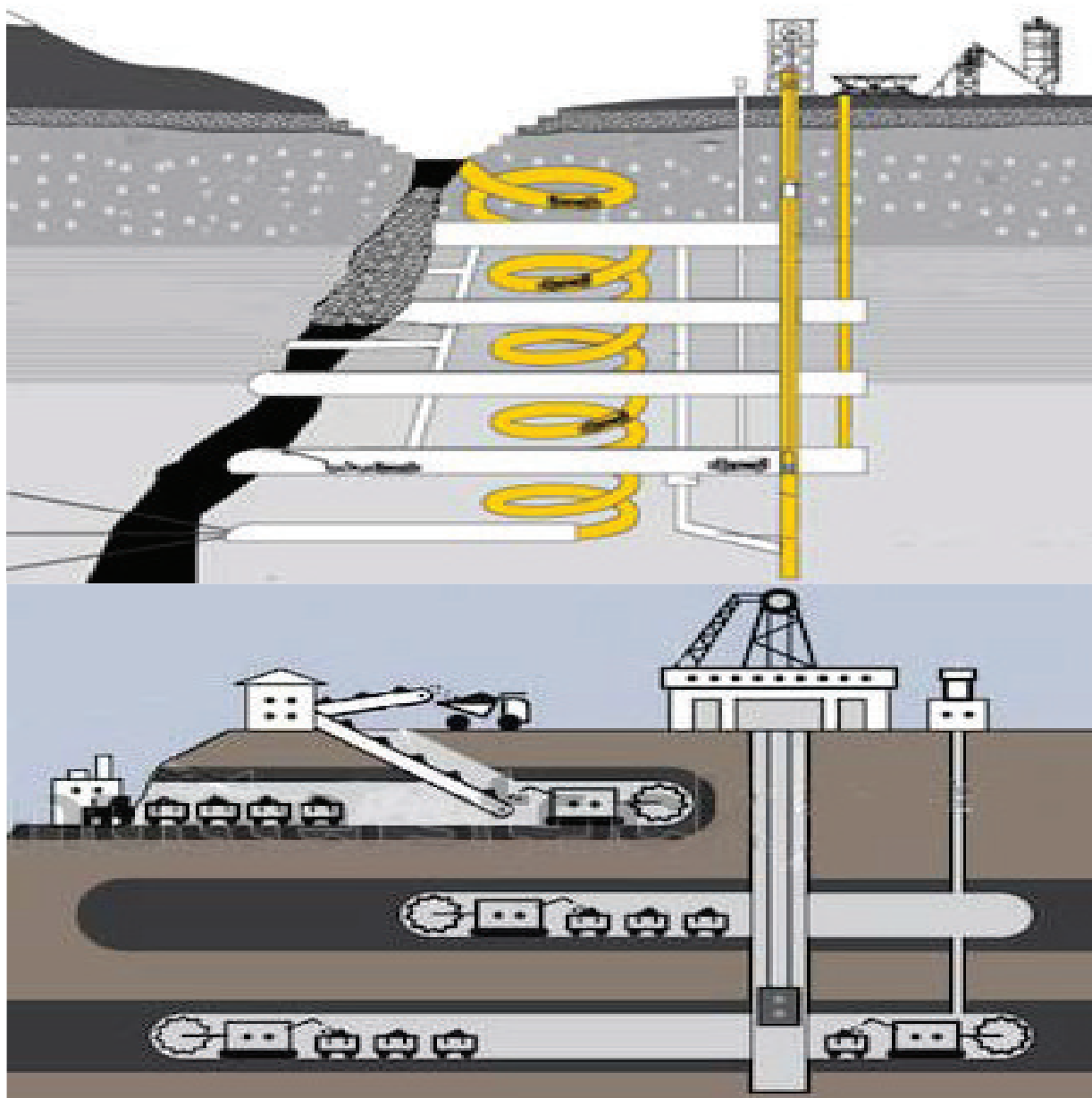




UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
RUDARSKI FAKULTET PRIJEDOR



S. Majstorović, J. Miljanović, D. Tošić
METODE PODZEMNE EKSPLOATACIJE



Prijedor, 2019.

