

6. MINIRANJE

Na ležištu „Bukova glava“ najčešće se minira jednom tjedno. Minira se više minskih polja, te se ono izvodi najčešće u jutarnjim satima. Obično se ne izvodi kada su teški vremenski uvjeti poput kiše, snijega, oluje itd. Miniranju prisustvuju inženjeri rudarstva, pomoćni radnici i palitelji mina. Odlazi se do skladišta eksploziva gdje se obavlja utovar patroniranog eksploziva, te se pripremaju i uzimaju inicijalna sredstva, čija je količina prethodno projektirana. Za miniranje se koristi neelektrični sustav iniciranja polja. Inicijalna sredstva koja se koriste su neelektrični detonatori i konektori, a za aktiviranje polja koristi se sporogoreći štapin i rudarska kapica broj 8. Osim eksploziva, tovari se i prethodno pripremljene vreće agregata koji služi za čepljenje bušotine nakon postavljanja patrona u bušotinu, te lopate, štapovi za mjerenje dubine bušotina i razna druga pomagala.

Dolaskom na minsko polje, raspoređuju se patrone eksploziva i detonatori na svaku bušotinu, kako je prethodno projektirano u planu miniranja (slika 6-1). Neelektrični detonator sastoji se od detonatora koji je pričvršćen za jedan kraj udarne cjevčice, dok se na drugom kraju nalazi konektor koji služi za povezivanje sa ostalim detonatorima drugih bušotina u istom redu. Drvenim šiljkom se izdubi rupa na patroni, te se detonator postavlja direktno unutar nje, te se fiksira tako da se udarna cjevčica poveže izolir trakom za kraj patrone, vidljivo na slici 6-2. Takva patrona s detonatorom se prva postavlja u bušotinu, vidljivo na slici 6-3. Nakon toga bušotina se puni s ostalim patronama u količinama kako je proračunato za svaku pojedinu bušotinu. Fiksiraju se i učvršćuju tako da se visokim drvenim štapom oprezno nabija unutar bušotine kako bi patrone eksploziva bile u kontaktu unutar bušotine. Kad su sve patrone stavljene u bušotinu, zona čepa bušotine se puni agregatom, te se bušotina, po potrebi dodatno čepi okolnim materijalom na polju koji se nanosi lopatom. Isti postupak se ponavlja za svaku pojedinu bušotinu.

Slika 6-1 Neelektrični detonator i patrone za pojedinu bušotinu

Slika 6-2 Spajanje patrone i neelektričnog detonatora

Slika 6-3 Postavljanje patrone u bušotinu

Svaka minska bušotina u redu se povezuje tako da se pomoću kopče detonatora povezuju udarne cjevčice svake sljedeće bušotine u redu, vidljivo na slici 6-4. Neelektrični konektori na detonatoru imaju usporenje od 25 ms. Postupak se ponavlja za svaki red bušotina. Redovi minskih bušotina povezuju se pomoću konektora (slika 6-5), koji imaju usporenje od 17 ms. Mora se poštovati redoslijed otpucavanja minskih bušotina kako bi usporenja bila pravilno izvedena. Usporenjem se dobiva bolja granulacija i smanjuje se seizmički efekt miniranja. Tako je dobiven i spojen neelektrični sustav iniciranja minskog polja. Kada je minsko polje povezano, ono se pregledava i utvrđuje jesu li sve bušotine na polju povezane na pravilan način kako bi prijenos detonacije bio pravilan. Paljenje minskog polja vrši se sporogorećim štapinom i rudarskom kapicom br. 8. Prije miniranja, palitelji mina na sporogoreći štapin učvrste rudarsku kapicu br. 8 pomoću rudarskih kliješta, vidljivo na slici 6-6. Sporogoreći štapin gori 120 s/m', te se za paljenje koristi 2 m. Tako on gori 240 s, što je dovoljno vremena da se palitelji mina udalje s minskog polja na sigurnu udaljenost. Rudarska kapica br. 8 sa sporogorećim štapinom spaja se na udarnu cjevčicu između prve i druge minske bušotine u prvom redu, na način prikazano na slici 6-7, te se sporogoreći štapin zapali upaljačem.

Slika 6-4 Spajanje minskih bušotina u redu

Slika 6-5 Spajanje redova minskih bušotina konektorima (žuto)

Slika 6-6 Spajanje rudarske kapice br. 8 na sporogoreći štapin

Slika 6-7 Paljenje minskog polja

Prije nego što se krene na iniciranje minskog polja, ljudi i mehanizacija moraju biti sklonjeni na sigurnu udaljenost. Obavijest o miniranju se šalje najmanje 24 h prije miniranja policijskoj upravi Osječko-baranjske županije i policijskoj postaji Našice. Na dan miniranja obavještava se osiguranje tvornice, uprava tvornice te svi zaposlenici i mještani obližnjeg naselja Gradac.