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
RUDARSKI FAKULTET PRIJEDOR

S. Majstorović, J. Miljanović, D. Tošić
METODE PODZEMNE EKSPLOATACIJE

Prijedor, 2019.

Dr Slobodan Majstorović, dipl. ing. rudarstva
- *vanredni profesor Rudarskog fakulteta u Prijedoru*

<i>Dr Jovo Miljanović, dipl. ing. rudarstva</i> - <i>vanredni profesor Rudarskog fakulteta u Prijedoru</i>

Dr Dražana Tošić, dipl. ing. rudarstva
- *docent Rudarskog fakulteta u Prijedoru*

METODE PODZEMNE EKSPLOATACIJE

Recezent:

Dr Dušan Gagić, dipl. ing. rudarstva,
- *redovni profesor Rudarsko geološkog fakulteta u Beogradu*
Dr Mirko Ivković, dipl. ing. rudarstva,
- *vanredni profesor Rudarskog fakulteta u Prijedoru*
- *viši naučni saradnik, Komitet za podzemnu eksploataciju Resavica,*
Srbija

Izdaje:

Univerzitet u Banjoj Luci, Rudarski fakultet Prijedor

Tiraž: 100 primjeraka

Štampa: "Sion Press" Doboj

Odlukom Nastavno - Naučnog vijeća Rudarskog fakulteta Prijedor, Univerziteta u Banjoj Luci rukopis je odobren za štampanje kao univerzitetski udžbenik.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

622.272(075.8)

МАЈСТОРОВИЋ, Слободан

Metode podzemne eksploatacije / S. Majstorović, J. Miljanović, D. Tošić. -
Prijeđor : Univerzitet u Banjoj Luci, Rudarski fakultet, 2019 (Doboj : Sion Press). - 365
str. : ilustr. ; 30 cm

Tiraž 100. - Bibliografija: str. 361-364.

ISBN 978-99976-781-0-2

1. Миљановић, Јово [аутор] 2. Тошић, Дражана [аутор]

COBISS.RS-ID 8167704

SADRŽAJ:

PREDGOVOR	5
1. OPŠTI DIO	7
1.1. SPECIFIČNOSTI LEŽIŠTA	
MINERALNIH SIROVINA	7
1.2. PODJELA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA	7
1.2.1. SLOJEVITA LEŽIŠTA	10
1.2.2. NESLOJEVITA ILI RUDNA LEŽIŠTA	15
1.3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE STIJENA	18
1.4. FIZIČKO-MEHANIČKE KARAKTERISTIKE	
RADNE SREDINE	21
1.4.1. PRIMARNO NAPONSKO STANJE	27
1.4.2. KLASIFIKACIJA STIJENSKE MASE	38
1.5. REZERVE MINERALNIH SIROVINA	39
2. TEHNOLOŠKI PROCESI	
PODZEMNE EKSPLOATACIJE	43
2.1. BUŠENJE I MINIRANJE NA OTKOPIMA	43
2.1.1. BUŠAČI ČEKIČI	44
2.1.2. BUŠAČE GARNITURE	54
2.1.3. PRORAČUN PARAMETARA MINIRANJA NA OTKOPIMA	61
2.2. DEZINTEGRACIJA RAZLIČITIM MEHANIZMIMA	66
2.2.1. KOPANJE	66
2.2.2. PODSIJECANJE	73
2.2.3. STRUGANJE	79
2.2.4. REZANJE	86
2.2.4.1. Otkopne mašine za rad na širokom čelu	88
2.2.4.2. Otkopne mašine za rad u komorama	93
2.3. UTOVAR I TRANSPORT NA OTKOPIMA	98
2.3.1. UTOVARNE LOPATE SA SANDUKOM	100
2.3.2. UTOVARNO-TRANSPORTNE MAŠINE	
SA KAŠIKOM	102
2.3.3. UTOVARNE MAŠINE SA SKREPEROM	104
2.3.4. KONTINUIRANI UTOVAR	
I UKLANJANJE MATERIJALA	107
2.3.4.1. Utovarne mašine kontinuiranog načina rada	107
2.3.4.2. Grabuljasti transporteri	110
2.4. PODGRAĐIVANJE OTKOPA	113
2.4.1. INDIVIDUALNA ILI POJEDINAČNA PODGRADA	114
2.4.1.1. Drvena podgrada	114
2.4.1.2. Metalna podgrada	116
2.4.2. POLUMEHANIZOVANA PODGRADA	119