Miniranje se najavljuje zvukom ručne vatrogasne sirene:

- Prvi signal – jedanput dugo – minske bušotine su napunjene i začepljene, mehanizacija je prestala s radom, a ljudi su udaljeni iz ugroženog prostora
- Drugi signal – dvaput dugo – mine su povezane i pripremljene za paljenje, područje je osigurano
- Treći signal – triput dugo – najmanje za jednu minutu nakon drugog signala, objavljen je početak paljenja mina.

Nakon miniranja, provjerava se minsko polje, te se ustanovljuje jesu li sve mine eksplodirale i osigurava se da nema opasnosti od eksplozije. Nakon toga se daje zadnji signal sirenom, jednom kratko.

7. PRIPREMA SIROVINE ZA PROIZVODNJU CEMENTA U NEXE D.D.

U cemente se ubrajaju sva veziva s izrazito hidrauličkim svojstvima koja vežu i stvrdnjavaju u dodiru s vodom, bez obzira nalaze li se na zraku ili pod vodom. Služi za povezivanje agregata tijekom proizvodnje betona i mortova. Najčešća primjena cementa je u građevinarstvu. Prema mineralnom sastavu dijele se na silikatne i aluminatne cemente. Razlikuju se po tome što su kod silikatnih cementa glavni minerali klinkera silikati, a kod aluminatnih su glavni minerali klinkera kalcijevi aluminati. U tvornici cementa NEXE D.D. proizvodi se isključivo silikatni cement, koji se dijeli na podgrupe: čisti Portland cement, Portland cement s dodacima, pucolanski cement, metalurški cement, miješani cement i bijeli cement (Vrkljan i Klanfar, 2010).

Rudarski dio tvornice cementa NEXE D.D. zove se služba Rudokop. Ona je zadužena za dobivanje i transport mineralne sirovine za proizvodnju cementa, te njezino oplemenjivanje i deponiranje, odnosno svi procesi proizvodnje cementa prije proizvodnje sirovinskog brašna.

7.1. Strojno dobivanje sirovine

Osim dobivanja sirovine miniranjem na ležištu „Bukova glava“, koje je opisano u prethodnim poglavljima, sirovina se većim dijelom dobiva strojnim iskopom. On se vrši se hidrauličkim bagerima gusjeničarima sa dubinskom lopatom za lapore i les, dok se utovar vapnenaca obavlja bagerima ili utovarivačem nakon miniranja. Otkopavanje mineralne sirovine vrši se odozgo prema dolje, najčešće na četiri otkopna mjesta, od kojih su tri otkopna mjesta za utovar visokokarbonatne sirovine i jedan za utovar niskokarbontne sirovine. Takvim načinom, zbog heterogenosti ležišta, dobiva se tražena kvaliteta sirovine za proizvodnju klinkera. Za faze utovara izrađuju se tehnološke sheme koje se sastoje od visine i širine dijela etaže, položaja stroja za otkopavanje u odnosu na dio etaže i transportno sredstvo, čeonu i bočnu kosinu, utovar i transport mineralne sirovine, položaj transportnog sredstva i ravninu etaže, te se mora osigurati dovoljna širina etaže za manevar/okretanje dampera. Slika 7-1 prikazuje skidanje sirovine hidrauličkim bagerom.

Slika 7-1 Skidanje sirovine

7.2. **Transport mineralne sirovine**

Transport mineralne sirovine sastoji se od vožnje praznog kamiona do utovarnog mjesta, čekanja na utovar mineralne sirovine, te transport i istovar punog kamiona u usipni koš drobiličnog postrojenja, Transport mineralne sirovine vrši se zglobnim damperima na transportnim cestama minimalne širine 6 m, a nagiba do 7°. Sve transportne ceste osigurane su zaštitnim nasipom od najmanje 1 m visine te znakovima upozorenja. Istovremeno se obavlja transport mineralne sirovine sa pet dampera, četiri dampera za prijevoz visokokarbonatne sirovine, te jedan za prijevoz niskokarbonatne sirovine. Izrada transportnih puteva i uspona je vrlo bitna, te je potrebno osigurati dovoljnu širinu ceste i čvrstu voznu površinu. Ceste koje se rade na mekšem materijalu, odnosno laporu, moraju se nasipati tucanikom. Ako su izrazito teški vremenski uvjeti, poput kiše, snijega i leda, tada se ceste nasipavaju agregatom kako ne bi došlo do proklizavanja guma kamiona. Slika 7-2 prikazuje zglobni damper za transport mineralne sirovine.

Slika 7-2 Damper za transport sirovine

7.3. **Oplemenjivanje i deponiranje mineralne sirovine**

Istovarom sirovine iz dampera u usipni koš oplemenjivačkog postrojenja započinje proces oplemenjivanja mineralne sirovine (slika 7-3). Oplemenjivačko postrojenje sastoji se od uspinog koša, pločastih transportera, primarne i sekundarne drobilice, transportera sa gumenim trakama, neutronskog analizatora te natkrivene deponije. Na postrojenju nalaze se dva usipna koša, uspini koš visokokarbonatne sirovine te uspini koš niskokarbonatne sirovine, koja služi kao korektivna komponenta za poboljšanje kvalitete sirovine. Svaki usipni koš ima svoj pločasti transporter. Takvim načinom se upravlja kvalitetom sirovine prije ulaska u primarnu drobilicu. Drobljenje sirovine vrši se primarnom i sekundarnom drobilicom koje se razlikuju po širini i broju zubi koje sadrže. Primarna drobilica (slika 7-4) ima maksimalni prihvat granulacije do 1200 mm, a izlaz 200 mm, dok sekundarna drobilica ima ulaznu granulaciju do 200 mm, a izlaznu do 50 mm, te im je kapacitet 500 t/h. Izdrobljena sirovina se transportira tračnim transporterima kroz neutronski analizator koji očitava kvalitetu sirovine, odnosno prati se udio pratećih oksida (CaO, MgO, Si2O, Al2O3, Fe2O3) te stupanj zasićenja.

Slika 7-3 Istovar sirovine damperom u usipni koš oplemenjivačkog postrojenja

Slika 7-4 Primarna drobilica

Mineralna sirovina se deponira u deponiju, tzv. „depo halu“ preko reverzibilnog transportera koji sirovinu deponira vertikalno u slojevima i time se postiže homogenizacija. U depo hali se sirovina deponira na dvije hrpe, tzv. halde. Sistem deponiranja je kontinuiran, tako da se istovremeno puni jedna halda, a druga se prazni. Pražnjenje halde vrši se mostnim oduzimačem koji postepeno skida slojeve sirovine sa halde (slika 7-5), te se sirovina transportira u sušaru i mlin sirovine. Time je priprema sirovine za proizvodnju cementa dovršena.

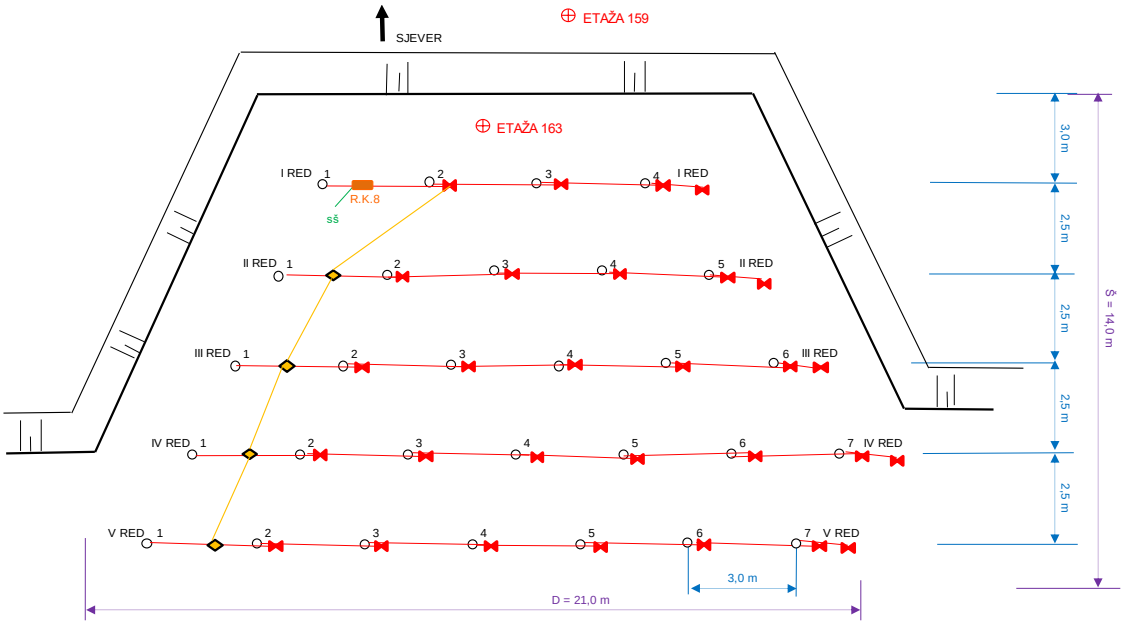
Slika 7-5 Halda i mostni oduzimač

8. UTJECAJ PROMJERA PATRONE NA GRANULACIJU ODMINIRANOG MATERIJALA

Izvedeno je pokusno miniranje za dvije vrste vapnenaca na ležištu, koji se razlikuju po mineralnom i kemijskom sastavu. Za svaki vapnenac su izvedena dva miniranja koja su se razlikovala po promjeru patrona eksploziva koji je korišten, Ø60 mm i Ø70 mm. Izvedena su miniranja s četiri minska polja na nižim etažama kopa, koja se razlikuju po vrsti vapnenca i po promjeru patrone eksploziva. Prvi vapnenac je „Sivi vapnenac“, a drugi je „Sivo-bijeli vapnenac“. U daljnjem tekstu izraz za minsko polje određene vrste vapnenca minirano eksplozivom određenog promjera patrone bit će označen na sljedeći način: Sivi Ø60, Sivi Ø70, Sivo-bijeli Ø60 i Sivo-bijeli Ø70. Obavljena je usporedba minskih polja, te je za svako polje izrađena granulometrijska krivulja u računalnom programu WipFrag.