2.4.3. MEHANIZOVANA PODGRADA	120
2.4.4. ANKERI	134
2.4.4.1. Ekspanzioni ankeri	135
2.4.4.2. Adhezioni ankeri	137
2.4.4.3. Proračun elemenata podgrađivanja ankerima	141

3. PODZEMNI PRITISCI

I UPRAVLJANJE KROVINOM	143
3.1. TEORIJA SVODA	145
3.2. TEORIJA GREDE	148
3.3. TEORIJA STEPENASTOG ZARUŠAVANJA	153
3.4. TEORIJA O RADIJALNIM POMACIMA	155
3.5. UPRAVLJANJE KROVINOM	157
3.5.1. UPRAVLJANJE KROVINOM POTPUNIM KONTROLISANIM ZARUŠAVANJEM	158
3.5.1.1. Deformacije i zarušavanje neposredne krovine	158
3.5.1.2. Deformacije i zarušavanje osnovne krovine	159
3.5.1.3. Osnovni parametri zarušavanja krovine	160
3.5.2. UPRAVLJANJE KROVINOM DJELIMIČNIM ZARUŠAVANJEM	161
3.5.3. UPRAVLJANJE KROVINOM POTPUNIM ZASIPANJEM OTKOPA	161
3.5.3.1. Dobijanje stijenskog materijala za zasipavanje otkopa	162
3.5.3.2. Načini ugradnje zasipa	162
3.5.4. UPRAVLJANJE KROVINOM DJELIMIČNIM ZASIPAVANJEM	167
3.5.5. UPRAVLJANJE KROVINOM PODGRAĐIVANJEM	167
3.5.6. UPRAVLJANJE KROVINOM POSTEPENIM SPUŠTANJEM KROVINE	168
3.5.7. UPRAVLJANJE KROVINOM ZAŠTITNIM STUBOVIMA	168
3.5.7.1. Dimenzionisanje zaštitnih stubova	170
3.5.7.1.1. Dimenzionisanje zaštitnih stubova kod horizontalnih i blago nagnutih ležišta	170
3.5.7.1.2. Nosivost stubova	171
3.5.8. KOMBINOVANO UPRAVLJANJE KROVINOM	173

4. OTVARANJE LEŽIŠTA	175
4.1. PROSTI NAČINI OTVARANJA JAMSKOG POLJA	181
4.1.1. OTVARANJE LEŽIŠTA HORIZONTALNIM PROSTORIJAMA – POTKOPIMA	181
4.1.2. OTVARANJE LEŽIŠTA KOSIM PROSTORIJAMA	184
4.1.2.1. Otvaranje ležišta niskopima	184
4.1.2.2. Otvaranje ležišta kosim oknom	187
4.1.2.3. Otvaranje ležišta rampama	188

4.1.3. OTVARANJE LEŽIŠTA	
VERTIKALNIM PROSTORIJAMA - OKNIMA	189
4.2. KOMBINOVANI NAČINI OTVARANJA LEŽIŠTA	195
4.3. POMOĆNI OBJEKTI OTVARANJA	199
4.3.1. NAVOZIŠTA	199
4.3.2. IZVOZIŠTA	204
5. RAZRADA I PRIPREMA LEŽIŠTA	207
5.1. RAZRADA I PRIPREMA SLOJEVITIH LEŽIŠTA	208
5.1.1. HORIZONTALNA ŠEMA RAZRADE I PRIPREME	209
5.1.2. PANELNA ŠEMA RAZRADE I PRIPREME	211
5.1.3. ETAŽNA ŠEMA RAZRADE I PRIPREME	215
5.2. RAZRADA I PRIPREMA	
NESLOJEVITIH LEŽIŠTA	217
5.2.1. PANELNI NAČIN RAZRADE I PRIPREME	217
5.2.2. ETAŽNI NAČIN RAZRADE I PRIPREME	219
5.3. PROSTORIJE RAZRADE I PRIPREME	221
5.3.1. HORIZONTALNE PROSTORIJE	
RAZRADE I PRIPREME	221
5.3.2. VERTIKALNE I KOSE PROSTORIJE RAZRADE I	
PRIPREME	226
6. OTKOPAVANJE LEŽIŠTA	231
6.1. EKSPLOATACIONA SVOJSTVA LEŽIŠTA	233
6.2. KLASIFIKACIJA METODA OTKOPAVANJA	237
6.3. METODE OTKOPAVANJA SLOJEVITIH LEŽIŠTA	241
6.3.1. METODE OTKOPAVANJA KRATKIM ČELOM	245
6.3.1.1. STUBNE METODE OTKOPAVANJA	245
6.3.1.2. METODE KOMORNO STUBNOG OTKOPAVANJA	259
6.3.2. METODE OTKOPAVANJA ŠIROKIM ČELOM	270
6.3.2.1. METODE NEMEHANIZOVANOG	
OTKOPAVANJA ŠIROKIM ČELOM	273
6.3.2.2. METODE MEHANIZOVANOG	
OTKOPAVANJA ŠIROKIM ČELOM	279
6.4. METODE OTKOPAVANJA	
NESLOJEVITIH (RUDNIH) LEŽIŠTA	288
6.4.1. METODE OTKOPAVANJA BEZ PODGRAĐIVANJA	288
6.4.1.1. KOMORNO STUBNE METODE OTKOPAVANJA	289
6.4.1.2. POĐETAŽNE METODE OTKOPAVANJA	295
6.4.1.3. METODE SA MAGAZIONIRANJEM RUDE	306
6.4.2. METODE OTKOPAVANJA SA PODGRAĐIVANJEM	316
6.4.2.1. METODE OTKOPAVANJA SA ZASIPAVANJEM	
OTKOPANIH PROSTORA	317
6.4.2.2. METODE OTKOPAVANJA SA	
PODGRAĐIVANJEM I ZASIPAVANJEM	322

6.4.2.3.METODE OTKOPAVANJA PODGRAĐIVANJEM OTVORENIH OTKOPA	328
6.4.3. METODE OTKOPAVANJA SA ZARUŠAVANJEM	330
6.4.3.1. METODE OTKOPAVANJA SA ZARUŠAVANJEM KROVINSKIH STIJENA	331
6.4.3.2.METODE OTKOPAVANJA SA ZARUŠAVANJEM RUDE I KROVINE	334
7.TEHNO - EKONOMSKI POKAZATELJI	
METODA OTKOPAVANJA	355
7.1.GUBICI I ISKORIŠTENJE RUDE	356
7.2.OSIROMAŠENJE RUDE	357
7.3.KOEFICIJENT PRIPREME	358
7.4.PRODUKTIVNOST METODE OTKOPAVANJA I KAPACITET PROIZVODNJE	358
7.5.OTKOPNI UČINCI	359
7.6.NORMATIVI	359
LITERATURA	361

PREDGOVOR

Dvije trećine neobnovljivih resursa svijeta čine mineralne sirovine. Na osnovi sadašnjih saznanja oko 75% korisne mineralne sirovine morati će se u budućnosti otkopavati podzemnom eksploatacijom (klasičnim metodama otkopavanja ili geotehničkim – bušotinskim metodama).

Na osnovi procjena, danas se u svijetu podzemnom eksploatacijom dobija oko 50% metala, 25% nemetala i 30% uglja. Najkvalitetnija ležišta ruda metala i nemetala nalaze se na dubinama većim od 500 m: oko 25% ruda bakra i boksita, oko 90% ruda olova i cinka, te oko 80% soli.