8.1. Sivi vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 60 mm

Miniranje polja Sivi Ø60 izvedeno je dana 24.05.2022. Polje se sastojalo od 5 redova s ukupno 29 bušotina čija je dubina 4,2 m. Utrošeno je ukupno 400 kg eksploziva, te je ostvarena specifična potrošnja eksploziva od 0,340 kg/m^3. Volumen odminirane stijenske mase je 1176 m^3. Slika 7-1 prikazuje skicu minskog polja, dok slika 7-2 prikazuje polje i granulaciju sirovine nakon miniranja.

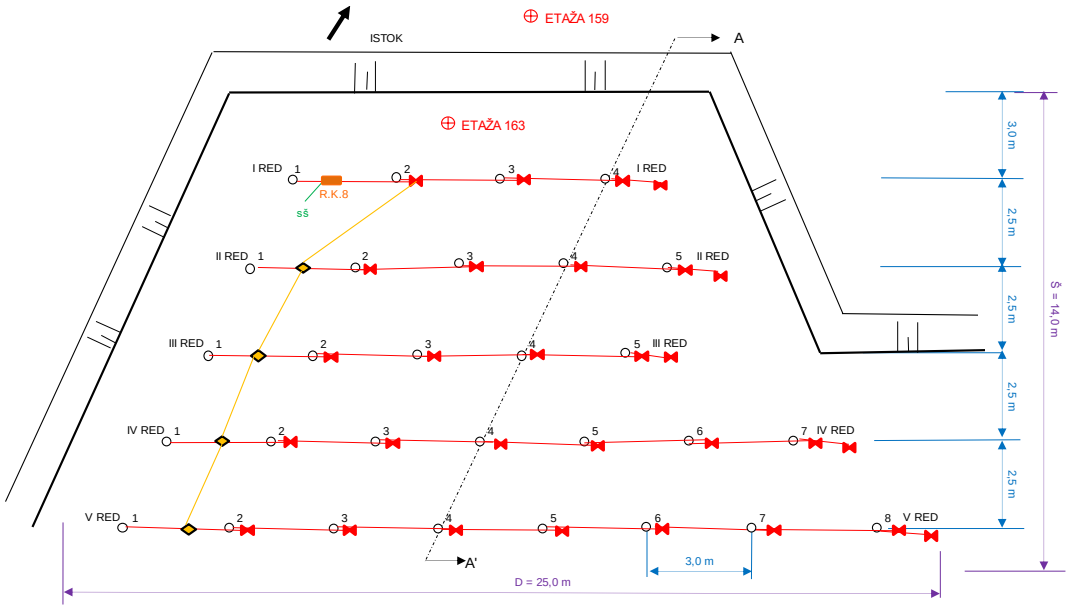


Slika 8-1 Skica minskog polja Sivi Ø60

Slika 8-2 Granulacija minskog polja Sivi Ø60

8.2. **Sivi vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 70 mm**

Miniranje polja Sivi Ø70 izvedeno je dana 10.05.2022. Polje se sastojalo od 5 redova s ukupno 29 bušotina čija je dubina 4,2 m. Utrošeno je ukupno 450 kg eksploziva, te je ostvarena specifična potrošnja eksploziva od 0,321 kg/m^3. Volumen odminirane stijenske mase je 1400 m^3. Slika 7-3 prikazuje skicu minskog polja, dok slika 7-4 prikazuje polje i granulaciju sirovine nakon miniranja.

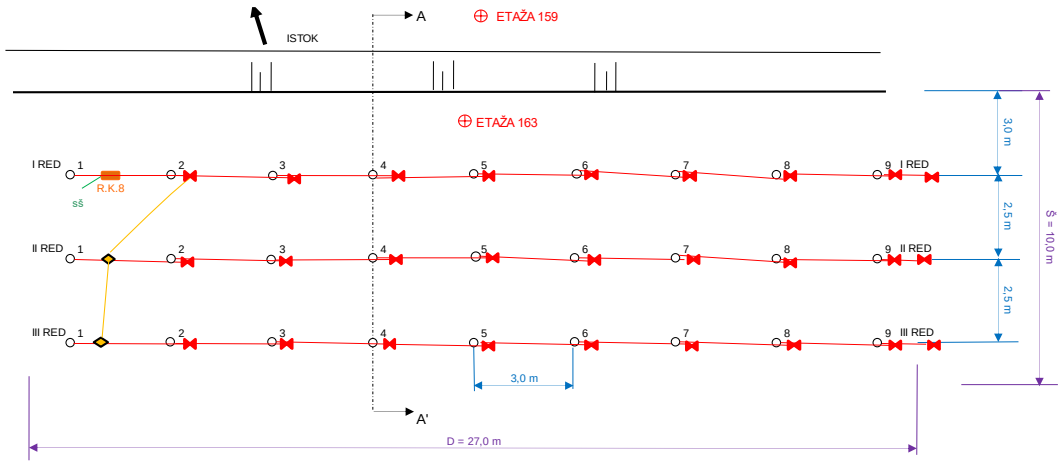


Slika 8-3 Skica minskog polja Sivi Ø70

Slika 8-4 Granulacija minskog polja Sivi Ø70

8.3. **Sivo-bijeli vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 60 mm**

Miniranje polja Sivo-bijeli Ø60 izvedeno je dana 10.05.2022. Polje se sastojalo od 3 reda s ukupno 27 bušotina čija je dubina 4,2 m. Utrošeno je ukupno 375 kg eksploziva, te je ostvarena specifična potrošnja eksploziva od 0,347 kg/m^3. Volumen odminirane stijenske mase je 1080 m^3. Slika 7-5 prikazuje skicu minskog polja, dok slika 7-6 prikazuje polje i granulaciju sirovine nakon miniranja.

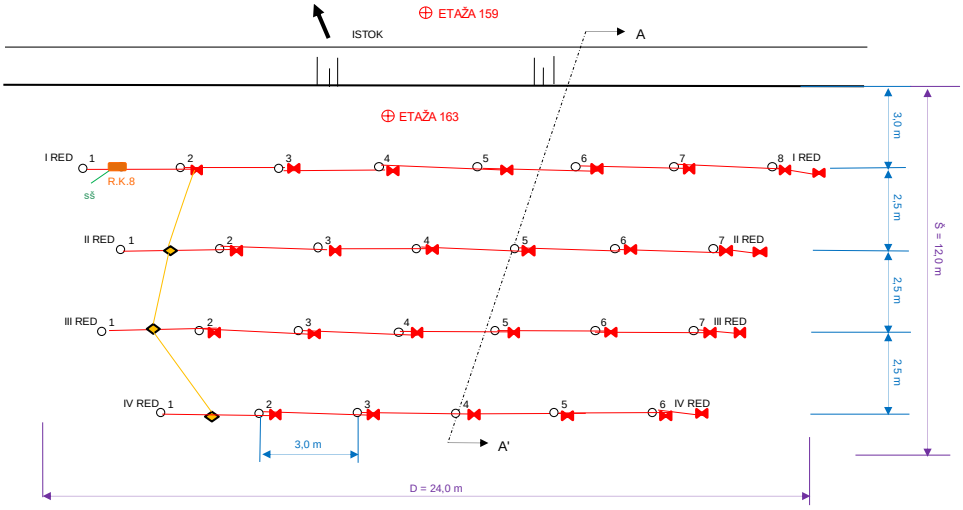


Slika 8-5 Skica minskog polja Sivo-bijeli Ø60

Slika 8-6 Granulacija minskog polja Sivo-bijeli Ø60

8.4. **Sivo-bijeli vapnenac miniran eksplozivom promjera patrone 70 mm**

Miniranje polja Sivo-bijeli Ø70 izvedeno je dana 30.06.2022. Polje se sastojalo od 4 reda s ukupno 28 bušotina čija je dubina 4,2 m. Utrošeno je ukupno 425 kg eksploziva, te je ostvarena specifična potrošnja eksploziva od 0,369 kg/m^3. Volumen odminirane stijenske mase je 1152 m^3. Slika 7-7 prikazuje skicu minskog polja, dok slika 7-8 prikazuje polje i granulaciju sirovine nakon miniranja.



Slika 8-7 Skica minskog polja Sivo-bijeli Ø70

Slika 8-8 Granulacija minskog polja Sivo-bijeli Ø70

8.5. **Kvaliteta mineralne sirovine na poljima**

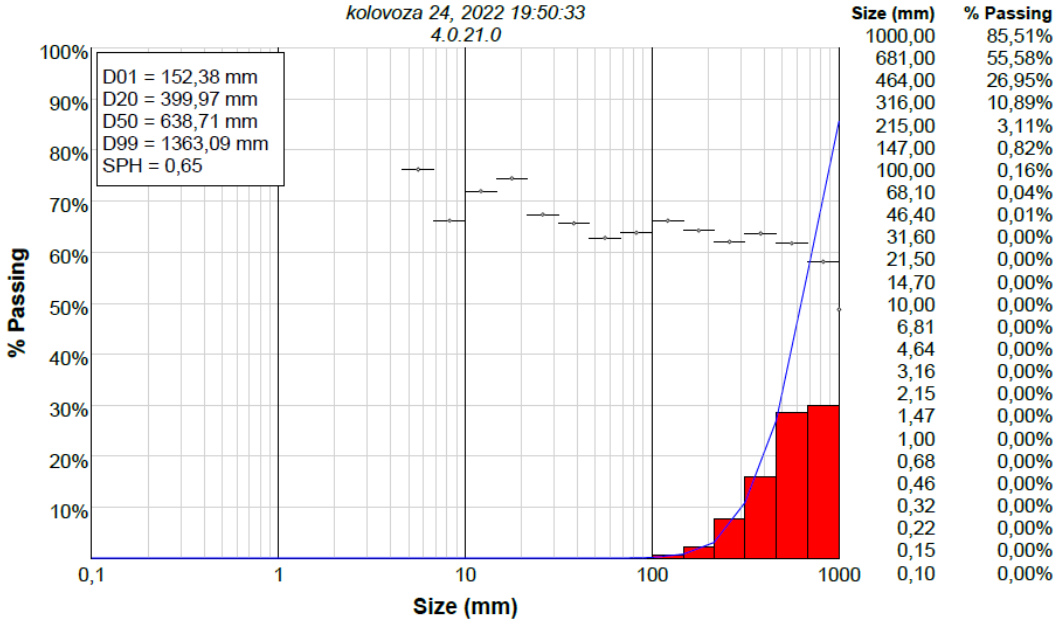
Tablica 7-1 prikazuje kvalitetu sirovine na poljima, tj. postotak pojedinih spojeva sirovine za proizvodnju cementa. Od navedenih spojeva najvažnije je pratiti postotak glavnih oksida koji tvore minerale klinkera, a to su silicijev dioksid (SiO_2), aluminijev oksid (Al_2O_3), željezov oksid (Fe_2O_3) i kalcijev oksid (CaO) te sadržaj sumporova (VI) oksida (SO_3) koji, ako je u visokom postotku, narušava kvalitetu klinkera, pa tako u konačnici i cementa. Iz tablice se može primijetiti kako sivo-bijeli vapnenac sadrži veći postotak kalcijeva karbonata ($CaCO_3$) i kalcijeva oksida (CaO) od sivog vapnenca, što znači da sivo-bijeli vapnenac sadrži manje primjesa lapora od sivog vapnenca.

Tablica 8-1 Tablica kvalitete mineralne sirovine na poljima

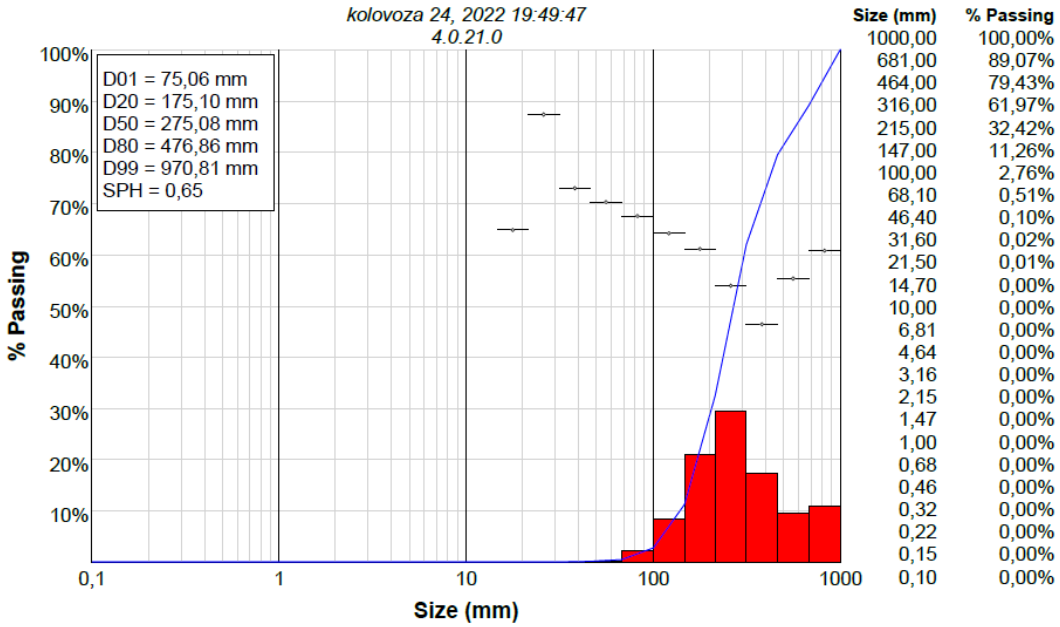
	UZORAK	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	$CaCO_3$	K_2O	Na_2O	SO_3	Cl
Sivi ø60	P-79	1,45	0,69	0,26	1,65	50,44	90,03	0,25	0,32	0,63	0,0019
	P-80	1,18	0,66	0,26	2,02	49,19	87,80	0,28	0,34	1,27	0,0012
	PROSJEK	**1,32**	**0,68**	**0,26**	**1,84**	**49,82**	**88,92**	**0,27**	**0,33**	**0,95**	**0,0016**
Sivi ø70	P-67	4,20	1,22	0,58	1,51	47,47	84,74	0,55	0,38	0,60	0,001
	P-68	1,83	0,77	0,30	1,76	50,08	89,40	0,33	0,36	0,33	0,0014
	PROSJEK	**3,02**	**1,00**	**0,44**	**1,64**	**48,78**	**87,07**	**0,44**	**0,37**	**0,47**	**0,0012**
Sivo-bijeli ø60	P-69	1,29	0,67	0,25	2,03	49,95	89,16	0,29	0,20	0,27	0,0013
	P-70	0,74	0,58	0,22	1,03	51,98	92,78	0,24	0,15	0,29	0,0013
	PROSJEK	**1,02**	**0,63**	**0,24**	**1,53**	**50,97**	**90,97**	**0,27**	**0,18**	**0,28**	**0,0013**
Sivo-bijeli ø70	P-95	1,79	0,78	0,32	1,13	51,30	91,57	0,31	0,34	0,37	0,0022
	P-96	1,49	0,69	0,29	0,82	52,80	94,24	0,29	0,31	0,18	0,001
	PROSJEK	**1,64**	**0,74**	**0,31**	**0,98**	**52,05**	**92,91**	**0,30**	**0,33**	**0,28**	**0,0016**

8.6. **Granulometrijski sastav minskih polja**

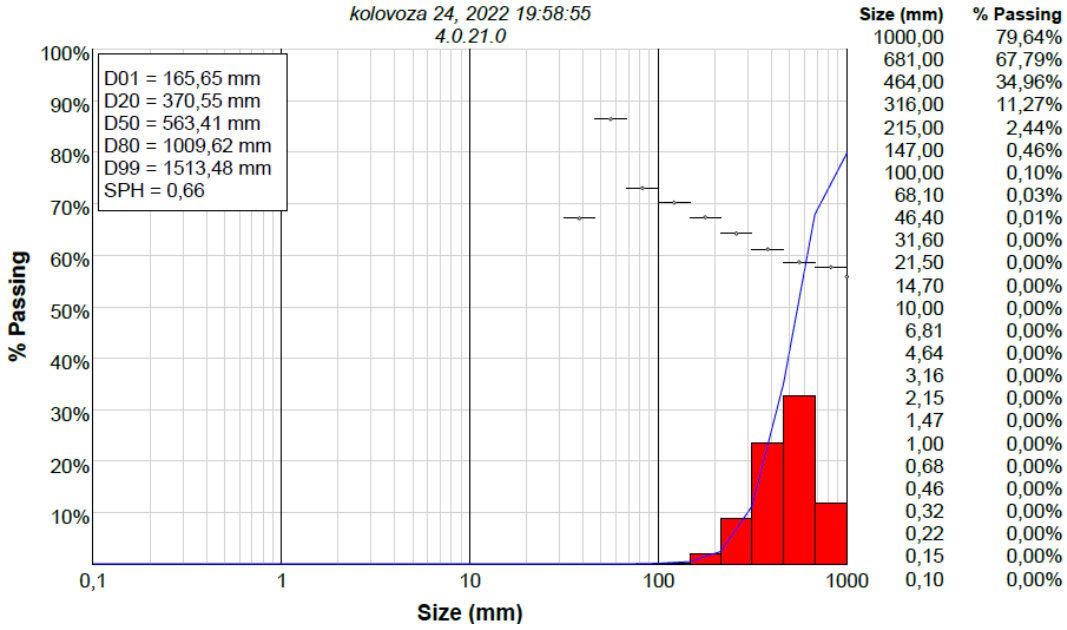
WipFrag je računalni softver za proračun granulacije materijala nakon miniranja. Program analizira fotografiju minskog polja tako što ju skenira i automatski računa granulaciju polja s fotografije. Na slikama 7-9 – 7-12 prikazane su granulometrijske krivulje pojedinog minskog polja. Iz njih je vidljivo kako je sivi vapnenac sitnije granulacije nakon miniranja u odnosu na sivo-bijeli vapnenac te se može zaključiti kako je sivo-bijeli vapnenac veće čvrstoće od sivog vapnenca jer sadrži manje primjesa lapora, te sadrži više kalcijeva karbonata od sivog vapnenca. Vidljivo je kako je materijal miniran patronama promjera 70 mm sitnije granulacije od onoga miniranog patronom promjera 60 mm.



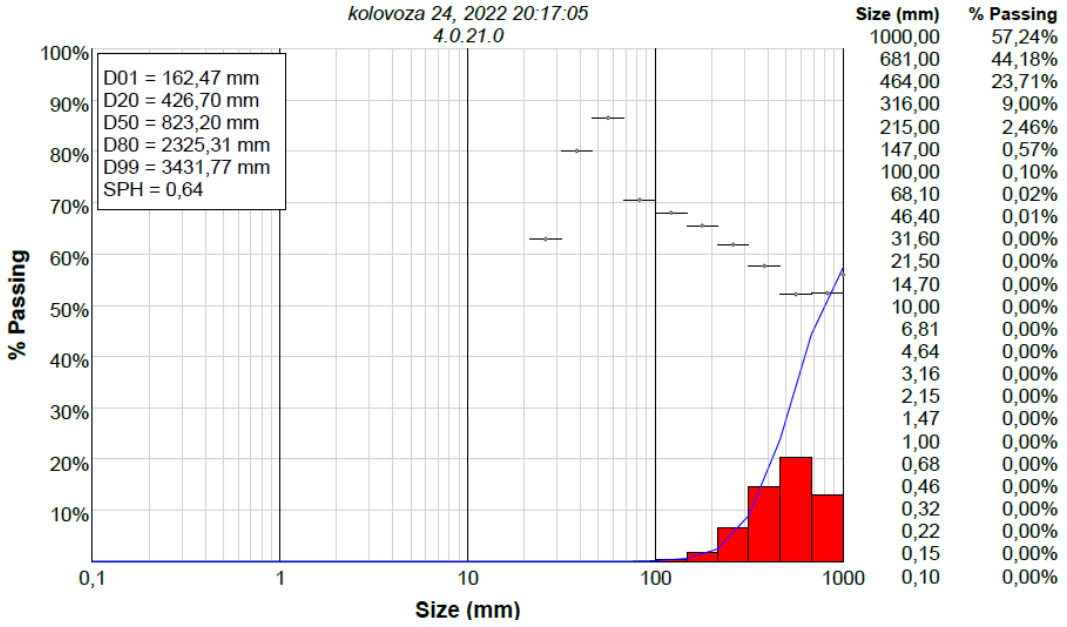
Slika 8-9 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivi Ø60



Slika 8-10 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivi Ø70



Slika 8-11 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivo-bijeli Ø60



Slika 8-12 Granulometrijska krivulja minskog polja Sivo-bijeli Ø70

9. ZAKLJUČAK

NEXE d.d. krovna je tvrtka NEXE grupe, te se bavi proizvodnjom cementa i Namala (našički malter). U vlasništvu tvrtke nalazi se eksploatacijsko polje „Bukova glava-Vranović“ koje se nalazi na području grada Našica. Sastoji se od vapnenaca i laporovitih vapnenaca koji čine visokokarbonatnu sirovinu, te glinovito-pjeskoviti sedimenti koji spadaju u niskokarbonatnu sirovinu, a koja služi kao korektivna komponenta kemijskog sastava sirovine za proizvodnju cementa. Dobivanje sirovine obavlja se strojno pomoću bagera, te miniranjem. Prije miniranja potrebno je provesti brojne pripremne radnje, kao što su označavanje minskog polja, bušenje, izrada plana miniranja, te u konačnici miniranje.

Proces pripreme sirovine za proizvodnju cementa sastoji se od dobivanja sirovine, transporta sirovine do usipnog koša, oplemenjivanje sirovine, te njezino deponiranje. Strojno dobivanje obavlja se hidrauličkim bagerima s dubinskom lopatom, a transport sirovine zglobnim damperima. Oplemenjivanje sirovine se vrši primarnom i sekundarnom valjčanom drobilicom. Na transportnim trakama nalazi se neutronski analizator koji očitava kemijski sastav mineralne sirovine. Sirovina se deponira u depo hali, gdje se homogenizira i transportira u daljnji proces proizvodnje cementa.

Izvedeno je pokusno miniranje za četiri minska polja koja se razlikuju po mineralnom i kemijskom sastavu, te promjeru patrona eksploziva. Uspoređen je tzv. „Sivi vapnenac“ i „Sivo-bijeli vapnenac“, te su korištene patrone eksploziva od Ø60 mm i Ø70 mm. Sivi vapnenac ima nešto više primjese lapora od sivo-bijelog vapnenca, dok sivo-bijeli sadrži više kalcijeva karbonata od sivog. Procjena granulometrijskog sastava pojedinog polja izvršena je pomoću računalnog programa WipFrag. Usporedbom granulacije svih polja donesen je zaključak da je nakon miniranja sivi vapnenac sitnije granulacije od sivo-bijelog, te da eksploziv promjera patrone 70 mm daje sitniju granulaciju nego onaj od 60 mm. Sivi vapnenac ima manju specifičnu potrošnja eksploziva u odnosu na sivo-bijeli vapnenac.

10. **LITERATURA**

1. BORTEK, Ž. 2021. „*Elaborat o rezervama mineralne sirovine za proizvodnju cementa na eksploatacijskom polju „Bukova glava-Vranović“ – osma obnova*. Elaborat o rezervama. Našice: NEXE d.d.

2. BRNELIĆ, K. 2020. *Miniranje kao postupak eksploatacije sirovine za proizvodnju cementa u kamenolomu Koromačno*. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

3. KOROLIJA B., JAMIČIĆ D. 1988. *Osnovna geološka karta SFRJ, list Našice*. Zagreb: Geološki zavod.

4. KRSNIK, J. 1989. *Miniranje*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

5. SOUR ENERGOPROJEKT 1987. *Glavni rudarski projekt površinskog kopa za ležišta „Bukova Glava“ i „Vranović“*. Beograd. Sektor za rudarstvo.

6. VRKLJAN, D., KLANFAR, M. 2010. *Tehnologija nemetalnih mineralnih sirovina – poglavlje: Cement*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

7. GOOGLE MAPS 2022. *Satelitski snimak cementare*. URL: https://www.google.com/maps/@45.449955,18.0355318,1685m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4 (23.8.2022.)

8. NEXE d.d. 2022. *O tvrtki*. URL: https://www.nexe.hr/tvrtke/nexe-d-d/ (25.8.2022.)

9. WIPWARE 2022. *Opis softvera WipFrag*. URL: https://wipware.com/products/wipfrag-image-analysis-software/ (24.8.2022.)