Iscrpljenost ležišta površinskom eksploatacijom navodi nas na uvođenje novih tehnoloških postupaka u podzemnoj eksploataciji, koji će biti okosnica 21. i 22. vijeka.

Podzemna eksploatacija ležišta mineralnih sirovina u čvrstim stijenama, danas i u narednom periodu će doživjeti svoju renesansu. Postoje brojni razlozi koji uslovljavaju ovakav razvoj, a kao najvažniji mogu da se izdvoje sledeći:

- Raspoloživa ležišta mineralnih sirovina nalaze se na sve većim dubinama i za najveći broj njih ne postoje uslovi koji bi naveli na razmatranje mogućnosti površinske eksploatacije.
- Razvoj mašingradnje i tehnologije podzemnog otkopavanja omogućuje ekonomično otkopavanje sa velikim kapacitetima i sa malim učešćem ljudskog rada.
- Rastuća ekološka svijest čovječanstva i prijeteci kolaps planete najsnažnije favorizuju podzemnu eksploataciju tako da se danas u Mediteranskom dijelu Evrope i kameni blokovi, kao tradicionalni proizvod površinske eksploatacije, uglavnom dobivaju podzemnim otkopavanjem.

U daljnjem razvoju podzemne eksploatacije mineralnih sirovina posebnu pažnju treba pokloniti:

- sigurnosti u rudnicima
- određivanju optimalne veličine jamskog polja i načina otvaranja
- izradi i podgrađivanju jamskih prostorija
- metodama otkopavanja
- transportu otkopanih masa
- osvajanje novih tehnologija dezintegracije stijenske mase
- automatizaciji i robotizaciji tehnoloških procesa,

Raznolikost prirodnih formi (oblika) ležišta mineralne sirovine, specifični načini pojavljivanja pojedinog orudnjenja, kao i razvoj tehnologije podzemnog otkopavanja polučili su brojne teoretske i praktične modele otkopavanja, koji se doslovce ili uz potrebne aplikacije mogu primijeniti na konkretna ležišta. Pri tome su generalno izdvojene metode otkopavanja slojevitih ležišta, koje karakteriše određena regularnost u pojavljivanju (veće prostiranje, standardna debljina, određeni nagib sloja), što omogućava formiranje dužih otkopnih frontova i primjenu kompleksne mehanizacije otkopavanja (tipično za ležišta uglja).

Rudna (magmatska i metamorfna) ležišta više karakteriše opšta neregularnost zbog njihovog načina postanka, načina pojavljivanja i različitog sadržaja korisnih minerala, tako da se usvojeni koncepti otkopavanja prilagođavaju datim prirodnim uslovima. Ovdje se koriste raspoloživa i stečena iskustva te pronalaze novi načini i mogućnosti, kako bi se nepravilna rudna forma što pravilnije, sigurnije i ekonomičnije zahvatila.

Preliminarno su prikazane fizičko-mehaničke karakteristike stijena koje su bitne za pravilno i sigurno vođenje podzemnih otkopa (jamski pritisak, otpori rezanju, otpori kopanju i dr.), a posebno je detaljno opisan i razrađen tehnološki proces otkopavanja (tehnologija dobivanja, upravljanje krovinom, transport iskopine) te prikazana iskoristivost ležišta pri podzemnom otkopavanju.

Poštovanim kolegama Mr Miodragu Čelebiću, dipl.ing.rudarstva i Vladimiru Banoviću, dipl.ing. rudarstva, dugujemo zahvalnost za pomoć prilikom pisanja ove knjige.

Posebno zahvaljujemo cijenjenim recenzentima, uglednim profesorima prof.dr. Dušanu Gagiću i prof.dr. Mirku Ivkoviću, koji su svojim primjedbama, sugestijama i prijedlozima pripomogli da unuverzitetски udžbenik "Metode podzemne eksploatacije" dostigne potreban kvalitet, te obuhvati građu koja će odgovoriti postavljenim zahtjevima da ga, osim kao obvezno štivo za studente, također mogu koristiti rudarski inženjeri u praksi.

Autori: