

**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
RUDARSKI FAKULTET
PRIJEDOR**

Vladimir Todorović

**OPTIMIZACIJA PARAMETARA STUBNOG
SISTEMA OTKOPAVANJA UGLJENIH SLOJEVA U
SLOŽENIM USLOVIMA EKSPLOATACIJE NA
PRIMERU JAME „STRMOSTEN“
RMU „REMBAS“ - RESAVICA**

završni rad

Prijedor, oktobar 2019. god.

Tema: OPTIMIZACIJA PARAMETARA STUBNOG SISTEMA OTKOPAVANJA UGLJENIH SLOJEVA U SLOŽENIM USLOVIMA EKSPLOATACIJE NA PRIMERU JAME „STRMOSTEN“ RMU „REMBAS“ – RESAVICA

Ključne reči:

rudnik

ugalj

metode otkopavanja uglja

stubne metode otkopavanja

miniranje

optimizacija parametara otkopa

Komisija: Prof. dr Mirko Ivković, predsednik
Prof. dr Slobodan Majstorović, mentor
Doc. dr Dražana Tošić, član

Kandidat:
Vladimir Todorović

IZVOD

U ovom završnom radu obrađivana je problematika posvećena definisanju metodologije optimizacije i unapređenja sistema stubnog otkopavanja ugljenih slojeva u složenim uslovima eksploatacije. Pored opšteg razmatranja, vršeno je istraživanje na konkretnom primeru ležišta uglja "Strmosten" RMU "Rembas" - Resavica.

S obzirom na značaj i potrebu za određivanjem racionalnih parametara stubnog sistema otkopavanja, koji je osnovni sistem otkopavanja ugljenih slojeva u podzemnim rudnicima u Srbiji, prišlo se prethodnom sagledavanju problema u celini, povezivanju prirodno-geoloških uslova u ležištu i njihovog uticaja na proizvodne parametre stubnih otkopa i razradi metodološkog postupka optimizacije parametara otkopa.

Na osnovu razmatranog metodološkog pristupa, izvršeno je matematičko modeliranje primenom metodologije određivanja racionalnih parametara otkopa na principu formiranja ekonomsko-matematičkog modela koji se formira analizom jediničnih troškova otkopavanja izmenjivih sa promenom konstruktivnih parametara stubnog otkopa.

Za postavljene globalne okvire istraživanja, određena je sadašnja primena sistema otkopavanja ugljenih slojeva u složenim uslovima eksploatacije, određeni pravci razvoja i unapređenja ovog sistema mehanizovanjem pojedinih tehnoloških faza na otkopu, prvenstveno dobijanja i utovara iskopanog uglja.

Na osnovu rezultata izvršenih istraživanja zaključeno je da se stubni sistem otkopavanja može značajno unaprediti i poboljšati njegove proizvodne i ekonomske performanse, a značajno podići nivo sigurnosti i bezbednosti zaposlenih na otkopima i otkopnim pripremama.

Ključne reči: rudnik, ugalj, metode otkopavanja uglja, stubne metode otkopavanja, miniranje, optimizacija parametara otkopa.

ABSTRACT

This final paper deals with issues devoted to defining the methodology of optimization and improvement of the pile dump system of coal layers in complex conditions of exploitation. In addition to general considerations, a study was carried out on a concrete example of the coal mine "Strmosten" RMU "Rembas" - Resavica.

Given the significance and the need to determine the rational parameters of the pile dredging system, which is the basic system for the extraction of coal layers in the underground mines in Serbia, we have begun to look at the whole problem, linking the natural geological conditions in the reservoir and their influence on the manufacturing parameters of the pincers and elaborate the methodological procedure of optimization of the rupture parameters.

Based on the considered methodological approach, mathematical modelling was performed using the methodology of determining the rational parameters of the rupture on the basis of the formation of the economic-mathematical model that is formed by analysis of the unit costs of excavation that can be changed with the change of constructive parameters of the dental ripple.

For the global research framework set up, the present application of the coal seam removal system in the complex conditions of exploitation, certain directions of development and improvement of this system has been determined by the mechanization of certain technological phases on the digging, primarily the acquisition and loading of excavated coal.

Based on the results of the researches carried out, it was concluded that the dredging system could significantly improve and improve its production and economic performance, and significantly raise the level of safety and security of the employees on discarding and unpacking.

Key words: mining, coal, coal digging methods, pile excavation methods, mining, optimization of ripple parameters.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. METODOLOŠKO-HIPOTETIČKI OKVIRI ISTRAŽIVANJA.....	3
2.1. Predmet i cilj istraživanja u okviru završnog rada.....	3
2.2. Osnovna hipoteza.....	3
2.3. Metode i tehnike koje su primenjene u istraživanju.....	3
2.4. Očekivani rezultati i naučni doprinos.....	4
3. PRIMENJENI SISTEMI OTKOPAVANJA SLOJEVA UGLJA U PODZENIM RUDNICIMA U SRBIJI.....	5
3.1. Opšte napomene o sistemima podzemnog otkopavanja ugljenih slojeva.....	5
3.2. Metode otkopavanja koji se sada koriste u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji.....	6
3.2.1. Stubna „G“ metoda otkopavanja.....	6
3.2.2. Stubna „V“ metoda otkopavanja.....	9
3.2.3. Stubno - komorna metoda otkopavanja.....	11
3.3. Prirodno-geološki i tehničko-tehnološki uslovi eksploatacije uglja u aktivnim podzemnim rudnicima.....	13
3.4. Analiza uticaja prirodno-geoloških uslova na izbor sistema otkopavanja ugljenih slojeva.....	15
3.4.1. Ograničenje u prostoru.....	15
3.4.2. Broj slojeva za eksploataciju.....	15
3.4.3. Rezerve uglja.....	15
3.4.4. Hemijsko-tehnološke osobine uglja.....	16
3.4.5. Tektonska struktura ležišta.....	16
3.4.6. Hidrološke karakteristike ležišta.....	16
3.4.7. Slojevitost i struktura masiva.....	17
3.4.8. Debljina ugljenog sloja.....	17
3.4.9. Ugao pada ugljenog sloja.....	18
3.4.10. Gasni (metanski) uslovi.....	18
3.4.11. Samozapaljivost uglja.....	19
3.4.12. Svojstva ugljene prašine.....	20
3.4.13. Izboji gasa i materijala.....	20
3.4.14. Struktura ugljenih slojeva.....	21
3.4.15. Struktura uglja.....	21

3.4.16. Tekstura uglja.....	22
3.4.17. Fizičko-mehanička svojstva uglja.....	22
4. RAZMATRANJA OSNOVA SISTEMA PODZEMNOG OTKOPAVANJA UGLJEVIH SLOJEVA.....	23
4.1. Principi koncentracije otkopavanja.....	23
4.2. Metode otkopavanja.....	25
4.3. Tehnologija otkopavanja uglja.....	26
4.3.1. Tehnologija otkopavanja rezanjem	26
4.3.2. Tehnologija otkopavanja struganjem.....	27
4.3.3. Tehnologija otkopavanja miniranjem	28
4.3.4. Tehnologija otkopavanja podsecanjem.....	28
4.4. Upravljanje krovinom	29
4.4.1. Upravljanje krovinom zarušavanjem	29
4.4.2. Upravljanje krovinom zapunjavanjem.....	30
4.4.3. Upravljanje krovinom sigurnosnim stubovima.....	31
4.5. Vođenje otkopavanja.....	31
4.5.1. Pravac otkopavanja	31
4.5.2. Redosled otkopavanja	31
4.5.3. Raspored otkopavanja.....	32
4.5.4. Smer otkopavanja.....	32
4.6. Dimenzioni parametri otkopa.....	32
4.6.1. Visina otkopa	32
4.6.2. Brzina napredovanja otkopnog fronta.....	33
4.6.3. Dužina otkopa i otkopnog polja	33
5. OPTIMIZACIJA PARAMETARA STUBNOG SISTEMA OTKOPAVANJA UGLJENIH SLOJEVA.....	35
5.1. Optimizacija parametara otkopa	35
5.2. Optimizacija parametara stubnog otkopa.....	36
5.2.1. Područje primene	36
5.2.2. Opis stubne metode otkopavanja	36
5.2.3. Kapacitet stubnih otkopa.....	38
5.2.4. Troškovi proizvodnje kod stubne otkopne baterije.....	47
5.2.5. Troškovi proizvodnje stubnog otkopa	53

5.2.6. Ekonomsko-matematički model troškova proizvodnje stubnog otkopa sa metodom DBM.....	54
6. OPTIMIZACIJA PARAMETARA STUBNOG SISTEMA OTKOPAVANJA U RUDNIKU „STRMOSTEN“	55
6.1. Dosadašnji način otkopavanja ugljenih slojeva u jami „Strmosten“	55
6.2. Kapacitet proizvodnje i učinci	55
6.3. Potreba izmene sada primenjene metode otkopavanja	56
6.4. Prirodno-geološki uslovi eksploatacije u ležištu uglja „Strmosten“	58
6.4.1. Vrsta mineralne sirovine	58
6.4.2. Rezerve i kvalitet uglja	58
6.4.3. Istraženost ležišta	58
6.4.5. Geološka građa ležišta	59
6.4.6. Tektonika ležišta	63
6.4.7. Hidrogeološke karakteristike ležišta	63
6.5. Prikaz tehničko-tehnoloških uslova eksploatacije u jami „Strmosten“	64
6.5.1. Primenjena metoda i tehnologija otkopavanja	64
6.5.2. Transport iskopine i doprema repro materijala	64
6.5.3. Provetranje jame "Strmosten"	64
6.5.4. Odvodnjavanje jame	65
6.5.5. Snabdevanje pogonskom energijom	65
6.6. Način otkopavanja uglja u probnom otkopnom polju.....	66
6.6.1. Opis dela ležišta za probno otkopavanje.....	66
6.6.2. Otkopavanje u bloku I.....	68
6.6.3. Fizičko-mehaničke karakteristike podine, sloja i krovine	70
6.6.4. Tehnički opis i geometrija metode u bloku I	72
6.6.5. Prednosti nove otkopne metode	73
6.6.6. Otkopna priprema	75
6.6.7. Utovar i odvoz uglja sa otkopa	77
6.6.8. Doprema opreme i repromaterijala	78
6.6.9. Provetranje otkopa.....	78
6.7. Uporedni parametri modifikovanog sistema otkopavanja u probnom otkopnom polju sa postojećim sistemom	78
6. ZAKLJUČAK	82
LITERATURA.....	84

1. UVOD

U podzemnim rudnicima uglja otkopavanje je osnovna faza procesa eksploatacije uglja koja primarno utiče i na ostale faze procesa podređivajući ih svom cilju.

Sistem otkopavanja (metoda i tehnologija otkopavanja) znatno utiču na način otvaranja ležišta, dok sistem priprema u potpunosti zavisi od metode otkopavanja. Činjenica je da od načina otkopavanja zavisi u najvećoj meri sigurnosna, tehnička i ekonomska efikasnost čitavog procesa eksploatacije u podzemnom radniku.

U sada aktivnim podzemnim rudnicima uglja u Srbiji primenjivana su brojna i specifična rešenja sistema otkopavanja kamenog uglja, mrkog uglja i lignita, sa težnjom da se prilagode prirodno-geološkim uslovima u ležištu.

Najširu primenu imale su stubne i stubno-komorne metode sa tehnologijom dobijanja uglja miniranjem, a u nekim rudnicima primenjivana je i metoda širokih čela sa kompleksnom mehanizacijom. Danas su isključivo u primeni stubne metode otkopavanja, izuzev u rudnicima "Soko" i "Štavalj" gde je u primeni stubno-komorna metoda.

Ove metode se odlikuju niskom proizvodnošću i produktivnošću, uz povećan rizik od povredjivanja zaposlenih na otkopu.

Sa druge strane u većini sada aktivnih podzemnih rudnika uglja u Srbiji usled izraženih tektonskih poremećaja veoma je mali broj otkopnih polja (blokova) takvih dimenzija da je u njima racionalna primena metoda širokih čela sa kompleksnom mehanizacijom.

Na izbor racionalnih sistema otkopavanja u našim podzemnim rudnicima odlučujući uticaj imaju prirodno-geološki uslovi eksploatacije. S obzirom da se na njih ne može direktno uticati to tehničko-tehnološka rešenja sistema otkopavanja moraju biti adaptivna sa prirodno-geološkim uslovima.

U suštini, u narednom periodu u većini sadašnjih rudnika zadržaće se stubni sistem otkopavanja, a koji se treba modifikovati i osavremeniti mehanizovanjem određenih radnih faza i operacija na otkopu.

Sobzirom na širinu, značaj i potrebu za određivanjem racionalnih parametara stubnog otkopa, koji se primenjuje u složenim uslovima eksploatacije, u ovom radu se prišlo prethodnom istraživanju problema u celini, povezivanju i definisanju prirodno-geoloških uslova i njihovog uticaja na dimenzionisanje stubnog otkopa koji je sada u primeni, te pravcima mehanizovanja i razradi metodološkog postupka njegove optimizacije, a što je u osnovni predmet istraživanja.

Šire područje istraživanja su sada aktivni podzemni rudnici u Republici Srbiji, a uže ležište rudnika "Strmosten" iz sastava RMU "Rembas" Resavica.

Mnogi naši istraživači bavili su se istraživanjima u oblasti optimizacije glavnih parametara otkopa sa tehničko-ekonomskog i geomehaničkog aspekta za uslove primene metoda širokih čela, za primenu mehanizovane stubne metode otkopavanja nema opšte prihvaćene metodologije optimizacije glavnih parametara.

U poslednjih par decenija je sve šira primena i razvoj matematičko-analitičkih metoda modeliziranja tehnološkog procesa na otkopu kao najpovoljnijih metoda za

optimizaciju tehničkih rešenja i ekonomskih efekata. Na ovaj način istražuje se istovremeno uticaj većeg broja prirodno-geoloških i tehničko-tehnoloških faktora koji su prisutni u sistemu proizvodnje na otkopu.

Optimizacija obuhvata iznalaženje najboljih projektnih rešenja, odnosno izbor jedne od mogućih alternativnih tehnoloških šema, u konkretnom slučaju stubnog sistema otkopavanja i predstavlja izbor varijante perspektivnog ponašanja ili stanja otkopa. Optimalno rešenje predstavlja najbolje rešenje po određenim kriterijumima optimalnosti.

Otkopni radovi se karakterišu zajedničkim optimiziranjem izbora metode i tehnologije otkopavanja, načina mehanizovanja, upravljanja krovinom, odnosno određivanje dimenzionih parametara otkopa, proizvodnosti, produktivnosti i proizvodne cene [7].

2. METODOLOŠKO-HIPOTETIČKI OKVIRI ISTRAŽIVANJA

2.1. Predmet i cilj istraživanja u okviru završnog rada

Predmet istraživanja je analiza primenjene stubne metode otkopavanja sa tehnologijom dobijanja miniranjem i određivanje mehanizovanja pojedinih faza rada i operacija na stubnom otkopu, te definisanje metodologije optimizacije tehničkih i ekonomskih parametara.

Cilj istraživanja je da se dokaže opravdanost modifikacije i osavremenjavanja stubnih sistema otkopavanja.

2.2. Osnovna hipoteza

Osnovna hipoteza u istraživanju pri izradi ovog završnog rada sadržana je u tezi: „što je zastupljenija mehanizovanost tehnoloških faza sistema otkopavanja ugljenih slojeva, to su povoljniji tehničko-tehnološki, ekonomski i sigurnosni parametri“.

2.3. Metode i tehnike koje su primenjene u istraživanju

U cilju dobijanja potrebnih rezultata i podataka u radu da su najviše korišćene sledeće metode:

- metoda sinteze i analize,
- analitička metoda,
- metoda komparativne analize,
- empirijska metoda,
- metoda indukcije i dedukcije,
- sintetička metoda

U prikupljanju potrebnih podloga i podataka korišćene su sledeće metode i tehnike:

- analiza stanja dokumenata i to primarne i sekundarne građe, i
- posmatranje.

Ove metode zadovoljavaju osnovne metodološke zahteve: objektivnost, pouzdanost, opštost i sistematičnost.

Metoda sinteze i analize korišćena je za celovito, sistematsko i objektivno prikazivanje stanja i problema u oblasti primene stubnih sistema otkopavanja u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji.

Analitički metoda korišćena je za analizu sadržaja relevantne tehničke dokumentacije vezane za aktivne rudnike, u prvom redu projektne, tehničke i investicione dokumentacije.

Metodom komparativne analize vršeno je poređenje rezultata sada primljenog sistema stubnog otkopavanja i očekivanih rezultata nakon osavremenjavanja i primene mehanizovanog stubnog otkopavanja.

Empirijska metoda. Ova metoda je korišćena za poređenje teoretskih postavki sa iskustvenim podacima.

Metode indukcije i dedukcije imale su za cilj da istraživanje usmere od opšteg ka pojedinačnom i obratno, kako bi se izvršila sistematizacija znanja vezanih za predmet istraživanja i formirali odgovarajući zaključci.

Sintetička metoda je korišćena u cilju objedinjavanja prethodno navedenih metoda i uobličavanja rada u jedinstvenu formu.

2.4. Očekivani rezultati i naučni doprinos

Izvršenim istraživanjima dokazna je potreba i istaknut značaj osavremenjavanja sistema stubnog otkopavanja ugljenih slojeva podzemnim načinom u aktivnim ležištima uglja u Srbiji, kojima nije racionalna primena metoda širokih čela sa mehanizovanim kompleksom.

Naučni doprinos sadržan je u metodološkom postupku optimizacije parametara stubnog sistema otkopavanja.

Društveni doprinos ogledaće se u održivom razvoju podzemnih rudnika uglja u Srbiji, pri čemu se zadovoljavaju potrebe tržišta za kvalitetnim ugljem i povećati zaposlenost nove radne snage, te poboljšati socijalni i ekonomski položaj stanovništva u lokalnim zajednicama u kojima egzistiraju podzemni rudnici uglja.

3. PRIMENJENI SISTEMI OTKOPAVANJA SLOJEVA UGLJA U PODZENIM RUDNICIMA U SRBIJI

3.1. Opšte napomene o sistemima podzemnog otkopavanja ugljenih slojeva

Otkopavanje je osnovna faza procesa eksploatacije uglja koja najvećim delom utiče i na ostale faze procesa podzemne eksploatacije uglja podređujući ih svom krajnjem cilju. Od načina otkopavanja zavisi sigurnosna, tehnička i ekonomska efikasnost eksploatacije uglja u nekom rudniku, što mu daje poseban značaj.

Uopšteno, metode otkopavanja ugljenih slojeva, po svojim glavnim karakteristikama procesa dobijanja grupisane su na:

1. širokočelne metode otkopavanja,
2. stubne metode otkopavanja,
3. stubno-komorne metode otkopavanja.

Širokočelnim metodama najviše se otkopavaju horizontalni i blago nagnuti slojevi uglja, male, srednje i velike debljine, kao i strmi slojevi pod posebnim uslovima. Glavni uslov za primenu metoda širokih čela je racionalna dužina otkopnog polja po pružanju.

Stubne metode otkopavanja ugljenih slojeva primenjuju se u složenim uslovima eksploatacije, pri čemu su izraženi tektonski uslovi u kojim su dužine otkopnih polja (blokova) po pružanju relativno male i neracionalne za primenu metoda širokih čela.

Vezano za stubne metode je karakteristično upravljanje krovinom i to postupkom zarušavanja, a sam proces dobijanja se vrši tehnologijom miniranja.

Varijante metoda stubnog otkopavanja zasnivaju se na različitim oblicima otkopnih stubova, različitog pravca i vođenja otkopnog fronta.

Stubno-komorne metode primenjuju se kod otkopavanja slojeva uglja sa kompaktnim ugljem i krovinom koja može podneti veća specifična opterećenja na pritisak.

Prednost ove metode je jednostavan i efikasan način podgrađivanja komora visećom podgradom čime se stvaraju veoma povoljni uslovi za postizanje povećane brzine napredovanja otkopnog fronta.

Specifičnost ove metode i varijantna tehnološka rešenja, koja ona dopušta, sastoji se pre svega u dobijanju uglja kombinacijom podsecanja, miniranja i kontinualnog otkopavanja.

Kod metoda otkopavanja primenjuju se različite tehnologije dobijanja uglja, a najširu primenu imaju:

- tehnologija otkopavanja miniranjem,
- tehnologija otkopavanja podsecanjem,
- tehnologija otkopavanja struganjem,
- tehnologija otkopavanja rezanjem.

Osnovni parametri za ocenu i poređenje metoda otkopavanja su:

- nivo prosečne dnevne proizvodnje (t/dan),
- otkopni učinak zaposlenih na otkopu (t/nadnici),
- cena koštanja proizvoda na otkopu (din/t).

Ostali parametri kao i dužina i visina otkopa, dnevno napredovanje otkopa, primenjena mehanizacija, zaposlenost, organizacija rada, normativi potrošnje repromaterijala, otkopni gubici i iskorišćenost otkopnog fronta direktno utiču na rezultate osnovnih parametara.

Grupu glavnih dimenzionih parametara otkopa čine:

- visina otkopa,
- dužina otkopa i otkopnog polja,
- brzina napredovanja otkopnog fronta.

Kod primene određene metode otkopavanja principijelno je važno vođenje otkopavanja, a koje se karakteriše u sledećem:

- pravac otkopavanja,
- redosled otkopavanja,
- smer otkopavanja,
- redosled otkopavanja.

Najčešće primenjivani pravac otkopavanja je po pravcu pružanja sloja, pri čemu se radni front otkopa postavlja po pravcu sloja, a samo napredovanje je po pružanju.

Prema smeru otkopavanja, razlikuju se uzlazni i silazni smer. Silazni smer je pri otkopavanju horizonata u otkopnom polju pri čemu se započinje od gornjih ka donjim.

3.2. Metode otkopavanja koji se sada koriste u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji

U uslovima ležišta uglja u Srbiji primenjivana su brojna i specifična tehničko-tehnološka rešenja procesa podzemnog otkopavanja ugljenih slojeva uz stalna nastojanja da se što više prilagode uslovima svakog ležišta. Sada se u aktivnim rudnicima primenjuju isključivo stubne metode otkopavanja, izuzev rudnicima „Soko“ i „Štavalj“ gde se primenjuju stubno-komorne metode otkopavanja.

3.2.1. Stubna „G“ metoda otkopavanja

Princip otkopavanja „G“ metodom sastoji se u otkopavanju pripremljenih stubova i to samo na jednu stranu, od starog rada prethodno otkopanog stuba ili prirodne granice. Stub širine 10 m i osnovne dužine 40 - 60 m otkopava se otkopima koji se izrađuju po pružanju ugljenog sloja i to na odstojanju 4 m od gornjeg prethodnog otkopa ili od prirodne granice, ako se započinje sa otkopavanjem, u povratku dobivanjem uglja iz tog stuba i stropa.

U jednom pružnom stubu u otkopnom polju otkopavanje se organizuje sa više otkopa koji sačinjavaju jednu otkopnu bateriju (obično tri otkopa iz jedne otkopne pripreme i iz koje rade dve detaljne odnosno osnovne pripreme).

Osnovna priprema se sastoji u izradi transportnog i ventilacionog hodnika koji se izrađuju po pružanju sloja i to u podinskom delu sloja.

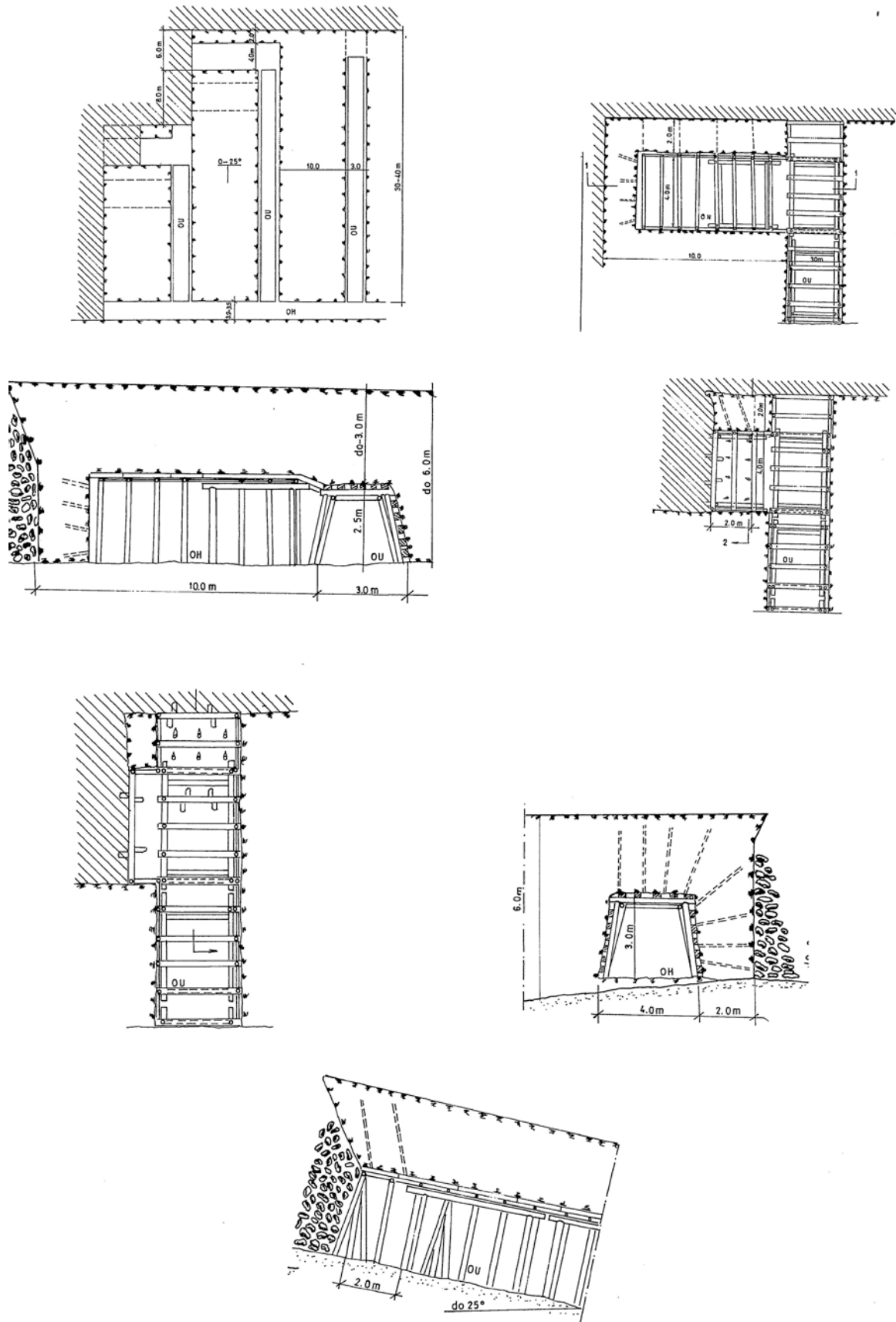
Detaljnu pripremu otkopnog polja sačinjavaju uskopne prostorije, otkopni uskopi, i izrađuju se po usponu ugljenog sloja iz transportnog hodnika, tako da presecaju ventilacioni hodnik i izrađuju se do gornje granice pružnog stuba (stari rad ili prirodna granica). Ove prostorije se izrađuju u podinskom delu sloja.

Sama tehnološka šema otkopavanja po ovoj varijanti vrši se ponavljanjem više faza, i to:

- | | |
|----------------------------|--|
| – prva faza otkopavanja | - izrada otkopnog hodnika |
| – druga faza otkopavanja | - dobivanje uglja iz potkopnog delu bočnog stuba prema starom radu |
| – treća faza otkopavanja | - dobivanje uglja obrušavanjem natkopnog dela pružnog stubu otkopa |
| – četvrta faza otkopavanja | - dobivanje uglja iz natkopnog otkopnog hodnika - otkopa |

Dobivanje uglja kod svih faza vrši se bušačko - minerskim radovima, podgrađivanje je sa drvenom podgradom, a transport iskopine je sa grabuljastim transporterima. Provetranje otkopa je separatno sa cevnim ventilatorima.

Na slici 3.1. je dat šematski prikaz „G“-metode otkopavanja.



Slika 3.1. Šematski prikaz „G“ – metode otkopavanja

3.2.2. Stubna „V“ metoda otkopavanja

Ova metoda otkopavanja pripada grupi metoda kod kojih je samo transport uglja mehanizovan, a sve ostale operacije se izvode ručno.

Osnovna priprema za „V“ metodu otkopavanja sastoji se iz podele otkopnih polja u ležištu na pružne stubove širine 40 - 60 m. Po donjoj ivici stuba, po podini ugljenog sloja izrađuje se transportni hodnik, a po sredini ventilacioni hodnik, tako da stub bude podeljen u dva pojasa. Dužina stubova je promenljiva i zavisi od dužine otkopnog polja.

Transportno-ventilacione prostorije, odnosno osnovice se u toku otkopavanja međusobno povezuju spojnim niskopima radi dalje organizacije transporta i provetravanja.

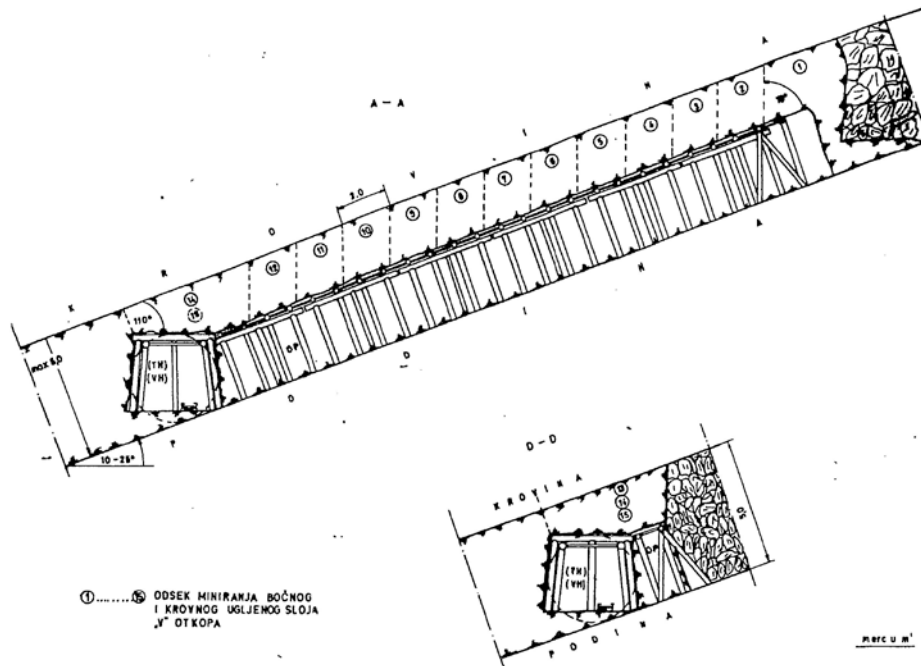
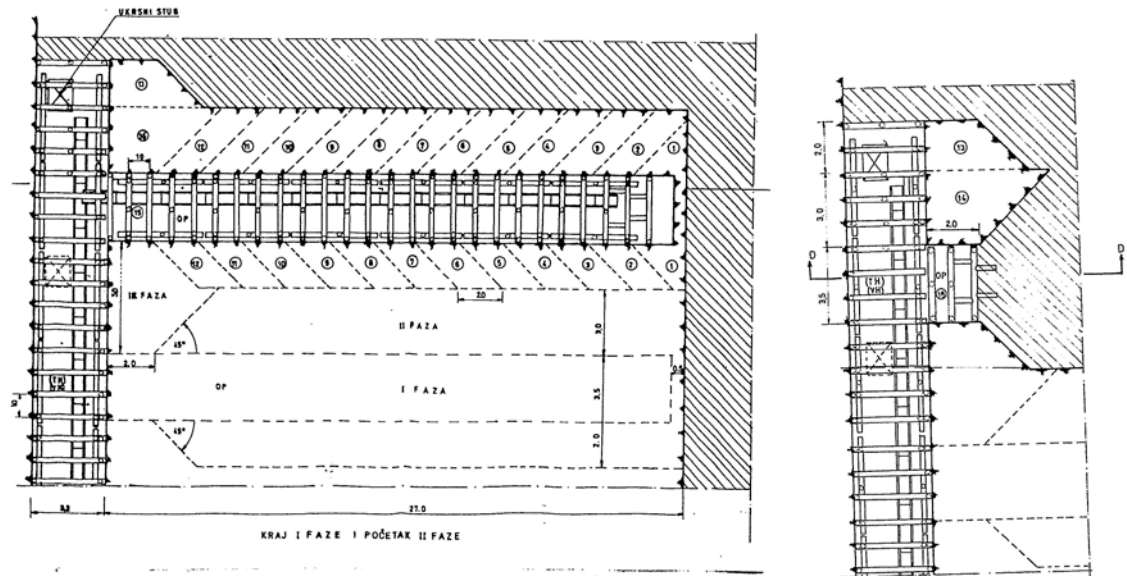
Završetkom izrade osnovne pripreme, izradom transportno-ventilacionih hodnika do granice otkopnog polja i podelom pružnog stuba na nagnute stubove i izradom spojnih niskopa započinje proces otkopavanja uglja.

Dobivanje uglja ovim metodom vrši se u tri faze, i to:

- prva faza otkopavanja - izrada otkopnog uskopa
- druga faza - dobivanje uglja iz bočnih krila u potkopnom i natkopnom delu iznad otkopnog uskopa
- treća faza otkopavanja - dobivanje uglja iz bočnog krila upotkopnom i natkopnom delu iz ventilacionog i transportnog hodnika

Dobivanje uglja kod svih faza vrši se bušačko - minerskim radovima, podgrađivanje je sa drvenom podgradom, a transport uglja je sa grabuljastim transporterima. Proveravanje otkopa je separato sa cevnim ventilatorima i gipkim plastičnim cevovodom.

Na slici 3.2. je dat šematski prikaz „V“-metode otkopavanja.



Slika 3.2. Šematski prikaz V – metode otkopavanja

3.2.3. Stubno - komorna metoda otkopavanja

Stubno - komorna metoda otkopavanja sa prečnim otkopima i zarušavanjem krovnog uglja, zasniva se na fazama šire pripreme - razrade otkopnih etaža i samog otkopavanja.

Razrada etaža, visine cca 9 m, vrši se po pružanju ugljenog sloja pri čemu se obično istovremeno vrši razrada dveju etaža sa po jednim hodnikom na etaži. Ovi hodnici se lociraju sredinom ugljenog sloja kod čega hodnik donje etaže služi za dovod sveže vazdušne struje i kao glavni transportni hodnik, a hodnik gornje etaže služi za odvod istrošene vazdušne struje. Ova dva etažna hodnika se međusobno povezuju uskopima (u izradi na 140 m, a u fazi otkopavanja na po 70 m) radi bolje organizacije transporta i provetravanja.

Nakon završetka izrade otkopnih etaža pristupa se procesu otkopavanja, koje se vrši u dve faze:

- prva faza otkopavanja - izrada otkopnih priprema
- druga faza otkopavanja - dobivanje (obaranje) uglja iz natkopnog dela

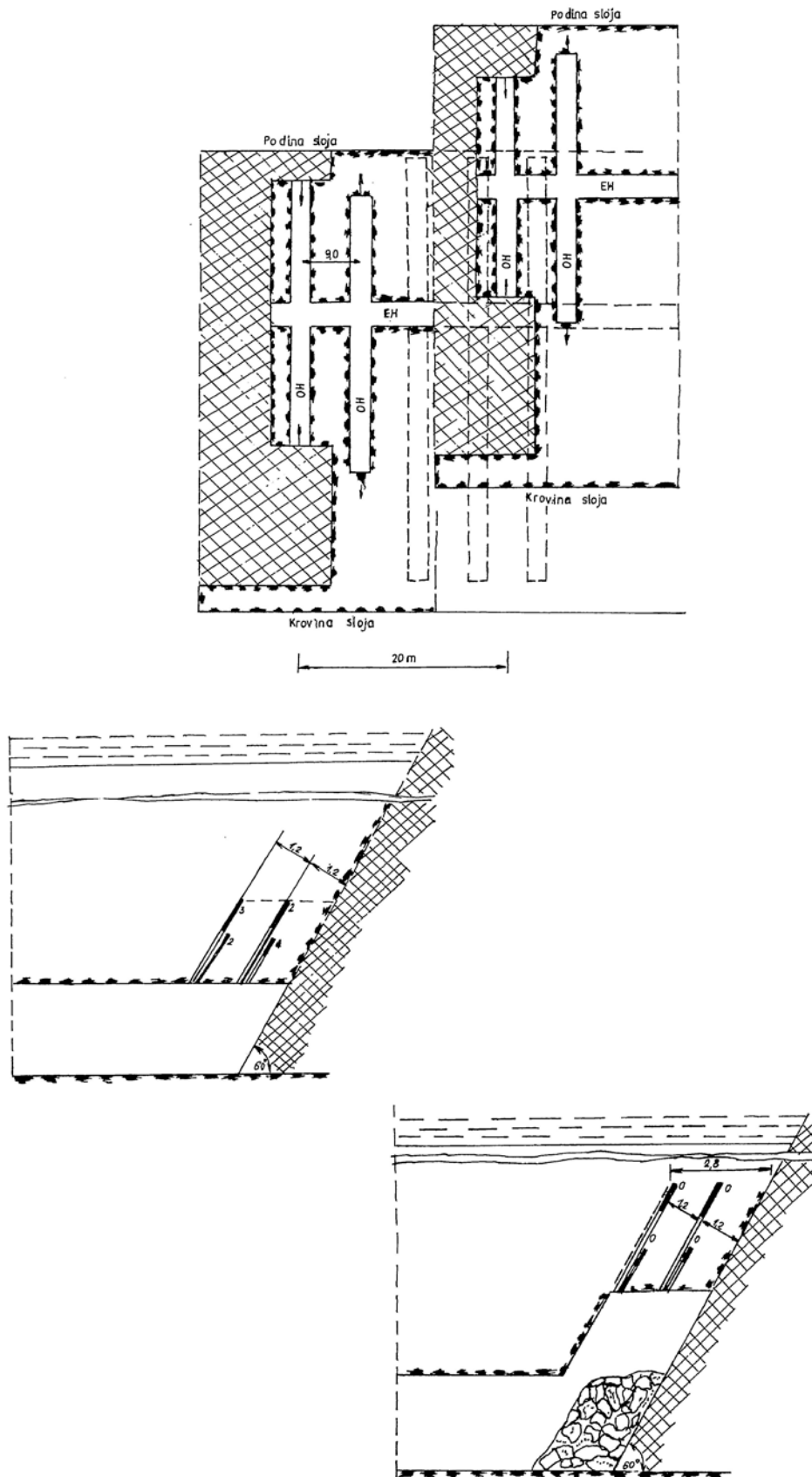
Izrada otkopnih priprema vrši se iz etažnog hodnika prema krovini i prema podini, upravno u odnosu na etažni hodnik, na međusobnom rastojanju od 9 m. Dispozicija otkopnih hodnika na dve susedne etaže je u šahovskom rasporedu, odnosno otkopna priprema donje etaže mora se nalaziti između dveju otkopnih priprema gornje etaže. Krovinske pripreme se rade dok se ne nabuši krovina na rastojanju 1,5 m, a podinske pripreme se rade do podine ugljenog sloja.

Otkopavanje krovnog uglja predstavlja glavnu fazu otkopavanja i vrši se obaranjem miniranjem u dve etape. Prva etapa miniranja krovnog uglja je u stvari proširenje otkopnog hodnika u širinu i visinu čime se stvaraju uslovi za obaranje preostale visine krovnog uglja. Proširenje se izvodi na dužini otkopnog hodnika od 2,8 m što odgovara miniranju sa dva reda minskih bušotina, međusobnog rastojanja od 1,2 m.

Sav minirani ugalj iz prve etape miniranja se ne odvozi već se jedan deo ostavlja da bi poslužio da se sa njega vrši dalje bušenje i miniranje krovnog uglja. Nivo zaostalog uglja od prve etape miniranja je približno u visini krova otkopa hodnika, tako da se obezbedi dovoljno prostora za ulazak u otkop.

Kod ove metode otkopavanja u primeni je tehnologija bušačko - minerskih radova u svim fazama, dok se odvoz uglja vrši dvolančanim grabuljastim transporterima, a provetravanje je separato - kompresionim načinom. Podgrađivanje etažnih hodnika je sa čeličnom lučnom podgradom, dok se otkopni hodnici podgrađuju sa drvenom trapeznom podgradom ojačanom sistemom podvlaka.

Na slici 3.3. je prikazan šematski izgled stubno-komorne metode otkopavanja.



Slika 3.3. Šematski prikaz stubno-komorne metode otkopavanja

3.3. Prirodno-geološki i tehničko-tehnološki uslovi eksploatacije uglja u aktivnim podzemnim rudnicima

Pri izboru racionalnog sistema otkopavanja u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji odlučujući uticaj imaju prisutni uslovi eksploatacije, koji su zbog znatne razlike u geološkoj starosti i intenzivne tektonike u ležištima (tercijarna ležišta uglja umesto karbonskih) razlikuju od drugih rudnika u svetu iz kojih nastojimo da prenesemo mehanizaciju za otkopavanje.

U aktivnim ležištima uglja otkopavaju se pretežno debeli slojevi kamenog uglja (1,5 - 12 m), mrkog uglja (3 - 30 m) i lignita (3 - 15 m).

Može se istaći da su u podzemnim rudnicima teški uslovi za eksploataciju, sa znatnim promenama od ležišta do ležišta, a često i između pojedinih otkopnih polja u istom ležištu. Ove promene posebno dolaze do izražaja sa spuštanjem eksploatacionih radova po dubini.

Imajući u vidu činjenice veoma je bitno detaljno istražiti i definisati uslove eksploatacije kako bi se na osnovu toga mogao odabrati sistem (metoda i tehnologija) otkopavanja.

Česta pojava u aktivnim ležištima je intenzivna tektonika, koja je podelila ležišta na otkopna polja i otkopne blokove različitih dimenzija u kojima variraju debljina i pad ugljenih slojeva.

U stratigrafskom pogledu javljaju se različite strukture, kako u podinskim tako i u krovinskim naslagama ugljenih slojeva, te se kod otkopavanja menjaju i geomehanički uslovi što postavlja posebne zahteve kod izbora odgovarajuće metode otkopavanja, a na osnovu toga i mehanizacije za dobivanje i naročito podgrađivanje otkopa.

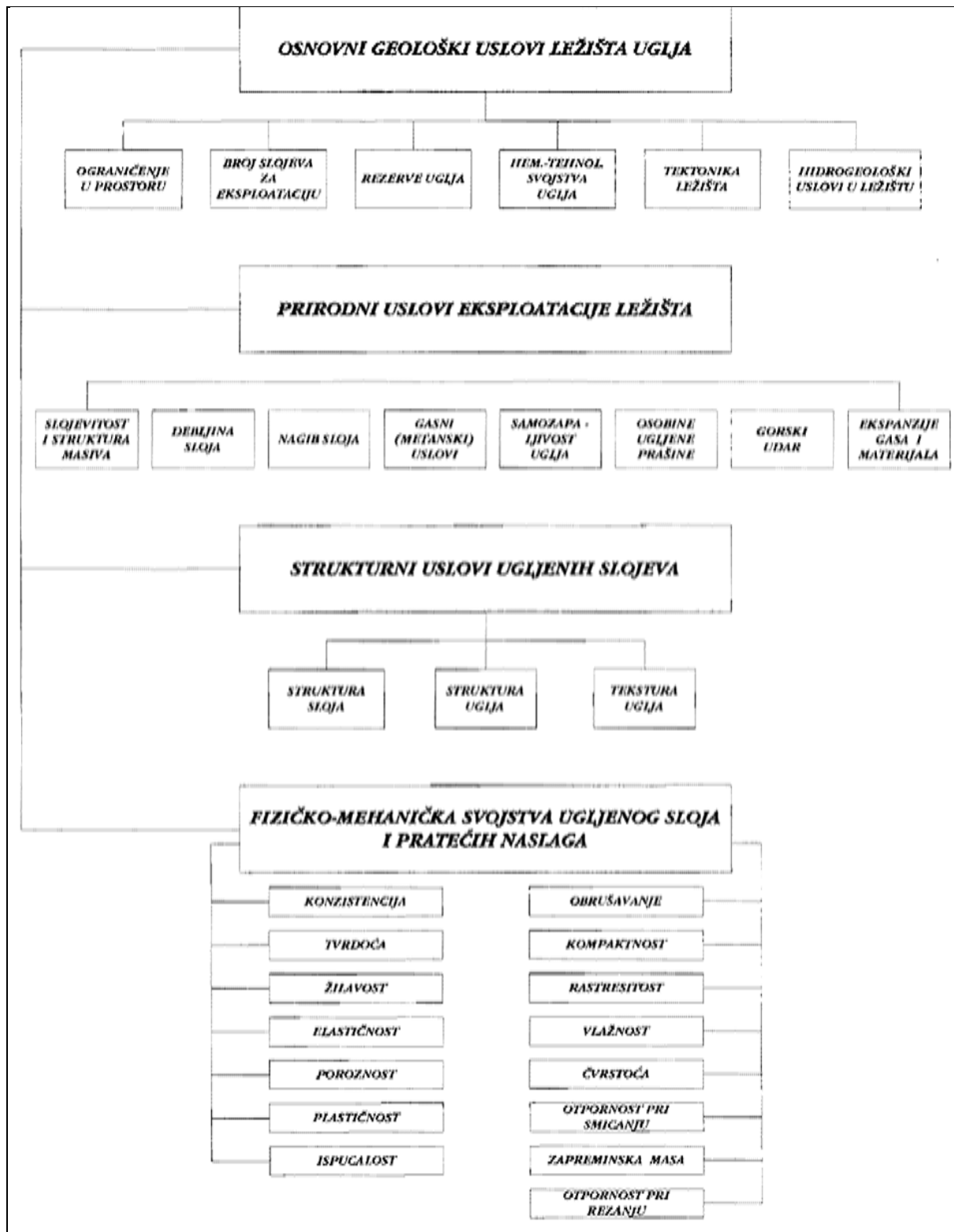
Usled različitih geomehaničkih uslova uticajnih na proces otkopavanja, a pogotovu kod slojeva sa čestom izmenom debljine javlja se potreba za prilagođavanjem visine otkopavanja konkretnim uslovima.

Analizom uslova eksploatacije pokazalo se da zbog tih promena nastupaju i bitne razlike u tehnološkom procesu otkopavanja i načinu upravljanja krovinom, a što se odražava i na metodu otkopavanja.

Pošto se na prirodno-geološke uslove ne može direktno uticati, to tehničko-tehnološki uslovi procesa otkopavanja predstavljaju predmet istraživanja i proučavanja.

Adekvatno uslovima izabrana metoda i tehnologija otkopavanja, najbolja konstrukcija mehanizma za dobivanje i transport, izbor tipa i načina podgrađivanja i upravljanja krovinom, kao i organizacija rada predstavlja niz potencijalnih mogućnosti za poboljšanje efekata otkopavanja. [7]

Sistematizacija prirodno-geoloških uslova uticajnih na izbor sistema otkopavanja prikazan je na slici 3.4.



Slika 3.4. Sistematizacija prirodno-geoloških uslova uticajnih na izbor sistema otkopavanja [7]

3.4. Analiza uticaja prirodno-geoloških uslova na izbor sistema otkopavanja ugljenih slojeva

3.4.1. Ograničenje u prostoru

Grupi slojevitih ležišta pripadaju ležišta uglja i imaju svoje prirodne granice, najčešće zbog složene geološke strukture i izražene tektonike, kao i samih uslova formiranja ležišta.

U prostoru je ograničenje potrebno radi određivanja raspoloživih rezervi za otkopavanje, dok sa stanovišta tehnološkog procesa podzemne eksploatacije je veoma bitno definisanje dubine zaleganja, prostiranja ispod urbanih naselja, vodotokova i objekata, kao i definisanja granica otkopnih polja u ležištu.

3.4.2. Broj slojeva za eksploataciju

Kod otkopavanja u ležištu sa više slojeva, svi slojevi se ne mogu otkopavati u potpunosti jednako i istovremeno. U slučajevima kada su slojevi smešteni u blizini jedan od drugog, računajući po normali na njihove ravni, tada pukotine i rascepi koji se javljaju pri otkopavanju donjih slojeva mogu sprečiti normalno otkopavanje gornjih slojeva ako se ne preduzmu posebne mere.

Posebne mere se sastoje uglavnom u tome da otkopavanje gornjih slojeva prednjači ispred donjih, sa ciljem da nastala pomeranja naslaga usled otkopavanja donjih slojeva ne zahvata otkopne prostore gornjih slojeva.

3.4.3. Rezerve uglja

Jednu od bitnih karakteristika ležišta uglja predstavlja parametar rezervi po kvalitetu i količini.

Sa gledišta tehnološkog procesa i ekonomike eksploatacije, rezerve se razvrstavaju na bilansne, vanbilansne i eksploatacione.

Po stepenu istraženosti, rezerve uglja se razvrstavaju u kategorije A, B, C1, C2, D1 i D2, pri čemu kategorija A ima najveći stepen istraženosti i ona opada prema kategoriji D2. Kategorije A, B i C1 su utvrđene rezerve sa poznatim osnovnim karakteristikama i služe za praćenje (projektovanje) izgradnje proizvodnih kapaciteta, dok kategorije C2, D1 i D2 predstavljaju potencijalne i pretpostavljene rezerve uglja. Prema sadašnjim razmatranjima za ležišta uglja minimalne rezerve treba da osiguraju najmanje vreme eksploatacije od 20 - 25 godina.

Bilansne rezerve obuhvataju rezerve uglja u ležištu koje se mogu poznatim tehničkim rešenjima eksploatacije i prerade rentabilno proizvesti, dok vanbilansne rezerve obuhvataju rezerve uglja koje se ne mogu sada poznatim tehničkim rešenjima eksploatacije i prerade rentabilno proizvesti.

Granica između bilansnih i vanbilansnih rezervi je pomerljiva i zavisi od naučno-tehničkog progressa u oblasti tehnološkog procesa eksploatacije i tehnologije prerade, a pod uticajem je i drugih ekonomskih i vanekonomskih faktora.

Eksploatacione rezerve obuhvataju rezerve dobivene iz bilansnih rezervi umanjene za kvantitativne i kvalitativne gubitke u procesu eksploatacije. Ovi gubici zavise od tehničkih rešenja eksploatacije odnosno od primenjenog sistema otkopavanja.

3.4.4. Hemijsko-tehnološke osobine uglja

Pod ovim osobinama uglja podrazumevaju se rezultati elementarne analize (sadržaji ugljenika, vodonika, kiseonika, azota, sumpora i fosfora) i tehničke analize ugljeva (sadržaji vlage, pepela, volatila, koksa i utvrđivanje toplotne vrednosti).

Navedena ispitivanja mogu imati uticaj na određena rešenja u tehnološkom procesu otkopavanja i to u prvom redu izbora alternative selektivnog ili neselektivnog otkopavanja, izbora materijala za zapunjavanje i određivanje otkopne debljine ugljenog sloja.

3.4.5. Tektonska struktura ležišta

Kod ležišta sa intenzivnom tektonikom u kojima su tektonski pokreti uticali na dimenzije otkopnih polja postavlja se pitanje izbora metode otkopavanja. Naime, kod relativno manjih dimenzija otkopnih polja neracionalna je primena metoda širokočelnog otkopavanja, a što se određuje postupkom optimizacije.

U ležištima složene građe posebnu važnost imaju parametri tektonskih deformacija. Izbor otkopne metode, dužine otkopa i otkopnog polja, tehnologije rada i kapaciteta rada otkopa zavise od geološke narušenosti odnosno učestalosti pomeranja i stepena promene elemenata zaleganja sloja.

Komorne i stubne metode otkopavanja znatno su fleksibilnije za primenu u uslovima izražene tektonske narušenosti.

Sekundarne pukotinske strukture imaju poseban uticaj na izbor mehanizacije i sigurnost rada na otkopu. Stepenu uticaja ovog faktora na opterećenje podgrade, odnosno izbor načina podgrađivanja menja se sa promenom radne sredine. Pored toga tektonske poremećaje obično prate zone sa oslabljenim (zdrobljenim) ugljem i krovinom što ima za posledicu prurušavanja kod otkopa bilo kog tipa, kao i pojave vode i gasova (metan) a što iziskuje potrebu saniranja ovih pojava i sporije napredovanje otkopnog fronta u ovim zonama.

3.4.6. Hidrološke karakteristike ležišta

Parametri odvodnjenosti ležišta, hidrostatičke, hidrodinamičke i druge hidraulične karakteristike podzemnih voda i kolektora imaju izuzetan značaj za ležišta uglja sa podzemnom eksploatacijom.

Vodonosna ležišta potrebno je odvodnjavati i to u fazama pre otvaranja sistemom bunara, u fazi otvaranja sistemom filtera i u fazi eksploatacije sistemom stabilnih pumpnih postrojenja.

Prodori vode u otkopni prostor ili druge delove jama mogu nastati:

- iz podzemnih izolovanih akumulacija,
- iz nadzemnih tokova kroz pukotine i deformacije u krovini slojeva,
- prodori vode sa tekućim peskom

Kod otkopavanja ugljenih slojeva moraju se isključiti prodori vode u otkope, te se kod vodjenja tehnološkog procesa ostavljaju neotkopane ploče u krovini ili podini, ili neotkopani stubovi. Od dotoka vode zavisi i način vodjenja otkopne fronte po usponu ili pružanju sloja. Pored prodora vode veoma bitno je kod primene

širokočelnog otkopavanja sa kompleksnom mehanizacijom u uslovima glinovite podine sprečiti dotok vode jer pod uticajem vode glina se rastače i izaziva tonjenje podgrade.

3.4.7. Slojevitost i struktura masiva

Bitan faktor za proces otkopavanja predstavljaju karakteristike i sastavi neposredne i osnovne krovine i podine, kao i utvrđivanje litološkog sastava ležišta. Naime, utvrđivanje litološkog sastava, slojevitosti, i analiza fizičko- mehaničkih svojstava i njegovih članova je presudno za modeliranje i proračun mehanizma zarušavanja pri procesu otkopavanja.

Sastav osnovne i neposredne krovine, kompaktnost, konzistencija, uticaj vlage i nosivost su vrlo uticajni faktori na izbor načina podgrađivanja otkopa.

Neposredna krovina predstavlja deo stenskog masiva koji direktno naleže na ugljeni sloj, a proces njenog zarušavanja zavisao je od petrografskog sastava, proslojaka slabo vezanog materijala, mreže i gustine pukotina, kompaktnosti, vlage i primenjenih tehničko-tehnoloških rešenja procesa otkopavanja.

Neposredna podina, koja čini deo stenskog masiva neposredno ispod ugljenog sloja svojim fizičko-mehaničkim osobinama uslovljava niz tehničkih rešenja konstrukcije otkopa. Nekompaktna, glinovita, peskovita i glinovito-laporovita neposredna podina prouzrokuje intenzivne podinske pritiske, povećanje zapremine, klizanje i tonjenje podgrade.

Bitno svojstvo stenskog masiva koji se odnosi na litološki sastav je proces raslojavanja, koji utiče na aktiviranje oslabljene veze među slojevima i proslojcima u procesu deformacija, a pod uticajem različitih poremećaja prvobitne ravnoteže. Do raslojavanja dolazi najčešće u radnoj sredini u kojoj se smenjuju litološki članovi, a raslojavanja se vrši obično po površinama proslojaka gline i ugljeviste materije.

3.4.8. Debljina ugljenog sloja

Uticaj debljine ugljenog sloja je glavni u odnosu na izbor principa koncentracije i metoda otkopavanja, i u osnovi utiče na izbor tehničkih parametara otkopa, saniranje otkopnog prostora, pravca napredovanja otkopnog fronta, konstrukcije podgrade, a samim tim i na efekte proizvodnosti, produktivnosti i ekonomičnosti.

Po klasifikaciji u odnosu na debljinu ugljeni slojevi se razvrstavaju na:

- slojevi male debljine (tanki), sa debljinom do 1,0 m.
- slojevi srednje debljine (srednje debeli), sa debljinom 1,5 - 5,0 m,
- slojevi velike debljine (debeli), sa debljinom preko 5,0 m.

Radna otkopna debljina sloja identična je visini otkopavanja. Donju granicu radne otkopne debljine čini minimalna otkopna debljina dok je gornja granica promenljiva i može odgovarati maksimalnoj visini podgrade ili biti veća ako se otkopavanje vrši po principu vertikalne koncentracije.

Za otkopavanje slojeva uglja male i srednje debljine kod metoda širokih čela racionalna je primena principa horizontalne koncentracije, dok se kod metoda

komornog i stubnog otkopavanja do debljine sloja od 3,5 m. primenjuje princip horizontalne koncentracije a iznad toga princip vertikalne koncentracije.

3.4.9. Ugao pada ugljenog sloja

Ugao pada ugljenog sloja je od posebne važnosti kod izbora metode i tehnologije otkopavanja, sa znatnim uticajem na konstruktivne elemente i primenu mehanizacije. Ako se razmatraju međusobne veze pojedinih uticajnih faktora na izbor tehničkih rešenja u otkopavanju može se zaključiti da se u toj kombinaciji najviše vodi računa o debljini i uglu pada sloja (nagib).

Prema nagibu ugljeni slojevi su klasifikovani na:

- horizontalne, sa uglom pada do 5°,
- blago nagnute, sa uglom pada do 30°,
- nagnute, sa uglom pada 30-50°,
- strma, sa uglom pada 50-90°.

Ističe se da se najbolji proizvodni efekti postižu radom u horizontalnim i blago nagnutim slojevima, dok je rad u nagnutim i strmim ležištima znatno složeniji i iziskuje posebne elemente otkopa, tehnologije otkopavanja i primene mehanizacije.

3.4.10. Gasni (metanski) uslovi

Tačno i prethodno poznavanje metanonosnosti u konkretnim uslovima radne sredine je uslov za određivanje prognoze izdvajanja metana, a što omogućava savlađivanje ugroženosti metanom kroz projektovanje i vodjenje adekvatnih načina eksploatacije i provetravanja, te preduzimanje odgovarajućih mera zaštite.

Pod metanonosnošću ugljenih slojeva i pratećih stena podrazumeva se količina gasova koju sadrži u prirodnim uslovima njihova jedinica težine ili jedinica zapremine.

Izdvajanje metana u otkope i aktivne rudarske prostorije vrši se eshalacijom, u obliku puhača i izbojem.

Metanoobilnošću jame definiše se količina metana koja se izdvaja u jami, pri čemu razlikujemo apsolutnu i relativnu metanoobilnost.

Metanoobilnost ograničava kapacitet otkopne mehanizacije (posebno strugova i kombajna) sa gledišta provetravanja otkopa i zaštite elektro opreme, kao i radnih organa od izazivanja iskrenja pri kopanju.

Raspored i dužina otkopa u jami se usklađuje sa intenzitetom provetravanja.

Izdvajanje metana kod otkopnih jedinica zavisi od niza faktora od kojih su najznačajniji: dužina čela otkopa, brzina napredovanja, način provetravanja otkopa i način tretiranja starog rada.

Kako je dozvoljena brzina vazdušne struje u otkopima ograničena propisima sigurnosti, to kod potrebe dobave u otkope, u skladu sa proizvodnjom uglja i metanonosnošću slojeva većih količina vazduha i uslovi provetravanja takodje mogu ograničiti dimenzije otkopnih jedinica.

Brzina napredovanja otkopnog fronta od velikog je značaja za sigurnost rada pošto je veća brzina napredovanja vezana i za povećanje izdvajanje metana.

Ako se povećava brzina napredovanja otkopa, količina metana koji pritiče u otkop iz sloja, povećava se uz istovremeno smanjenje količine metana koji pritiče iz starih radova.

Takođe i sam način provetravanja otkopa i njegov položaj u ventilacionoj mreži odražava se na količine metana koje se izdvajaju iz sloja i starih radova.

3.4.11. Samozapaljivost uglja

Opasnost od pojave endogenih procesa u jami traje praktično tokom čitavog perioda eksploatacije u ležištima uglja, te su endogeni procesi postali izuzetno važan sigurnosno-proizvodni faktor eksploatacije u celini.

Samozapaljivost uglja predstavlja osobinu uglja da je sklon oksidaciji i da ta pojava izaziva endogenu požarnu ugroženost. Endogeni procesi su termo-hemijske reakcije oksidaciono aktivnih elemenata ugljene mase i kiseonika koji se nalazi u jamskom vazduhu. Ta dva osnovna faktora stižu se u periodu eksploatacije u svakom rudniku uglja sa izuzetkom inertnih ugljeva koji su kod nas prava retkost (ležište antracita “Vrška Čuka”).

Proces otkopavanja ma koliko bio efikasan i ekonomičan stvara ipak povoljne uslove za razvoj oksidacionih procesa. Iz tog razloga u samom procesu otkopavanja treba tražiti one elemente procesa koji deluju odbrambeno ili deprimirajuće na oksidacioni proces zadržavajući ga u okviru potencijalne opasnosti.

Otkopne jedinice bez obzira na geometrijski oblik i način otkopavanja, predstavljaju mesta gde je najteže ostvariti kontrolu protoka vazduha zbog velike mogućnosti njegove migracije.

Od glavnog vazdušnog toka u otkopnim prostorima uvek se gubi relativno veća ili manja količina vazduha i nekontrolisano zalazi u stare radove, ispucale stubove uglja pa i u slabo izolovane otkopane delove ležišta. Te količine vazduha nisu sposobne da iznesu višak toplote koji se pri oksidaciji stvara, ali su dovoljne da proces oksidacije podstiču i razvijaju.

Isto tako, može se zaključiti da je pojava zdrobljenog i ispucale uglja tehnološka neminovnost kao i nekontrolisano izdvajanje vazduha iz glavnih tokova sistema provetravanja. Zbog toga ove dve tehničko-tehnološke komponente procesa podzemne eksploatacije uglja imaju presudan uticaj na pojave oksidacionih i požarnih procesa.

Skлонost uglja ka samozapaljenju je veoma bitan faktor kod izbora sistema otkopavanja. Kod sistema otkopavanja po principu vertikalne koncentracije potrebno je odrediti rastojanje pojedinih otkopa prema sklonosti uglja ka samozapaljenju. Ovo se vrši određivanjem vremena samoozapaljenja uglja konstruisanjem dijagrama zavisnosti samozapaljenja uglja u starom radu od brzine napredovanja otkopa.

Brzina napredovanja radne fronte otkopa je bitan regulator oksidacionih procesa. Kod bržeg napredovanja radne fronte smanjuje se vreme kontakta usitnjene ugljene

supstance sa vazduhom i samim tim se onemogućava nesmetan razvoj oksidacionih procesa čiji je intenzitet, pored drugog, uvek funkcija vremena.

3.4.12. Svojstva ugljene prašine

Prašina se pojavljuje u svim fazama tehnološkog procesa podzemne eksploatacije uglja, a njene potencijalne opasnosti definišu se kroz: zapaljivost, eksplozivnost i agresivnost.

Uvođenjem mehanizacije u sve faze tehnološkog procesa podzemne eksploatacije slojeva uglja, pogotovo u uslovima intenzivne proizvodnje zaoštio se i problem pojava ugljene prašine i potrebe preduzimanja mera zaštite od njenog negativnog dejstva.

Ove opasnosti proizilaze iz svojstava kojima se karakterišu pojedine vrste ugljene prašine:

- sklonost ugljene prašine ka autooksidaciji, tj ka samozapaljenju,
- sklonosti nekih prašina da se pod određenim uslovima u smeši sa vazduhom pale i eksplodiraju,
- sposobnost prašine da u spoljnom dodiru sa osetljivim delovima ljudskog organizma mešaju u njega i razaraju tkivo.

Izdvajanja prašine su najintenzivnija pri izvođenju radova dobivanja uglja miniranjem, struganjem, podsecanjem i razaranjem, kao i kod presipnih mesta u sistemu kontinuiranog transporta iskopine.

Faktor ugljene prašine principijelno ne utiče na opredeljenja sistema otkopavanja, ali ima bitan uticaj kod konstrukcije opreme za dobivanje uglja miniranjem, rezanjem, struganjem i podsecanjem i po svome karakteru je u suštini zaštitni faktor.

3.4.13. Izboji gasa i materijala

Za ležište uglja rudnika „Soko“ karakterističan je fenomen izboja gasa i materijala, koji predstavlja gasodinamički proces dezintegracije radne sredine pod uticajem pritiska gasa i podzemnog pritiska.

Neposredni efekti ekspanzije su brzo i iznenadno zapunjavanje prostorija zdrobljenim ugljem ili jalovinom, zaplinjavanje i zaprašivanje prostorija, rušenje podgrade, prouzrokovanje jamskih požara i ljudske žrtve.

Istraživanja pojava ekspanzije usmerena su u pravcu ispitivanja prirodno - geoloških uslova, mehanizma nastajanja i tehničkih rešenja za smanjenje opasnosti od ekspanzije.

Od prirodno - geoloških uslova posebno su uticajni: tektonika, struktura i tekstura uglja, stepen metamorfizma, gasonosnost i vlažnost uglja.

Za ocenu prognoze opasnosti od ekspanzije koriste se sledeći pokazatelji: početna brzina emisije gasa, seizmičke (impulsivni seizmički i seizmo-akustički metod), karakteristike sloja i zapremina sitnog uglja iz bušotina.

Od aktivnih metoda borbe sa ekspanzijom najširu primenu imaju metode miniranja radi rastresanja i vodne infuzije pod pritiskom.

Sa gledišta mogućih posledica najveću opasnost predstavljaju ekspanzije u zoni otkopavanja odnosno u otkopima. U drugoj zoni mogu biti povezani ili provocirani procesom gorskih udara i relaksacijom naponskog stanja stenskog masiva.

Kod primene stubnih i komornih metoda otkopavanja sa smanjenjem širine otkopa može se očekivati manja opasnost i verovatnoća ekspanzije, ali i ako se prethodnim tehničkim merama deluje preventivno (smanjenje pritiska gasa, drenaža gasa) i pojača podgrada otkopa.

Opasnosti od ekspanzije kod primene tehnologije otkopavanja uglavnom se svode na tehnologiju miniranjem jer se njime najčešće provocira ekspanzija.

Pri nailasku otkopnog fronta na rasedne zone obavezno se vrši degazacija ili slabljenje pritiska metana u radnoj sredini.

3.4.14. Struktura ugljenih slojeva

Specifičnost ugljeva je slojevita struktura, sa pukotinama endogenog i egzogenog porekla. Slojevi uglja često su podeljeni na proslojke uglja i jalovine različite debljine pri čemu proslojci jalovine mogu biti meki i lepljivi (razne vrste glina) ili velike tvrdoće i abrazivnosti.

Petrografski ingradijanti ugljene mase i mineralne primese mogu biti vrlo nepravilno raspoređeni u sloju uglja. U tom slučaju govori se o složenoj strukturi ugljenog sloja. Interkalirane mineralne primese i jalovi proslojci mogu biti kontinuirani na većim površinama ili mogu imati diskontinuitet, što je od značaja sa stanovišta planiranja kvaliteta proizvodnje.

Raspored i debljina jalovih proslojaka u ugljenom sloju znatno utiču na šeme rada kod primene tehnologija dobivanja podsecanjem, struganjem i rezanjem uglja na otkopima. Takodje kod primene tehnologije dobivanja miniranjem jedan od bitnih uticajnih faktora na šeme rasporeda minskih bušotina i efekte miniranja predstavlja odnos jalovih proslojaka i ugljene mase u sloju. Pri određivanju visine otkopnog pojasa pri primeni metode širokih čela nužno je koristiti strukturne karakteristike slojeva i u slučaju postojanja slojevitih proslojaka iste koristiti za orijentaciju kod vođenja otkopne fronte u otkopnom pojasu. Ovo omogućava da se tačno održava zadata debljina međupojasne ugljene ploče i izbjegnu veći gubici uglja pri otkopavanju.

3.4.15. Struktura uglja

Bitno svojstvo ugljeva je makrostruktura i mikrostruktura. Prva od njih predstavlja uzajamni položaj makrokomponentata u uglju, koje su različite po svome obliku, veličini i prirodnom sastavu. Mikrostruktura pak, predstavlja uzajamni odnos i raspored mirkokomponentata u uglju.

Po svojoj makrostrukтури, ugljevi mogu biti jednorodni (homogeni) i prugasti (u širem smislu reči). Jednorodnu makrostrukтуру imaju ugljevi obrazovani samo od jedne vidljive komponente. Ako se u uglju vidi više komponentata, koje su pre svega različite po boji i slojevitosti, tada je to prugasti ugalj.

Pod tektonskom strukturom uglja podrazumeva se morfologija i razmera ugljenih zrna i čestica i izražava postrudnu orijentaciju čestica i njihov položaj u sloju.

Određivanjem tipa strukture i teksture određuje se tip uglja i stepen opasnosti od ekspanzije gasa.

3.4.16. Tekstura uglja

Glavna teksturna oznaka ugljeva je njihova slojevitost, koja je naročito jasna u nekim tamnim (mat) ugljevima, koji su bogati mineralnim primesama.

Pod teksturom se podrazumeva raspored komponenata u uglju nezavisno od njihove veličine, oblika i hemiskog sastava.

Pored slojevite teksture koja je tipična za ugljeve često se susreću i ugljevi sa zrnastom teksturom.

Tektonska tekstura pokazuje karakter toka ugljenog materijala pod dejstvom tektonskih sila i služi za procenu opasnosti od ekspanzije gasa, te predstavlja zaštitni uticajni faktor kod izbora sistema otkopavanja.

3.4.17. Fizičko-mehanička svojstva uglja

Fizičko-mehanička svojstva radne sredine u širem i užem smislu imaju bitan značaj za izbor tehničkih rešenja za konstrukciju podzemnih rudarskih objekata, način saniranja otkopnog prostora, izbora metode i tehnologije otkopavanja i izbora konstrukcije otkopne mehanizacije.

Za rešavanje niza problema u podzemnoj eksploataciji ugljenih slojeva posebno su važna sledeća fizičko - mehanička svojstva ugljenog sloja i pratećih naslaga: konzistencija, tvrdoća, žilavost, elastičnost, ispucalost, poroznost, obrušavanje, kompaktnost, rastresitost, vlažnost, čvrstoća, otpornost pri smicanju, otpornost pri rezanju, zapreminska masa.

4. RAZMATRANJA OSNOVA SISTEMA PODZEMNOG OTKOPAVANJA UGLJEVIH SLOJEVA

4.1. Principi koncentracije otkopavanja

Treba istaći da je otkopavanje debelih ugljenih slojeva najsvestranije i istovremeno i najteže područje u oblasti otkopavanja ugljenih slojeva. Kod inače istih uslova i istog načina i metoda otkopavanja, varijacije napona, kretanje u stenama i procesi zarušavanja u stenama sve do površine veštački su veći nego kod otkopavanja vrlo tankih do srednje debelih slojeva. Iz toga za praksu proizilaze:

- veće teškoće kod savlađivanja krovine pri osiguranju otvorenih šupljih prostora,
- veća oštećenja prouzrokovana rudarskim radovima na površini,
- veće poteškoće kod iskorišćenja rezervi uglja,
- veće poteškoće kod odvodnjavanja i provetravanja.

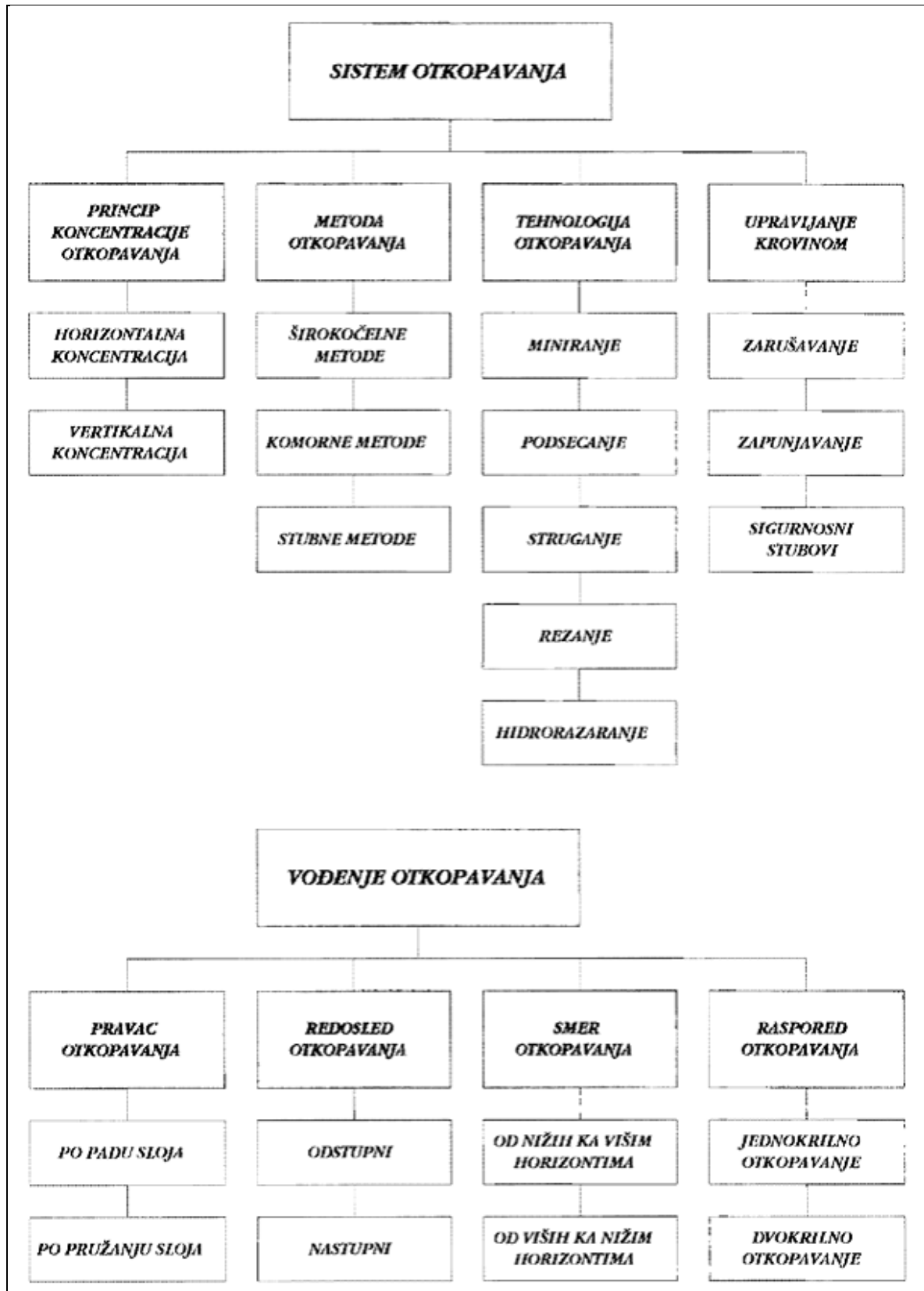
Osnovni uslov za uspešnu eksploataciju određenog dela ležišta uglja ili njegovog određenog dela predstavlja sam tehnološki proces otkopavanja koji je određen skupom tehnoloških operacija vezanih za proces dobivanja uglja (slika 4.1.)

Prema principu koncentracije otkopavanja razlikujemo:

- otkopavanje ugljenih slojeva po principu horizontalne koncentracije,
- otkopavanje ugljenih slojeva po principu vertikalne koncentracije.

Po principu horizontalne koncentracije metodom širokih čela, komornih i stubnih otkopa uspešno se u jednom zahvatu mogu otkopavati ugljeni slojevi vrlo male, male i srednje debljine do 3,5m. Za izbor otkopavanja ugljenih slojeva veće debljine već se postavlja pitanje izbora principa koncentracije i tehnologije rada na otkopavanju.

U poslednje vreme proizvedene su konstrukcije mehanizovanog kompleksa za široka čela kojima se uspešno mogu otkopavati ugljeni slojevi debljine preko 5 m. Ovo se podrazumeva za uslove otkopnih polja u kojima je racionalna primena mehanizovanog širokočelnog otkopavanja.



Slika 4.1. Sistematizacija tehnološkog procesa podzemnog otkopavanja ugljenih slojeva [7]

4.2. Metode otkopavanja

Metode otkopavanja ugljenih slojeva mogu se po svojim glavnim karakteristikama procesa dobivanja uglja grupisati uglavnom na:

1. širkokočelne metode otkopavanja,
2. komorne metode otkopavanja,
3. stubne metode otkopavanja,

Uspešno odabran skup tehnoloških operacija u procesu otkopavanja za određenu radnu sredinu i određene ležišne prirodno - geološke uslove, koja se naziva metodom otkopavanja, obezbeđenjem visokog stepena koncentracije tehnike i tehnologije proizvodnog rada treba da postigne:

- što veći smenski, odnosno dnevni kapacitet otkopne jedinice,
- što veću produktivnost po zaposlenom radniku na otkopu,
- što manje gubitaka u ugljenoj supstanci,
- što veću sigurnost rada u svim tehnološkim operacijama na dobivanju,
- zadovoljavajuću ekonomičnost.

Stubne metode otkopavanja primenjuju se za otkopavanja ugljenih slojeva u složenim prirodno - geološkim uslovima eksploatacije, sa intenzivno izraženom tektonikom i dužinama otkopnih polja odnosno otkopnih blokova neracionalnim za primenu drugih metoda otkopavanja.

Kod stubnog otkopavanja upravljanje krovinom vrši se postupkom zarušavanja a za dobivanje uglja primenjuje se tehnologija dobivanja miniranjem. Nedostaci primene ovih metoda ogledaju se u sledećem:

- nemogućnosti povećanja kapaciteta proizvodnje po otkopnoj jedinici,
- potreba za radom više otkopnih jedinica za postizanja racionalne proizvodnje jame,
- relativno niska produktivnost,
- nemogućnost angažovanja većeg broja radnika za rad na otkopu,
- visok koeficijent pripremnih radova,
- nizak koeficijent iskorišćenja rezervi uglja,
- nemogućnost protočnog provetravanja otkopa.

Prednost stubnih metoda je u lakoj prilagodivosti slojnim prilikama u ležištu, lakom formiranju i dislociranju otkopa i zahtevaju manje angažovanje mehanizacije.

Otkopavanje komornom otkopnom metodom primenjuje se kod otkopavanja slojeva sa kompaktnim ugljem i krovinom koja može podneti veća specifična opterećenja na pritisak. Ova metoda pruža široke mogućnosti u pogledu izbora tehnoloških rešenja i načina rada na otkopu, kombinacija raznih tipova mašine za otkopavanje i transport, kao i u pogledu organizacije rada. Velika prednost ove metode je jednostavan i efikasan način podgrađivanja komora visećom podgradom čime se stvaraju veoma povoljni uslovi za postizanje povećane brzine napredovanja otkopnog fronta komore i visokih otkopnih učinaka. Najznačajniji nedostatak otkopavanja komornom metodom predstavlja niži koeficijent iskorišćenja rezervi uglja u ležištu zbog gubitka u zaštitnim stubovima, koji se naizmenično ostavljaju

između otkopnih komora. Međutim, gubici se mogu značajno smanjiti sekundarnim otkopavanjem ostavljenih zaštitnih stubova. U primarnom otkopavanju komora iskorišćenje se postiže sa 40-60 % dok se sekundarnim otkopavanjem zaštitnih stubova ukupno iskorišćenje može povećati i do 80 %.

Širokočelnim metodama otkopavanja uspešno se mogu otkopavati horizontalni i blago nagnuti slojevi uglja, male i velike debljine, kao i strmi slojevi pod posebnim uslovima. Opređeljujući uslov za primenu metoda širokočelnog otkopavanja je racionalna dužina u otkopnom polju.

Danas se kod primene metoda širokočelnog načina otkopavanja primenjuju tri varijante:

- otkopavanje sa povećanom otkopnom visinom (potkopno i natkopno dobivanje po principu vertikalne koncentracije, sa mehanizovanim kompleksom),
- otkopavanje sa zarušavanjem krovine u sistemu horizontalne koncentracije, sa mehanizovanim kompleksom,
- otkopavanje sa zapunjivanjem u sistemu horizontalne koncentracije, sa mehanizovanim kompleksom,
- U ovom radu pod metodom širokih čela ne podrazumevaju se otkopi podgrađeni sa pojedinačnom podgradom (frikcioni stupci i čelične grede...) s obzirom da se smatraju neracionalnim i prevaziđenim pri današnjem stepenu razvoja tehnike i tehnologije rudarstva.

Širokočelni otkop podgrađen sa SHP i snabdeven mašinom za dobivanje (otkopna mašina, strug...) kao i oprema za utovar i odvoz smatra se mehanizovanim otkopom (otkop sa mehanizovanim kompleksom).

Efikasnost korišćenja mehanizovanog kompleksa otkopa zavisna je od prilagođenosti konstrukcije prirodno - geološkim uslovima eksploatacije, kao i od planirane proizvodnje od početka rada do demontaže.

Osnovne parametre za ocenu i poređenje primenjenih metoda otkopavanja čine:

- nivo prosečne dnevne proizvodnje (t/dan),
- otkopni učinak zaposlenih na otkopu (nad./dan),
- cena koštanja proizvoda na otkopu (din./t).

Ostali parametri kao: dužina otkopa, visina otkopa, dnevno napredovanje otkopa, primenjena mehanizacija, zaposlenost i organizacija rada, normativi potrošnje repromaterijala, otkopni gubici i iskorišćenost otkopnog fronta (t/m, otkopa/dan) direktno utiču na rezultate osnovnih parametara.

4.3. Tehnologija otkopavanja uglja

4.3.1. Tehnologija otkopavanja rezanjem

Pod tehnologijom otkopavanja rezanjem podrazumeva se primena otkopnih mašina koje rade na principu rezanja uglja na otkopima i to najčešće kod metoda širokih čela (sa većom ili manjom dužinom otkopne fronte).

Konstruktivne karakteristike mašina za rezanja u tesnoj su vezi sa tehnološkim procesom otkopavanja i uslovima eksploatacije. Danas se u radu nalazi veliki broj otkopnih mašina koje se razlikuju po principu rada, kapacitetu, konstrukciji radnog organa za dobivanje i utovar, pogonu i vezi sa opremom za odvoz iskopine.

Izbor mašine za rezanje na otkopu vrši se na osnovu uslova radne sredine i parametara otkopne jedinice, te usklađenosti sa ostalom primenjenom mehanizacijom.

Ugao nagiba sloja, odnosno otkopa bitno utiče na izbor konstruktivnih rešenja mašine. Naime, do nagiba od 25° može se izabrati bilo koji od poznatih mehanizama za pomeranje i kretanje mašina, dok se za veći nagib moraju birati specijalne konstrukcije.

Debljina sloja, ima bitan uticaj na izbor visine zahvata otkopne mašine i konstrukcije reznog organa. U praksi se primenjuje otkopavanje u jednom zahvatu sa mogućnošću manjeg podešavanja visine regulisanjem mehanizma za rezanje i otkopavanje u više zahvata.

Fizičko - mehaničke karakteristike sloja, podine i krovine utiču na izbor tipa mašine i tehničkih karakteristika organa za rezanje i sistema za kretanje mašine. Ugalj manje čvrstoće i kompaktnosti može se otkopavati jednostavnijim mašinama pošto se ugali lako odvajaju i drobi, dok se za čvrste ugljeve i ugljeve sa umetnutim tvrdim jalovim proslojcima trebaju primenjivati dopunski mehanizmi za rezanje.

Čvrstoća i kompaktnost krovine utiču na izbor širine reznog organa, odnosno dubine zahvata dok se prema karakteristikama podine određuje dopušteno naprezanje na pritisak otkopne mašine i izbor mehanizma za kretanje mašina.

4.3.2. Tehnologija otkopavanja struganjem

Otkopavanje strugom sastoji se u odbijanju komanda uglja sa čela otkopa pravolinijskim kretanjem tela struga sa ugrađenim zubima.

Iskustva sa otkopavanjem strugovima pokazala su da se sa ovom tehnologijom mogu postići zadovoljavajuće brzine napredovanja otkopa, visoki proizvodni kapaciteti i otkopni učinci. Prednost primene tehnologije struganjem sastoji se u jednostavnosti mašine za rad i održavanje, manjoj zaprašenosti otkopa, povoljnijem asortimanu uglja, kao i mogućnosti daljinskog upravljanja procesom otkopavanja.

Opređeljujući faktor za primenu tehnologije struganjem čine: prirodno-geološki uslovi, fizičko-mehaničke karakteristike sloja, podine i krovine, proces upravljanja krovinom i proizvodni uslovi. Tehnologijom struganjem otkopavaju se ugljeni slojevi do 2,5 m, a kod otkopavanja slojeva veće debljine primenjuje se kombinacija struganja, rezanja ili miniranja. U odnosu na pad ugljenog sloja ovom tehnologijom se mogu otkopavati slojevi sa padom $0-40^\circ$. Ova metoda primenjuje se kod metoda širokočelnog otkopavanja, pri čemu dužina otkopa zavisi od regularnosti sloja i tektonskih pomeranja.

Bitan uticaj na proces struganja imaju struktura sloja i u njemu položaj jalovih proslojaka. Pri postojanju proslojaka u krovnom delu, odnosno u zoni gornjih zuba

struga, strug ima tendenciju pomeranja ka otkopnom prostoru i krovini čime se smanjuje otkopna visina, a ostavljeni deo sloja mora se naknadno obarati.

Ako se u celom sloju nalaze ravnomerno raspoređeni proslojci povećane čvrstoće i abrazivnosti struganje će biti sa manjom dubinom zahvata i visokim habanjem reznih elemenata.

Mala dubina zahvatanja struganjem i manje dinamičko opterećenje povoljno utiče na proces spuštanja neposredne krovine iza linije otkopavanja te se tako smanjuje opterećenje podgrade i povoljnije se vrši sam proces upravljanja krovinom.

4.3.3. Tehnologija otkopavanja miniranjem

Tehnologijom otkopavanja miniranjem otkopavaju se slojevi uglja svih debljina, uglova pada i fizičko - mehaničkih osobina. Slojevi čija je debljina veća od normalne visine otkopa miniraju se u dva stepena: prvi stepen obuhvata miniranje u normalnoj visini otkopa, tkz. potkopni deo, dok drugi stepen obuhvata miniranje krovnog dela otkopa, tkz. natkopni deo.

Tehnologija otkopavanja miniranjem može se primenjivati kod metoda otkopavanja širokim čelima, komornim i stubnim otkopima.

Tehnološka šema otkopavanja miniranjem zavisi od prirodno - geoloških uslova, primenjene mehanizacije, metode otkopavanja i uslovnih zahteva asortimana proizvoda. Ovi uticaji manifestuju se u obliku i rasporedu punjenja minskih bušotina i u vrsti eksploziva.

Pravac i položaj minskih bušotina na otkopima zavisi od pravca otkopavanja (po pružanju ili padu sloja), oblika otkopa (stepeničasti G, T, brazde...), dimenzija otkopa i fizičko - mehaničko osobina uglja.

Šema rasporeda minskih bušotina na širokom čelu određuje se prema debljini sloja, uglu pada, potrebnoj granulaciji, zarušavajućim osobinama krovine, načinu transporta i dimenzijama otkopa.

Sistem miniranja, vrste eksploziva i eksplozivnih sredstava i načina paljenja određuje se prema fizičko-mehaničkim karakteristikama sloja, odnosa jalovih proslojka i uglja kao i u zavisnosti od metanskih uslova i karakteristika ugljene prašine.

4.3.4. Tehnologija otkopavanja podsecanjem

Otkopavanje mašinama za podsecanje danas predstavlja tehnički i ekonomsko efikasno rešenje samo kod otkopavanja slojeva uglja sa različitim interakcijama jalovine, kod metoda komornog i stubnog otkopavanja i kada mašina za podsecanje radi u sklopu sa drugim mašinama za bušenje, utovar i odvoz.

Tehnološki proces na otkopu na kome se vrši podsecanje ili zasecanje obuhvata sledeće faze: rad mašine za podsecanje, miniranje, utovar i odvoz, podgrađivanje i upravljanje krovinom. Osnovni proces dobivanja uglja u osnovi predstavlja miniranje, čiji se efekat povećava izradom podseka ili zaseka.

Osnovni proces rada mašine za podsecanje može biti izveden u više varijanti i kombinacija podseka i zaseka, u zavisnosti od debljine sloja, homogenosti ugljene

mase i broja, rasporeda i debljine jalovih proslojaka. Na osnovu toga vrši se izbor oblika i broja mehanizma za rezanje i njihov međusoban položaj.

4.4. Upravljanje krovinom

Osnovna uloga upravljanja krovinom je rešavanje problema podzemnog pritiska u otkopima stvorenim otkopavanjem, te je upravljanje krovinom u najdirektnijoj vezi sa podgrađivanjem otkopnog prostora, kao jednog od načina kompenziranja otkopnog pritiska.

Način upravljanja krovinom se određuje kod izbora metode i tehnologije otkopavanja i u suštini zavisi od vrste i karakteristika pratećih krovinskih naslaga.

U primeni su sledeći način upravljanja krovinom:

- upravljanje krovinom zarušavanjem,
- upravljanje krovinom zapunjavanjem,
- upravljanje krovinom zaštitnim stubovima,

4.4.1. Upravljanje krovinom zarušavanjem

Ovaj način upravljanja krovinom je dominantan kod metoda širokih čela bilo sa vertikalnim bilo sa horizontalnom koncentracijom i isključivo u primeni kod metoda stubnog otkopavanja.

Zadatak zarušavanja krovinskih naslaga u otkopani prostor je smanjenje pritiska na podgradu, otkopni prostor i pristupne prostorije otkopa.

Pri samom zarušavanju krovinskih naslaga u otkopni prostor razlikuje se aktivna zona zarušavanja, koja pokazuje do koje visine se zarušava neposredna krovina da zapuni otkopani prostor, kao i razvoj samog procesa zarušavanja, koji je različit u slučajevima kada se radi o plastičnim ili čvrstim krovinama.

Proces zarušavanja razvija se pod uslovima koje određuju sledeći faktori:

- površina otkopnog prostora,
- visina otkopnog prostora,
- fizičko-mehanička svojstva krovinih naslaga koje određuju ugao zarušavanja
- dubina u kojoj se otkopava i položaj sloja koji se otkopava,
- oblik otkopnog fronta pojedinih etaža i rasporeda otkopnih frontova kod istovremenog otkopavanja slojeva ili više etaža,
- brzina napredovanja otkopnog fronta,

Kada krovinu predstavljaju plastične stene (jednorodne ili raznorodne) proces zarušavanja se odvija sa malim zakašnjenjem kada je otvorena dovoljna površina na otkopu. Kod krovina sa većom čvrstoćom taj proces počinje sa još većim zakašnjenjem.

Kod čvrstih krovinskih stena u procesu zarušavanja, pored zarušene zone javlja se i zona drobljenja koja je 2 - 3 puta viša od zarušene zone. Tek iznad ove zone dolazi zona uleganja naslaga.

Kod metoda otkopavanja po principu horizontalne koncentracije zarušavanje krovine mora striktno pratiti proces otkopavanja.

Pri primeni metoda otkopavanja po principu vertikalne koncentracije ugljena ploča predstavlja krov i to je osnova koja preuzima sva opterećenja. U cilju procene nosivosti ove ploče uglja mora se definisati za svaki konkretan slučaj:

- naponsko stanje u ploči koje je posledica manifestacija otkopnog pritiska, i
- naponsko stanje u ploči, koje je prouzrokovano dejstvom SHP pri upinjanju ili popuštanju.

Pri otkopavanju ugljenih slojeva metodama širokih čela sa kompleksnom mehanizacijom, kako sa normalnom ili povećanom otkopnom visinom sa zarušavanjem krovinskih naslaga u otkopne prostore posebna pažnja se posvećuje uticaju pojedinih parametara primenjene metode na stanje krovine u otkopu.

Posebnu ulogu na stabilnost krova otkopa ima otkopna visina. Pravilno određivanje korelacije između visine otkopnog i natkopnog dela je veoma bitno jer utiče na proces redovnog zarušavanja krovnog uglja.

Vrsta podgrade i visina opterećenja su dalji činiooci koji utiču na stanje krova u potkopnom delu. Ispravno je, da uticaj podgrade na 1 m^2 površine bude ravnomeran, pošto se na taj način u najvećoj meri štiti krov potkopa u slučajevima kada je čvrstoća uglja, odnosno neposredne krovine u krovu otkopa mala.

Sila upinjanja podgrade treba da se u takvim slučajevima približi nosivosti podgrade na otkopu.

Dnevno napredovanje otkopa ima neposredan uticaj na vreme trajanja otvorene i nepodgrađene površine otkopa: što je veća površina napredovanja otkopa, kraće je vreme prelaza sekcije SHP u jednom ciklusu, a za tu brzinu vezano je i stanje u krovu otkopa, naročito u slučajevima kada se u neposrednoj krovini nalaze naslage manje čvrstoće.

Za stabilnost otkopnog prostora je neprekinut proces zarušavanja neposredne krovine u otkopni prostor pogodniji, pošto kod njega ne dolazi do akumulacije otkopnih pritisaka u području konzole iznad samog otkopa, nego se otkopni pritisci prenose dalje u ugljeni stub iznad samog otkopa.

4.4.2. Upravljanje krovinom zapunjavanjem

U ležištima sa većom dubinom zaleganja gde upravljanje krovinom zarušavanjem nije efikasno, kao i za otkopavanje u zaštitnim stubovima racionalna je primena metoda otkopavanja kod kojih se proces upravljanja krovinom vrši zapunjavanjem otkopanih prostora.

Dosadašnja primena zapunjavanja otkopnih prostora kod tehnološkog procesa podzemne eksploatacije slojeva uglja vezana je za ugljeve veće vrednosti, strmog zaleganja i složene tektonike, ugljeva jako sklonih ka samozapaljenju kao i delova ležišta ispod objekata na površini.

Pitanje utvrđivanja oblasti primene procesa zapunjavanja razmatra se sa tri aspekta:

1. Aspekta tehničke neophodnosti,

2. Aspekta racionalne primene pri postojećoj tehnici i tehnologiji rudarskih radova,
3. Aspekta mogućnosti primene procesa zapunjavanja otkopnih prostora.

Treba istaći da je zapunjavanje skuplji način saniranja otkopnog prostora u odnosu na zarušavanje ili ostavljanjem sigurnosnih stubova, pri čemu troškovi zapunjavanja proističu iz troškova pripreme, transporta i ugrađivanje materijala za zapunjavanje.

4.4.3. Upravljanje krovinom sigurnosnim stubovima

Ovaj način saniranja krovine otkopa zahteva sistematsko ostavljanje sigurnosnih stubova, što ukazuje na neminovni gubitak rezervi uglja, a koji u mnogome zavisi od dimenzija i gustine mreže stubova.

S obzirom na navedenu činjenicu pravilno dimenzionisanje raspona otkopa i dimenzija stubova ima veliki značaj sa tehničkog i ekonomskog gledišta.

Upravljanje krovinom sistemom sigurnosnih stubova omogućava primenu komornih metoda otkopavanja slojeva uglja.

U suštini dimenzije stubova zavise od većeg broja uticajnih faktora i to:

- fizičko-mehaničkih svojstava ugljenog sloja i pratećih naslaga,
- strukture sloja i neposrednih krovinskih naslaga,
- veličine otkopnog polja,
- debljine otkopavanja,
- odnosa visine prema osnovi stuba,
- dinamičkih dejstava na stubove, posebno u fazi izvođenja minerskih radova,

Za dimenzionisanje stubova razrađeno je niz metoda od kojih najširu primenu imaju analitičke metode.

4.5. Vođenje otkopavanja

4.5.1. Pravac otkopavanja

Najčešće primenjivani pravac otkopavanja je po pružanju sloja, pri čemu se radni front otkopa postavlja po pravcu sloja, a samo napredovanje je po pružanju.

Izuzetno kod primene načina upravljanja krovinom zapunjavanjem radna fronta se postavlja tako da napreduje po usponu sloja.

Takođe u slučajevima manjih dimenzija otkopnih polja po pružanju, a povećanih po padu ugljenih slojeva, bira se kombinovani pravac otkopavanja ili otkopavanje po padu.

4.5.2. Redosled otkopavanja

Prema lokaciji glavnih izvoznih objekata, prirodnih i veštačkih granica izvršena je podela redosleda otkopavanja u otkopnom polju na nastupni i odstupni.

Sistem odstupnog otkopavanja, od granice otkopnog polja započinje nakon izrade pripremnih transportnih i ventilacionih prostorija, što znači da potražuje ulaganje pre početka otkopavanja i započinje fazu otkopavanja sa izvesnim zakašnjenjem.

Prednosti ovakvog vođenja otkopavanja sastoje se u detaljnijem istraživanju i upoznavanja prirodno-geoloških uslova, smanjenju otkopnog pritiska u pristupnim hodnicima, smanjuju opasnosti od požara i povoljnijim uslovima za održavanje transportnog sistema.

Prednosti nastupnog otkopavanja sadržani su u potrebi znatno manjeg obima potrebnih pripremnih prostorija do početka otkopavanja i puštanja u rad otkopnog kapaciteta.

Međutim, ovaj redosled otkopavanja ima niz nedostataka, pogotovo kod otkopavanja ugljenih slojeva veće debljine. U prvom redu znatno su povećani troškovi održavanja transportnih i ventilacionih prostorija koje se održavaju u zoni otkopnog i saniranog dela otkopnog fronta.

Nastupnim otkopavanjem ugljenih slojeva sklonih samozapaljenju prouzrokuje se brže nastajanje endogenih oksidacionih i požarnih procesa i ugrožavanja zaposlenih pogotovo ako se radi u metanskim uslovima.

Nedostaci se takodje ogledaju i u manjem stepenu istraženosti s obzirom da se pripremi hodnici rade sukcesivno, kao i nekontrolisano strujanje vazduha duž otkopnog prostora.

Na osnovu izloženog može se zaključiti da je primena nastupnog redosleda otkopavanja ograničena na otkopavanje slojeva manje debljine koji se mogu otkopavati u jednom zahvatu.

4.5.3. Raspored otkopavanja

Otkopna polja (blokovi ili horizonti) mogu se otkopavati dvokrilno ili jednokrilno. Sa gledišta cene održavanja glavnih saobraćajnica prednost je kod dvokrilnog otkopavanja, isto kao i sa gledišta transporta i provetravanja.

Bitna prednost kod dvokrilnog vođenja otkopavanja je da se ima duplo veći kapacitet proizvodnje u odnosu na jednokrilno vođenje otkopavanja.

4.5.4. Smer otkopavanja

Horizonti u jamskom polju se otkopavaju u silaznom smeru, tj. počinjući od gornjih. Izuzetak od tog pravila može se pokazati kao racionalan samo kod projektovanja smeštaja horizonta u delu jamskog polja po usponu, pri blagom padu, kada se može pojaviti potreba u izravanju silaznog i uzlaznog smera otkopavanja horizonta u tom delu otkopnog polja.

4.6. Dimenzioni parametri otkopa

4.6.1. Visina otkopa

Visina otkopa direktno je zavisna i određuje se prema debljini ugljenog sloja, a ima višestruk uticaj na tehničke i ekonomske efekte otkopavanja putem dimenzija otkopa i otkopnog polja, brzine napredovanja radne fronte, saniranja otkopnog pritiska, redosleda otkopavanja, produktivnosti mašina za otkopavanje, dimenzija podgrade i načina podgrađivanja.

Uticaj visine otkopa na saniranju otkopnog prostora, odnosno zarušavanje krovine razmatra se sa stanovišta izbora tipa podgrade i stanovišta uticaja visine otkopavanja na raslojavanje, sleganje i zarušavanjem krovine.

U krovinama koje se lako zarušavaju u većoj debljini, visina otkopa ne utiče na principijalna rešenja procesa upravljanja krovinom.

Kod komornih metoda otkopavanja radna otkopna visina je identična debljini sloja, dok se kod stubnih metoda otkopavanja otkopna visina određuje prema karakteristikama mehanizacije i može biti sa podelom na pojaseve ili otkopavanjem u jednom zahvatu.

Kod širokočelnih metoda otkopavanja određivanje visine otkopa se vrši prema debljini sloja i klasifikuje se po principu koncentracije na vertikalnu i horizontalnu koncentraciju. Osnovni faktori koji utiču na radnu otkopnu visinu širokog čela su tehnologija rada, ekonomska celishodnost, tehničke mogućnosti i struktura ugljenog sloja.

Kod određivanja visine otkopa moraju se uzeti u obzir kao bitni faktori metanonosnost i sklonost uglja ka samozapaljenju.

4.6.2. Brzina napredovanja otkopnog fronta

Brzina napredovanja otkopnog fronta u osnovi utiče na proizvodne rezultate primenjenog sistema otkopavanja, a istovremeno od njegove veličine zavisi opšte stanje otkopa i manifestacije otkopnih pritisaka, kao i endogena požarna ugroženost.

Kod rada otkopa bilo kog tipa nastupaju manifestacije otkopnih pritisaka pri čemu se zona maksimalnog otkopnog pritiska nalazi u blizini radne fronte na 1, 0-1,5 m, ispred čela otkopa, dok se zona povećanog pritiska može nalaziti i 100 m. ispred radne fronte.

Pri povećanju brzine napredovanja radnog fronta otkopa povećava se proizvodnost otkopa (smenski, dnevni...) i obratno.

Eksperimenti i merenja pokazuju da udaljenost maksimalnog oslonog pritiska zavisi od brzine napredovanja radne fronte otkopa i dubine zahvata u otkopavanju. Širina zahvata otkopne mašine može imati suštinsku ulogu u formiranju oslonog pritiska.

4.6.3. Dužina otkopa i otkopnog polja

Dužina otkopa i otkopnog polja predstavlja osnovni parametar kod opredeljenja primene metode širokih čela sa kompleksom mehanizacijom.

Kod izbora optimalne dužine otkopnih polja uzimaju se u obzir sledeći faktori:

- pouzdanost rada otkopne i transportne mehanizacije i opreme koja zavisi od dužine otkopa i otkopnog polja,
- period dostizanja punog otkopnog kapaciteta kod primene metoda širokih čela sa kompleksom mehanizacijom ,
- zavisnost specifičnih troškova za izradu prostorija od njihove dužine,
- različiti prirodno-geološki i tehničko-tehnološki uslovi,

Po pravilu dužina otkopa se usvaja kao veličina, koja kod mogućeg kapaciteta otkopa, za konkretne uslove obezbeđuje minimalnu neophodnu brzinu napredovanja, pri kojoj deformacije stena u otkopu nebi bile veće od dozvoljenih vrednosti. Optimalna dužina otkopnog polja ne treba da premašuje određenu vrednosti, pri kojoj nema deformacija podgrade u pristupnim prostorijama otkopa, ili dozvoljava određene deformacije sa manjim učešćem radova rekonstrukcije.

U praksi su razrađene dve glavne metodologije izbora dužine otkopa, i to:

- izbor po principu obezbeđenja tražene cikličnosti i maksimalnom iskorišćenju primenjene opreme,
- izbor po principu obezbeđenja minimalne cene koštanja po toni proizvedenog uglja.

Dužina otkopa može se odrediti prema tehničkim i organizacionim faktorima, a zatim se proverava prema potrebnoj količini vazduha za normalan rad na otkopu i brzini napredovanja otkopa prema prirodnoj sklonosti uglja ka samozapaljenju.

5. OPTIMIZACIJA PARAMETARA STUBNOG SISTEMA OTKOPAVANJA UGLJENIH SLOJEVA

5.1. Optimizacija parametara otkopa [7]

Za donošenje odluke o primeni sistema otkopavanja pored ocene prilagođenosti konkretnim prirodno-geološkim uslovima je i postupak optimizacije glavnih parametara. Poslednje dve decenije je sve šira primena i razvoj matematičko-analitičkih metoda modeliranja tehnološkog procesa kao najpovoljnijih metoda za optimizaciju tehničkih rešenja i ekonomskih efekata.

Ovim se vrši ispitivanje istovremenog uticaja velikog broja prirodno-geoloških i tehničko-tehnoloških faktora koji deluju u sistemu proizvodnje otkopa.

Da bi se mogle uspešno primeniti matematičko-analitičke metode u optimizaciji sistema (metode i tehnologije) otkopavanja neophodno je prethodno primeniti metodu varijantnih tehničkih rešenja radi prethodne selekcije i sužavanja zadatka. Ovo praktično znači da je prethodno potrebno opisati metodu i tehnologiju otkopavanja a nakon toga ići u dalji postupak proračuna.

Optimizacija obuhvata iznalaženje najboljih projektnih rešenja, odnosno izbor jedne od mogućih alternativnih tehnoloških šema, u konkretnom slučaju sistema otkopavanja i predstavlja izbor varijante perspektivnog ponašanja ili stanja otkopa. Optimalno rešenje predstavlja najbolje rešenje po određenim kriterijumima optimalnosti.

Otkopne radove karakteriše zajedničko optimiziranje izbora metode i tehnologije otkopavanja, načina mehanizovanja, upravljanja krovinom, odnosno određivanje parametara otkopa, proizvodnosti i produktivnosti, proizvodne cene i neophodne količine vazduha.

Kriterijum optimalnosti predstavlja pokazatelj koji ima ulogu efektivnosti i svojstava, odnosno sredstava ocene uspeha rešavanja procesa ili objekta prema postavljenom cilju. Matematička zavisnost kriterijuma optimalnosti (efektivnosti) od parametara i karakteristika objekta, tehnološkog procesa ili elemenata procesa predstavlja funkciju cilja.

Postupak optimizacije zasniva se na korišćenju više prikladnih matematičkih metoda: računom varijanata i ekonomsko-matematičkim modeliranjem, dobivanjem složenih rešenja, ispitivanjem ekstrema funkcija, linearnim programiranjem, dinamičkim programiranjem i metodom grafa, statističkom analizom i prognoziranjem, pouzdanošću prostih i složenih sistema i dr.

Konkretna primena matematičke metode za određivanje i optimizaciju parametara podzemnog sistema ili otkopa, odnosno tehnološkog procesa obično dovodi do izrade modela koji predstavlja suštinu procesa ili objekta podzemnog sistema. Za optimiziranje parametara otkopa u ovom radu korištena je metoda varijanata i ekonomsko-matematičko modeliranje, te se daju osnove ove metode.

U praksi se izbor racionalnih rešenja vrši metodom upoređivanja varijanata kao najrasprostranjenijom metodom kompleksne optimizacije parametara korištenjem matematičkih metoda izračunavanja i izbora tehnički najcelishodnijih i ekonomski

najefektivnijih parametara rudnika primenom niza teorija. Kada je sadržaj varijante koja rešava jedan od elemenata tehnološkog procesa izražen vrednosnim parametrima koji predstavljaju kriterijume njene ocene, tada se određuje izraz funkcije kriterijuma ekonomsko-matematičkog modela varijante koji se za rešavanje prikazuje u vidu programa iskazanog programskim jezikom računara.

Ekonomsko-matematičko modeliranje predstavlja dalji razvoj metoda varijanata i predstavlja obradu matematičkih i logičkih izraza zavisnosti kriterijuma optimalnosti kvalitativnih i kvantitativnih parametara podzemnog sistema i proizvodnih procesa.

U ovome radu izvršena je optimizacija stubnog otkopa sa primenom „multiutovarivača“ za dobijanje i utovar uglja na otkopu.

5.2. Optimizacija parametara stubnog otkopa

5.2.1. Područje primene

Stubna metoda otkopavanja ima najširu primenu za otkopavanje ugljenih slojeva u složenim prirodno-geološkim uslovima eksploatacije, sa intenzivno izraženom tektonikom i dužinama otkopnih polja, odnosno otkopnih blokova neracionalnih za primenu metoda širokih čela sa kompleksnom mehanizacijom.

Ovu metodu otkopavanja karakteriše:

- široka primena zbog mogućnosti prilagođavanja geometrije radne fronte otkopa i taktike otkopavanja u složenim uslovima otkopavanja,
- niska proizvodnost i produktivnost, što iziskuje potrebu rada većeg broja otkopnih jedinica,
- nizak stepen mehanizovanosti, izuzev transporta,
- visoko učešće pripremnih radova,
- nizak koeficijent iskorišćenja rezervi uglja.

Stubna „V“ metoda otkopavanja verifikovana je za primenu u uslovima:

- debljine ugljenog sloja 2,5 - 5 m,
- nagiba ugljenog sloja do 25 stepeni.

U ovako ograničenim uslovima dobijaju se niski proizvodni rezultati, te se u ovoj analizi obrađuje primena tehnologije otkopavanja sa povećanom visinom dobivanja i sa primenom „multiutovarivača“. Na osnovu sagledavanja karakteristika slojeva mrkog uglja, uslova obrušavanja, geometrije otkopa, minerskih karakteristika primenjenih eksplozivnih sredstava i dosadašnjih iskustava odabrana je maksimalna debljina ugljenog sloja za otkopavanje u jednom zahvatu od $d = 10$ m .

S obzirom da se radi o povećanim debljinama ugljenog sloja predviđa se primena tehnologije dobivanja miniranjem sa dubokim minskim bušotinama (DBM) i sa višefunkcijskim utovarivačem.

5.2.2. Opis stubne metode otkopavanja

Osnovni princip stubne metode otkopavanja sastoji se u otkopavanju pripremljenih stubova, i to povlačenjem otkopnih uskopa na obe strane.

Osnovna priprema za primenu navedene metode otkopavanja sastoji se u izradi prostorija po pružanju ugljenog sloja - osnovica za otkopavanje kojima se otkopno polje deli po padu sloja na nagnute stubove dužine cca 30 m.

Osnovice za otkopavanje se izrađuju u podnom delu ugljenog sloja (a u slučaju bujave podine ostavlja se zaštitna ploča debljine 0,5 - 1,0 m) i u toku otkopavanja se međusobno povezuju spojnim vezama radi bolje organizacije transporta i provetravanja. Izrada otkopnih osnovica se vrši bušačko-minerskim radovima i rezanjem sa multiutovarivačem. Podgrađuje se najčešće čeličnom kružnom podgradom.

Dobivanje uglja se vrši u 3 faze, i to:

- I faza otkopavanja - izrada otkopne pripreme (uskopa),
- II faza otkopavanja - dobivanje uglja i bočnih krila u potkopnom i natkopnom delu iznad otkopne pripreme,
- III faza otkopavanja - dobivanje uglja iz bočnih krila u potkopnom delu iznad raskršća otkopne osnovice i otkopne pripreme.

Otkopna priprema se izrađuje iz otkopne osnovice po podini ugljenog sloja sa dužinom 30 m. Izrada otkopnih priprema se vrši bušačko-minerskim radovima i rezanjem sa multiutovarivačem . Podgrađuje sa drvenim trapeznim okvirima, koji se ojačavaju podvlakama i po potrebi srednjim stupcima.

Po završetku izrade otkopne pripreme započinje se sa otkopavanjem bočnih krila i natkopnog dela. Širina bočnih krila iznosi prema starom radu 3,0 m, a prema narednom stubu 2,0 m. Dobivanje uglja u ovoj fazi vrši se naizmenično miniranjem bokova i stropa sa lepezom dubokih bušotina, sa jednim ili više razdvojenih (parcijalnih) punjenja. Posle miniranja svake lepeze vrši se separatno provetravanje radilišta, a zatim utovar uglja u grabuljasti transporter i izvoz uglja iz otkopa .

Točenje uglja iz otkopa vrši se postupno sa kontinuiranim podasipom starog rada. Na ovaj način se uspostavlja kontinuirano točenje uglja iz odminirane lepeze i zastalog dela od prethodnih lepeza.

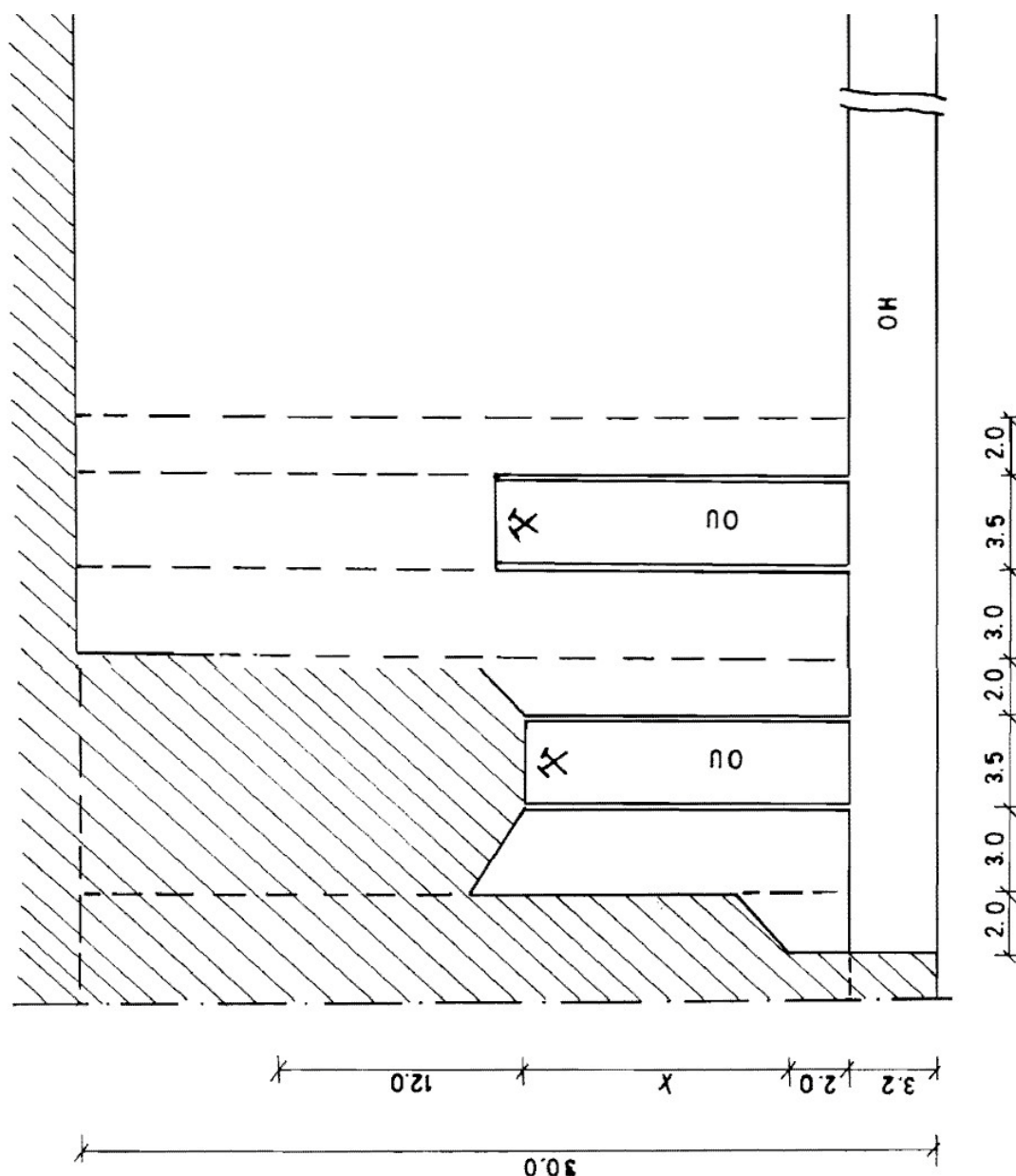
Dobivanje uglja iznad raskršća otkopne osnovice i otkopne pripreme vrši se u trećoj fazi otkopavanja koja predstavlja završnu fazu otkopavanja jedne otkopne pripreme (uskopa).

Provetravanje otkopnih priprema i otkopa vrši se separatno sa cevnim ventilatorima koji se lociraju u ograncima sveže vazdušne struje.

Transport uglja kod ove metode je mehanizovan, a uspostavlja se sa dvolančanim grabuljastim transporterima koji se sukcesivno produžavaju sa napredovanjem radilišta, odnosno skraćuju kod povlačenja otkopa.

Na jednoj otkopnoj osnovici formiraju se obično dva radilišta, pri čemu je jedno uvek u napredovanju, a drugo u povlačenju. Dispozicija radilišta na jednoj otkopnoj osnovici kod primene ove metode otkopavanja prikazana je na slici br. 5.1.

Radne operacije na radilištima obavljaju grupe sastavljene od po četiri radnika odgovarajuće kvalifikacione strukture.



Slika 5.1. Dispozicija otkopa u jednom otkopnom subu

5.2.3. Kapacitet stubnih otkopa

Istraživanja parametara stubnih otkopa u osnovi polaze od najvažnijeg parametara, debljine ugljenog sloja koji se otkopava.

U samom otkopnom polju visina proizvodnje zavisi od broja otkopnih jedinica, odnosno broja otkopnih osnovica na kojima se istovremeno vrše radovi otkopavanja.

Kod proračuna kapaciteta pošlo se od postavke da se proizvodnja dobiva sa jedne otkopne osnovice u otkopnom polju, na kojoj radove izvode istovremeno dva radilišta. Ovako formirana radilišta čine jednu otkopnu bateriju.

Kapacitet otkopa stubne otkopne baterije sa tehnologijom dobivanja sa multiutovarivačem i DBM sastoji se od zbirnog kapaciteta otkopa u napredovanju (I faza) i otkopa u povlačenju (sa natkopnim dobivanjem - II i III faza).

$$Q_v = q_{vn} + q_{vp},$$

gde su:

q_{vn} - kapacitet otkopa u napredovanju

q_{vp} - kapacitet otkopa u povlačenju.

Kapacitet otkopa u napredovanju iznosi

$$q_{vn} = F_n \times \gamma \times n_1, \text{ (t/smenu)}$$

gde je:

$F_n = 8,52 \text{ m}^2$ - profil otkopa u napredovanju,

$\gamma = 1,30$ - zapreminska masa uglja

n_1 = napredovanje otkopa u smeni (m/smenu)

$$n_1 = a + \frac{b}{d}$$

Veličine F_n i γ su konstantne, dok je veličina n_1 promenljiva i uglavnom zavisi od organizacije rada i primenjene mehanizacije.

Kapacitet otkopa u napredovanju u povlačenju se izračunava pomoću izraza:

$$q_{vp} = F_p \times \gamma \times \xi \times n_2 \text{ (t/smenu),}$$

gde su:

F_p - poprečni profil otkopa u povlačenju (m^2)

γ - zapreminska masa uglja (1,30)

ξ - koeficijent iskorišćenja (0,80)

n_2 - brzina povlačenja otkopa (m/smenu)

$$F_p = (S \times d) - F_n$$

Površina poprečnog preseka je određena širinom otkopa S ($8,5 \text{ m}^2$), debljinom ugljenog sloja d umanjenog za profil otkopa u napredovanju ($8,5 \text{ m}^2$)

$$F_p = 8,5 d - 8,5$$

Koeficijent iskorišćenja usvaja se kao veličina $\gamma = 0,80 \%$ dobivena na osnovu statističke analize iskustvenih podataka i analize rada multiutovarivača.

Ukupno raspoloživo radno vreme u smeni je različito o rudnika do rudnika, a za potrebe izračunavanja vremena trajanja pojedinih radnih operacija usvojene su sledeće prosečne veličine:

- radno vreme u jami	450 min.
- dolazak na radilište	30 min.
- odmor u toku smena	30 min.
- odlazak sa radilišta	30 min.

- efektivno radno vreme u smeni	360 min.

Vreme trajanja ciklusa na dobivanju uglja zavisi od vremena trajanja pojedinih radnih operacija:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \text{ (min)}$$

gde je:

t_1 - vreme pripremnih radnji (min)

t_2 - vreme za izradu minskih bušotina (min)

t_3 - vreme punjenja i paljenja minskih bušotina (min)

t_4 - vreme za utovar i odvoz uglja

t_5 - vreme za podgrađivanje, odnosno osiguranje otkopa (min)

t_6 - vreme izvršenja pomoćnih radnih operacija (min)

Vremena $t_1, t_5 + t_6$ za sve debljine sloja imaju iste vrednosti, dok vremena t_2, t_3 i t_4 direktno zavise od debljine sloja koji se otkopava.

Na osnovu analize vremena izvršenja radnih operacija (t_2, t_3 i t_4) i promene debljine sloja ($d = 3 - 10$ m) formirana je kriva promene brzine napredovanja - povlačenja otkopa:

$$n_2 = a + \frac{b}{d} \text{ (m/smenu),}$$

gde su:

$a = 0,77$ i $b = 1,93$ koeficijenti dobiveni analizom vremena izvršenja pojedinih radnih operacija.

Sređivanjem izraza za kapacitet otkopa u povlačenju dobiva se sledeći oblik:

$$q_{vp} = (8,5 \times d - 8,5) \times 1,04 \times \left(0,77 + \frac{1,93}{d} \right) \text{ (t/ smenu)}$$

Izračunavanje vrednosti parametara vršeno je na računaru po izrađenom matematičkom modelu, a međusobne zavisnosti ispitivanih veličina prikazane su tabelarno i dijagramski.

$$1. d = 3, \dots, 10 \text{ m}$$

$$2. q_{vn} = F_n \times \gamma \times n_1$$

$$F_n = 8,5m^2$$

$$n_1 = n_2 = a + \frac{b}{d}$$

$$3. q_{vp} = (8,5 \times d - 8,5) \times 1,04 \times \left(0,77 + \frac{1,93}{d} \right)$$

$$4. q_{vob} = (q_{vn} + q_{vp})$$

$$5. Q_{VN} = 3 \times q_{VN} \times 264$$

$$6. Q_{VP} = 3 \times q_{VP} \times 264$$

$$7. Q_{VOB} = 3 \times q_{VOB} \times 264$$

$$8. N_{vn} = 3048$$

$$9. N_{vp} = 3048$$

$$10. N_{vob} = (N_{vn} + N_{vp})$$

$$11. U_{vn} = \frac{Q_{vn}}{N_{vn}}$$

$$12. U_{vp} = \frac{Q_{vp}}{N_{vp}}$$

$$13. U_{vob} = \frac{Q_{vob}}{N_{vob}}$$

$$14. N_1 = 3 \times 264 = 762$$

$$15. N_2 = 762 \times n_{2s}$$

Tabela 5.1. Promena parametara stubnog otkopa u povlačenju u zavisnosti od debljine sloja

Debljina sloja d (m)	KAPACITET OTKOPA		NAPR. - POVL. OTKOPA		NADNICE		UČINAK OTKOPA U_p (t/nad)
	smenski q_{vp} (t/sm)	dnevni q_{vpd} (t/d)	smensko n_{2s} (m/sm)	dnevno n_{2d} (m/d)	u smeni	dnevno	
1	2	3	4	5	6	7	8
3	24,99	74,96	1,41	4,24	4	12	6,25
4	33,22	99,65	1,25	3,76	4	12	8,30
5	40,88	122,63	1,16	3,47	4	12	10,22
6	48,25	144,76	1,09	3,28	4	12	12,06
7	55,46	166,39	1,05	3,14	4	12	13,87
8	62,58	187,73	1,01	3,03	4	12	15,64
9	69,62	208,86	0,98	2,95	4	12	17,40
10	76,62	229,85	0,96	2,89	4	12	19,15

Tabela 5.2. Proračun parametara otkopne baterije

Debljina sloja d (m)	Smenska proizvodnja (t/sm)			Godišnja proizvodnja (t/god)			Nadnice (nad/god)			Učinak (t/god)			Napredovanje (m/god)	
	q _{vn} otkop u napr.	q _{vp} otkop u povl.	q _{vob} otkopna baterija	Q _{vn} otkop u napr.	Q _{vp} otkop u povl.	Q _{vob} otkopna baterija	N _{vn} otkop u napr.	N _{vp} otkop u povl.	N _{vob} otkopna baterija	U _{vn} otkop u napr.	U _{vp} otkop u povl.	U _{vob} otkopna baterija	N ₁ otkop u napr.	N ₂ otkop u povl.
1														
3	11,05	24,99	36,04	8.751,60	19.790,28	28.541,88	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	6,49	4,68	762,00	1.076,96
4	11,05	33,22	44,27	8.751,60	26.307,31	35.058,91	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	8,63	5,75	762,00	954,41
5	11,05	40,88	51,93	8.751,60	32.373,92	41.125,52	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	10,62	6,75	762,00	880,87
6	11,05	48,25	59,30	8.751,60	38.215,32	46.966,92	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	12,54	7,70	762,00	831,85
7	11,05	55,46	66,51	8.751,60	43.928,03	52.679,63	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	14,41	8,64	762,00	796,83
8	11,05	62,58	73,63	8.751,60	49.560,31	58.311,91	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	16,26	9,57	762,00	770,57
9	11,05	69,62	80,67	8.751,60	55.138,97	63.890,57	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	18,09	10,48	762,00	750,15
10	11,05	76,62	87,67	8.751,60	60.680,09	69.431,69	3.048,00	3.048,00	6.096,00	2,87	19,91	11,39	762,00	733,81

Specifikacija opreme i uređaja i potrošnja normativnog materijala

a) Specifikacija opreme i uređaja

Tabela 5.3. Specifikacija opreme i uređaja za stubni otkop

Red. br.	Naziv opreme	kom.	Jed. Cena (EUR)	Ukupno (EUR)
1	2	3	4	5
1.	Grabuljasti transporter - radilišni - L = 30 m	2	16.667	33.333
2.	Grabuljasti transporter - sabirni - L = 50 m	1	16.667	16.667
3.	Transportna traka	1	28.333	28.333
4.	Bušilica	2	21.300	42.600
5.	Separatni ventilator	1	15.000	15.000
6.	Mašina za paljenje mina	1	1.250	1.250
7.	Multiutovarivač sa opremom (komplet)	1	330.000	330.000
8.	UKUPNA VREDNOST			467.183

b) Potrošnja normativnog materijala

Kod stubnih otkopa potrošnja normativnog materijala se vrši kod :

- izrade otkopnih priprema - uskopa,
- otkopa u povlačenju.

U tabelarnom delu se daje prikaz potrošnje normiranog materijala kod navedenih radova.

Tabela 5.4. Potrošnja normativnog materijala kod stubnog otkopa

Red. br.	Naziv materijala	Jedinica mere	Normativ za izradu otkopnih uskopa (po m')	Normativ za otkop u povlačenju (po t)
1	2	3	4	5
1.	Obla jamska građa	m ³	0,95	0,0000
2.	Rezana jamska građa	m ³	0,00	0,0000
3.	Vetrene cevi	m'	0,21	0,0030
4.	Eksploziv	kg	9,10	0,4600
5.	Električni upaljači	kom.	17,00	0,8000
6.	Korita transportera	kom.	0,19	0,0021
7.	Lanci transportera	m	0,14	0,0040
8.	Električni kablovi	m	0,21	0,0000
9.	Burgije za bušenje	kom.	0,18	0,0014
10.	Krone za bušenje	kom.	0,18	0,0035
11.	Električna energija	kWh	100,00	20,0000
12.	Zupci rezne glave	kom.	0,12	0,0010

Tabela 5.5. Obračun godišnjih troškova normativnog materijala za izradu otkopnih uskopa

Red. br.	Naziv materijala	Troškovi (EUR)
1.	Obla jamska građa	57.308,75
2.	Rezana jamska građa	0,00
3.	Vetrene cevi	2.536,32
4.	Eksploziv	10.112,38
5.	Električni upaljači	11.766,55
6.	Korita transportera	29.961,01
7.	Lanci transportera	5.334,00
8.	Električni kablovi	1.333,50
9.	Burgije za bušenje	24.003,00
10.	Krone za bušenje	1.428,75
11.	Električna energija	5.715,00
12.	Zupci rezne glave	1.619,25
13.	Ukupno	151.118,51

Tabela 5.6. Obračun godišnjih troškova normativnog materijala za stubni otkop u povlačenju

Red. br.	Naziv materijala	Debljina sloja (d)									
		3	4	5	6	7	8	9	10		
1.	Obla jamska grada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	Rezana jamska grada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.	Vetrene cevi	941,03	1.250,91	1.539,38	1.817,14	2.088,78	2.356,59	2.621,86	2.885,34		
4.	Eksploziv	13.275,98	17.647,82	21.717,50	25.636,11	29.468,39	33.246,71	36.989,06	40.706,23		
5.	Električni upaljači	14.380,94	19.116,64	23.525,05	27.769,80	31.921,04	36.013,83	40.067,65	44.094,20		
6.	Korita transportera	8.600,41	11.432,56	14.068,98	16.607,52	19.090,13	21.537,80	23.962,16	26.370,20		
7.	Lanci transportera	3.958,06	5.261,46	6.474,78	7.643,06	8.785,61	9.912,06	11.027,79	12.136,02		
8.	Električni kablovi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
9.	Burgije za bušenje	4.848,62	6.445,29	7.931,61	9.362,75	10.762,37	12.142,28	13.509,05	14.866,62		
10.	Krone za bušenje	721,52	959,12	1.180,30	1.393,27	1.601,54	1.806,89	2.010,27	2.212,30		
11.	Električna energija	29.685,43	39.460,96	48.560,88	57.322,98	65.892,05	74.340,47	82.708,45	91.020,14		
12.	Zupci rezne glave	350,45	465,86	573,29	676,73	777,89	877,63	976,42	1.074,54		
13.	Ukupno	76.762,44	102.040,64	125.571,77	148.229,36	170.387,79	192.234,24	213.872,71	235.365,59		

5.2.4. Troškovi proizvodnje kod stubne otkopne baterije

Ukupni troškovi proizvodnje kod otkopne baterije primenom mehanizovanih stubnih otkopa, izračunavaju se kao zbir pojedinačnih troškova tehnoloških faza rada:

$$T_u = T_1 + T_2 + T_3 \text{ (EUR)},$$

gde su :

T_1 - troškovi sredstava za rad (din)

T_2 - troškovi izrade otkopnih uskopa (din)

T_3 - troškovi otkopa u povlačenju (din)

Troškovi sredstava za rad (T_1) predstavljaju troškove amortizacije, tekućeg i investicionog održavanja instalirane opreme.

Troškove izrade otkopnih priprema (T_2) čine troškovi predmeta rada i radne snage za ovu fazu rada, a u ovoj analizi su izdvojeni radi detaljnijeg sagledavanja njihovog uticaja na veličinu troškova otkopavanja.

U troškovima otkopa u povlačenju figurišu troškovi predmeta rada koji se menjaju sa debljinom sloja koji se otkopava i troškovi radne snage za ovu fazu otkopavanja.

$$T_2 = 198,32 \times N_1 + 42.600,00 \times 1,0$$

$$T_2 = 193.718,51 \text{ (EUR)}$$

$$T_3 = (3,88 \times Q_{vp} \times 1,0) + (42.600,00 \times 1,0),$$

$$T_3 = (3,88 \times Q_{vp}) + 42.600,00 \text{ (EUR)}$$

Sređivanjem pojedinačnih troškova dobiva se izraz za ukupne troškove:

$$T_u = 318.542,51 + (3,88 \times Q_{vp}) \text{ (EUR)}$$

Jedinični troškovi proizvodnje otkopne baterije dobija se iz izraza:

$$T_0 = \frac{T_u}{Q_{vob}} \text{ (EUR/t)}$$

Za vrednosti debljine sloja koji se otkopava ($d = 3, \dots, 10 \text{ m}$) prikazani su tabelarno i dijagramski ukupni i jedinični troškovi po strukturi za otkopnu bateriju.

I Troškovi sredstava za rad

Obračun amortizacije

(u EUR)

Naziv osnovnog sredstva	Nabavna vrednost osn. sredstva	God. star. otpisa	Godišnja amortizacija	Mesečna amortizacija
1. Oprema za otkopavanje uglja	467.183	10	51.390	4.283
2. Troškovi investicionog održavanja (30% na obračunatu amortizaciju)			15.417	1.285
3. Troškovi tekućeg održavanja (30% na obračunatu amortizaciju)			15.417	1.285
UKUPNI TROŠKOVI SREDSTAVA ZA RAD			82.224	6.852

II Troškovi predmeta rada

Obračun troškova normativnog materijala za prostorija osnovica i otkopne pripreme izveden je na osnovu cena i normativa prema tabeli 5.4.

Radovi	Vrednost u EUR/m'
Izrada otkopnih uskopa	198,32

III Troškovi radne snage

1) Troškovi radne snage na izradi otkopnih uskopa

Red. broj	Kvalifikacija	Broj nadnica u smeni	Mesečna bruto zarada po nadnici (EUR)	Mesečna bruto zarada	Godišnja bruto zarada
1	KV radnik	1	1.150,00	1.150,00	13.800,00
2	PK radnik	1	900,00	900,00	10.800,00
3	NK radnik	2	750,00	1.500,00	18.000,00
4	UKUPNO	4		3.550,00	42.600,00

2) Troškovi radne snage za otkop u povlačenju

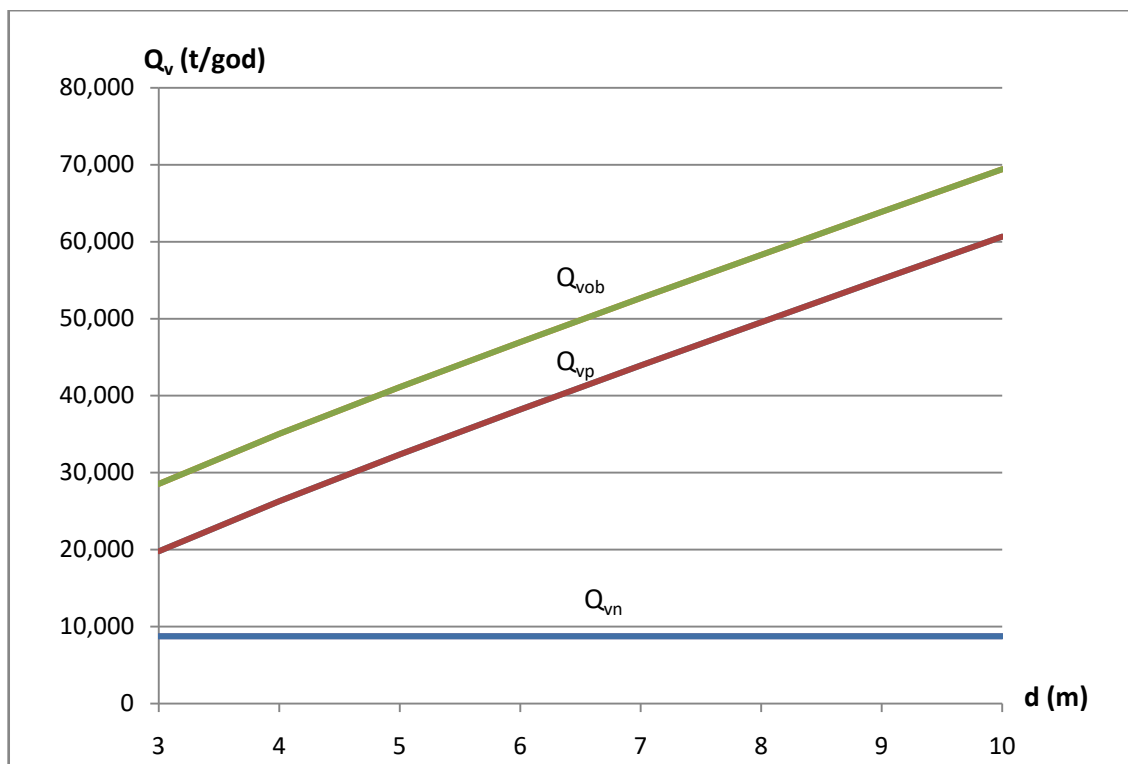
Red. broj	Kvalifikacija	Broj nadnica u smeni	Mesečna bruto zarada po nadnici (EUR)	Mesečna bruto zarada	Godišnja bruto zarada
1	KV radnik	1	1.150,00	1.150,00	13.800,00
2	PK radnik	1	900,00	900,00	10.800,00
3	NK radnik	2	750,00	1.500,00	18.000,00
4	UKUPNO	4		3.550,00	42.600,00

Tabela 5.7. Pregled ukupnih troškova proizvodnje za otkopnu bateriju

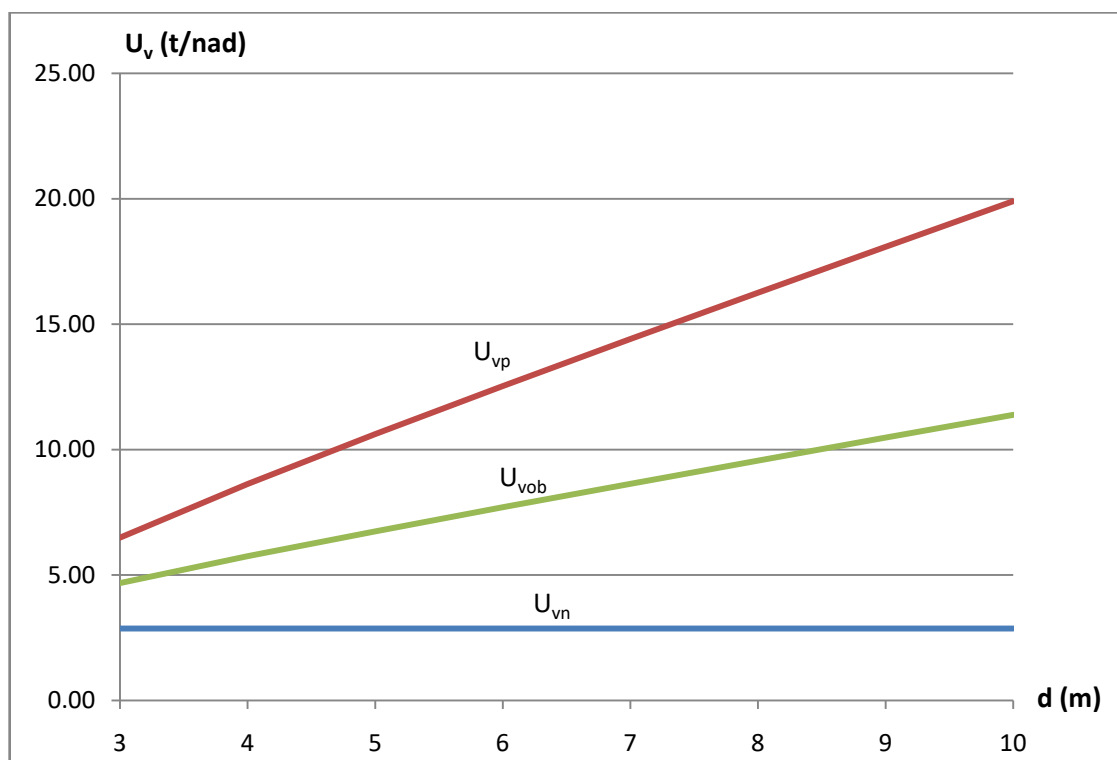
Red. Broj	Troškovi	Debljina sloja (d)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
1	Troškovi sredstva rada (T_1)	82.224,27	82.224,27	82.224,27	82.224,27	82.224,27	82.224,27	82.224,27	82.224,27
2	Trošk. izr. otk. uskopa (T_2)	193.718,51	193.718,51	193.718,51	193.718,51	193.718,51	193.718,51	193.718,51	193.718,51
3	Trošk. otkopa u povl. (T_3)	119.362,44	144.640,64	168.171,77	190.829,36	212.987,79	234.834,24	256.472,71	277.965,59
4	UKUPNO TROŠKOVI	395.305,21	420.583,41	444.114,54	466.772,13	488.930,56	510.777,02	532.415,49	553.908,37

Tabela 5.8. Pregled jediničnih troškova (T_o) za otkopnu bateriju

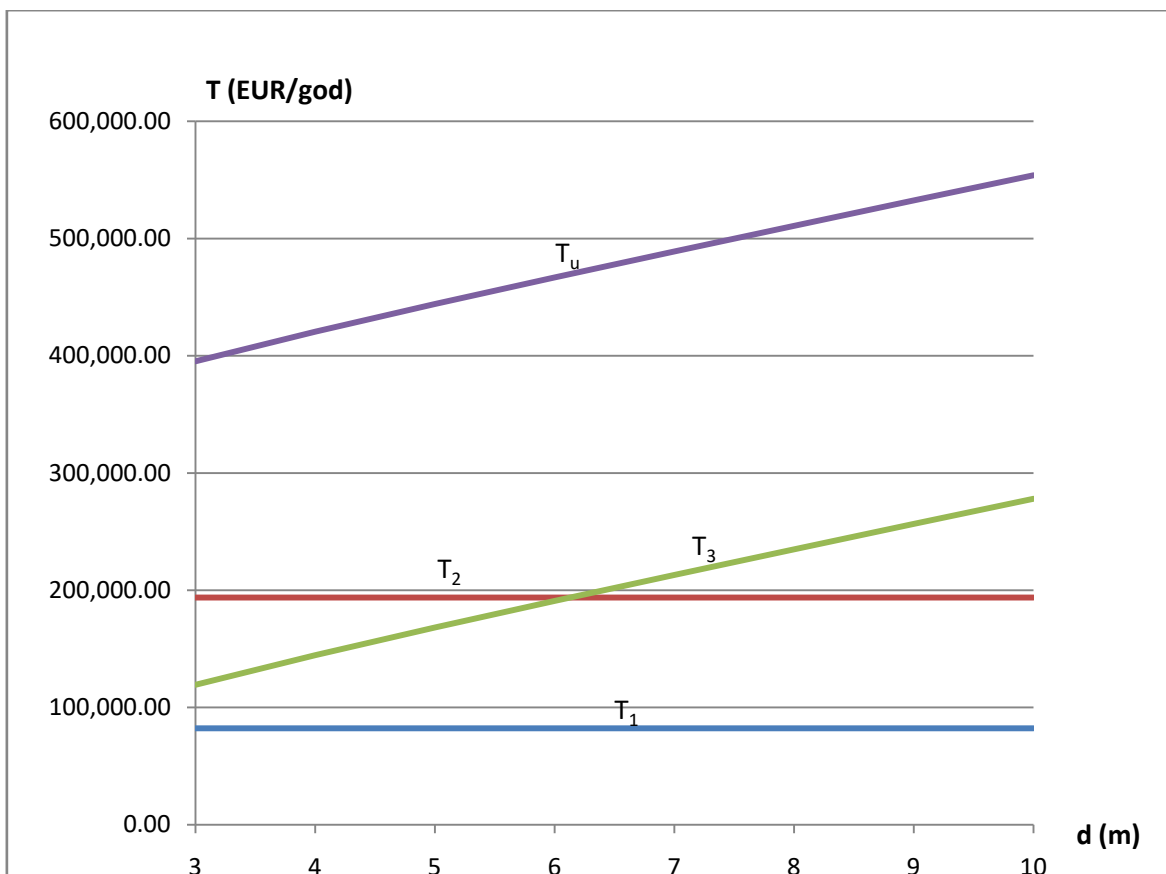
Red. Broj	Troškovi	Debljina sloja (d)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
1	Troškovi sredstva rada (T_{o1})	2,88	2,35	2,00	1,75	1,56	1,41	1,29	1,18
2	Trošk. izr. otk. uskopa (T_{o2})	6,79	5,53	4,71	4,12	3,68	3,32	3,03	2,79
3	Trošk. otkopa u povl. (T_{o3})	4,18	4,13	4,09	4,06	4,04	4,03	4,01	4,00
4	UKUPNO TROŠKOVI	13,85	12,00	10,80	9,94	9,28	8,76	8,33	7,98



Slika 5.2. Zavisnost godišnje proizvodnje stubne otkopne baterije od debljine sloja



Slika 5.3. Zavisnost učinaka kod stubne otkopne baterije od debljine sloja



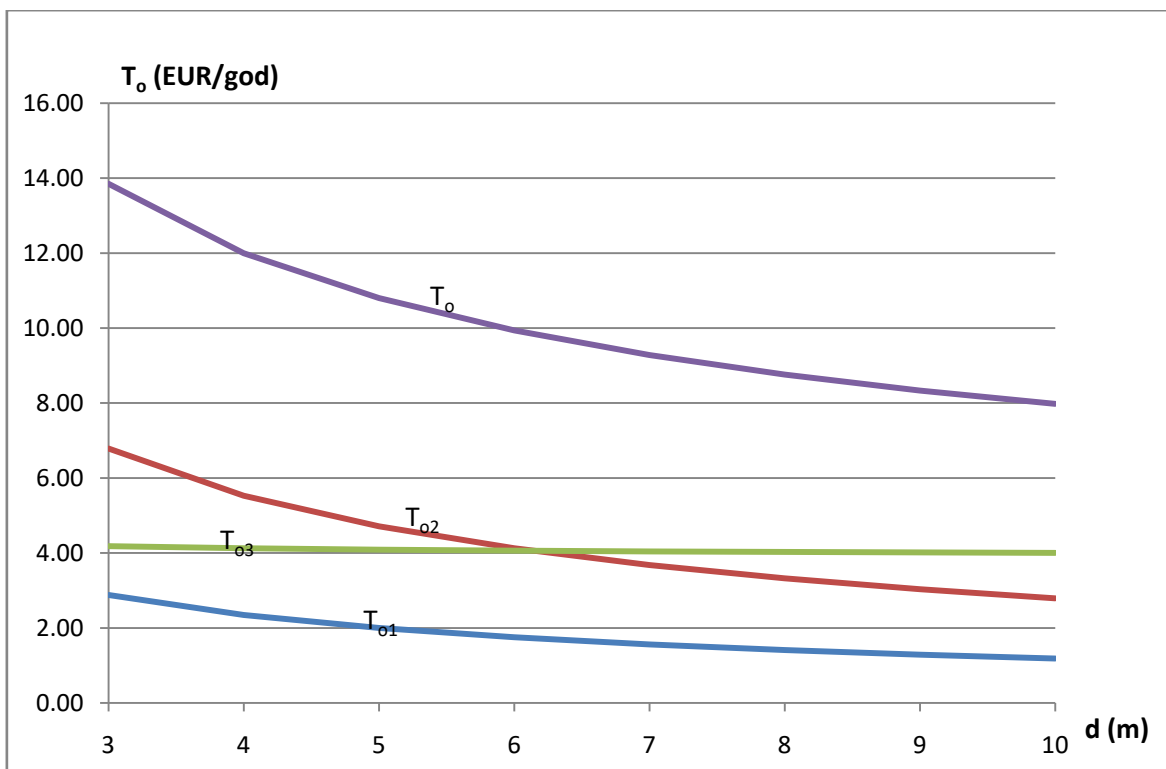
Slika 5.4. Zavisnost troškova proizvodnje stubne otkopne baterije od debljine sloja

T_1 - troškovi sredstava rada (EUR/god.)

T_2 - troškovi izrade otkopnih uskopa (EUR/god.)

T_3 - troškovi otkopa u povlačenju (EUR/god.)

T_u - ukupni troškovi stubne otkopne baterije (EUR/god.)

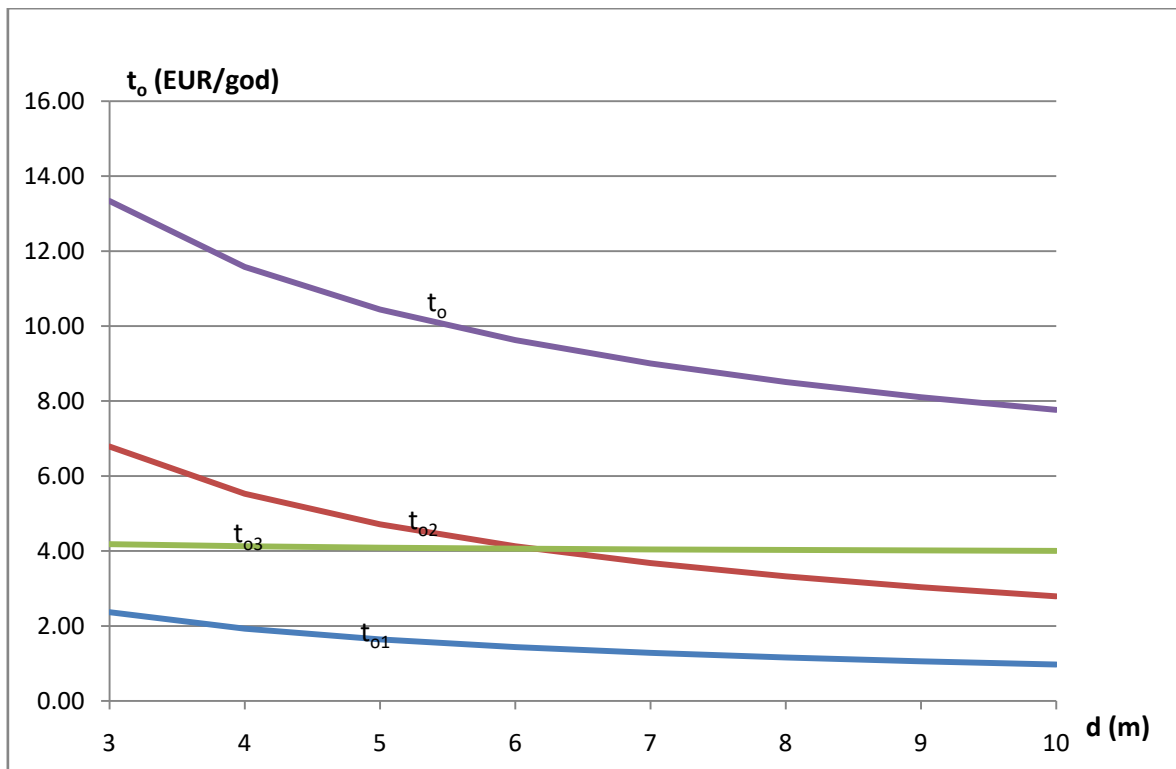


Slika 5.5. Zavisnost jediničnih troškova proizvodnje od debljine sloja za otkopnu bateriju

T_{o1} - jedinični troškovi sredstava rada (EUR/t)

T_{o2} - jedinični troškovi izrade otkopnih uskopa (din/t)

T_{o3} - jedinični troškovi otkopa u povlačenju (din/t)



Slika 4.6. Zavisnost jediničnih troškova proizvodnje od debljine sloja za stubni otkop sa multivarivačem i DBM

t_{o1} - jedinični troškovi sredstava rada (EUR/t)

t_{o2} - jedinični troškovi izrade otkopnih uskopa (EUR/t)

t_{o3} - jedinični troškovi otkopa u povlačenju (EUR/t)

5.2.5. Troškovi proizvodnje stubnog otkopa

Troškovi stubnog otkopa se sastoje od:

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3 \text{ (EUR), gde su:}$$

t_1 - troškovi sredstava rada.

t_2 - troškovi izrade otkopnih uskopa.

Dužina otkopnih uskopa koji će biti povučeni otkopavanjem jednak je napredovanju - povlačenju otkopa N_2 . Za određene dužine se vrši izračunavanje troškova materijala i troškova radne snage.

t_3 - troškovi otkopa u povlačenju, a sastoje se od troškova radne snage i troškova materijala.

Izračunavanje troškova stubnog otkopa vrši se pomoću izraza:

$$t_1 = 67.622,13 \text{ (EUR/t)}$$

$$t_2 = 198,32 \times N_2 \text{ (EUR/t)}$$

$$t_3 = 3,88 \times Q_{vp} + 42.600,00 \text{ (EUR/t)}$$

gde su:

$$N_2 = 609,84 + \frac{1.528,56}{d}$$

$$Q_{vp} = (8,5 \times d - 8,5) \times N_2$$

Sređivanjem izraz za troškove stubnog otkopa dobija se oblik :

$$t_u = t_1 + t_2 + t_3$$

$$t_u = 110.222,13 + 198,32 \times N_2 + 3,8 \times Q_{vp}$$

Prosečni jedinični troškovi su rezultat odnosa ukupnih jediničnih troškova i godišnjeg kapaciteta otkopa za određenu debljinu ugljenog sloja koji se otkopava:

$$t_o = \frac{t_u}{Q_{vp}} \text{ (EUR/t)}$$

Izraz sa prosečne jedinične troškove može se pojednostaviti sa izrazom :

$$t_o = c_1 + c_2 + c_3, \text{ (EUR/t)}$$

gde je:

$$c_1 = 15,0739 \text{ (EUR/t)}$$

$$c_2 = \frac{110.222,13}{Q_{vp}} \text{ (EUR/t)}$$

$$c_3 = \frac{198,32 \times \left(609,84 + \frac{1.528,56}{d} \right)}{Q_{vp}} \text{ (EUR/t)}.$$

5.2.6. Ekonomsko-matematički model troškova proizvodnje stubnog otkopa sa metodom DBM

Na osnovu analize opštih prirodno-geoloških i fizičko-tehnoloških uslova eksploatacije, strukture troškova kod stubnog otkopa i formiranih analitičkih izraza koji dovode u vezu uticajne faktore sa kapacitetom i troškovima proizvodnje formiran je ekonomsko-matematički model troškova stubnog otkopa sa DBM u obliku:

$$t_o = 3,88 + \frac{110.222,13}{(8,5 \times d - 8,5) \times \left(491,04 + \frac{1.528,56}{d} \right)} + \frac{198,32}{(8,5 \times d - 8,5)}$$

6. OPTIMIZACIJA PARAMETARA STUBNOG SISTEMA OTKOPAVANJA U RUDNIKU „STRMOSTEN“

6.1. Dosadašnji način otkopavanja ugljenih slojeva u jami „Strmosten“

U jami „Strmosten“ je bila projektovana širokočelna otkopna metoda i jedno vreme primenjivana, ali nije se održala. Ugljeni sloj i pojava učestalih raseda uz promenljivost moćnosti dozvoljava primenu stubnih metoda. Zbog znatne moćnosti ugljenog sloja ova metoda izvodi se sa dobivanjem krovnog uglja i uz zarušavanje krovine. Zavisno od nagiba ugljenog sloja ova metoda se izvodi u tzv. „G“ ili „V“-varijante, u oba slučaja sa obaranjem krovnog uglja i zarušavanjem krovine, dok se provetravanje otkopa vrši separatno - kompresiono.

Način otkopavanja „G“ metodom je pokazan na slici 3.1., a na slici 3.2. način otkopavanja „V“ metodom.

Na otkopima nije primenjena posebna tehnika za utovar uglja ili dopremu materijala. Obično se koristi ručni utovar, pored sporadičnog korišćenja skrepera, koji ima svoje poznate nedostatke. Podgrađivanje se vrši drvenim okvirima, doprema materijala na radilište je prenosom. Zbog izrazite moćnosti sloja u odnosu na visinu otkopne pripreme, obaranje krovnog uglja vrši se pomoću bušotina različite dužine i to u odsecima od po 2 m.

Ostvarena proizvodnja uglja u 2015. godini iznosila je 85.299 tona, ili mesečno 7100 t, pri čemu se ističe da su prosečno na otkopavanju radila 4 radilišta. Praktično kapacitet jednog otkopa iznosio je 59,2 t/dan, odnosno 20 t/smeni. Navodi se činjenica da se radi u uslovima otkopavanja ugljenog sloja moćnosti 10 m.

6.2. Kapacitet proizvodnje i učinci

Za 2015. godinu na osnovu praćenja rada u jami daju se podaci u tabeli br. 6.1., za uslove otkopavanja ugljenog sloja moćnosti 10 m, o ostvarenoj proizvodnji i učincima.

Tabela 6.1. Kapacitet proizvodnje i učinci jame Strmosten 2015. god.

Mesec	Ostvarena proizvodnja (t)	Otkopni učinak (t/nad)	Jamski učinak (t/nad)	Rudnički učinak (t/nad)
Januar	6.691	7,13	1,56	1,38
Februar	6.564	8,15	1,49	1,31
Mart	7.340	7,06	1,29	1,15
April	7.171	7,60	1,61	1,42
Maj	7.247	6,61	1,77	1,57
Jun	7.344	5,73	1,54	1,36
Jul	7.205	7,81	1,71	1,49
Avgust	5.168	4,79	1,40	1,25
Septembar	7.300	8,35	1,56	1,40
Oktobar	7.605	6,89	1,56	1,41
Novembar	7.904	8,12	1,71	1,53
Decembar	7.760	6,34	1,65	1,45
2015.god.	85.299	7,05	1,57	1,39

Primenom stubne „G“ i „V“ metode uočeni su sledeći problemi:

- Pojava šupljina u krovini i bokovima prostorija osnovne i otkopne pripreme, a koje su uzrokovane zdrobljenošću uglja i korišćenju eksplozivnih sredstava prilikom izrade;
- Pojava oksidacionih procesa u nastalim šupljinama koje je sa postojećom rudničkom tehnologijom veoma teško sanirati;
- Permanizacija osnovnih i otkopnih priprema uzrokovana sporim povlačenjem otkopa zbog lokalno povećane moćnosti ugljenog sloja, lošim fizičko-mehaničkim osobinama drvene trapezne podgrade, kao i pritiscima koji deluju u masivu;
- Veliki otkopni gubici, a naročito kod slojeva veće moćnosti (preko 40%);
- Ostavljanje zaštitnih stubova prilikom otkopavanja zbog nadiranja jalovine iz starih radova i krovine (ovo je naročito izraženo kod „V“ metode otkopavanja);
- Ugrožavanje bezbednosti ljudi i opreme zbog naglog zarušavanja krovine.

6.3. Potreba izmene sada primenjene metode otkopavanja

U ležištu rudnika „Rembas“, odnosno jamama „Strmosten“, „Senjski Rudnik“, „Ravna Reka“ i „Jelovac“ nameće se potreba za iznalaženjem rešenja metode otkopavanja za otkopavanje moćnih slojeva i preko 5,0 m, jer su postojeće metode projektovane do te debljine ugljenog sloja.

Otkopna metoda koja bi došla u obzir pri eksploataciji u jami „Rembasa“ pored prilagođenosti rudarsko-geološkim uslovima treba da obezbedi ispunjavanje ekonomskih, proizvodnih i sigurnosnih parametara.

U slučajevima obaranja krovnog uglja, sa postojećom tehnikom i rasporedom mina, ne može sav ugalj iz natkopa da se jednim miniranjem obruši. U ovim slučajevima javlja se potreba i problem ulaska radnika u ne podgrađeni deo otkopa, za miniranje preostalog uglja u natkopu. Dodatni razlog za izmenu metode otkopavanja je činjenica da kod postojeće metode otkopavanja ugljenog sloja postoji veći gubitak u uglja.

Vrlo je bitno da se projektovane izmene, odnosno unapređenje metode otkopavanja sprovode po fazama i redosledu izvođenja radnih operacija uz strogo poštovanje radne discipline, čime bi se poboljšala efikasnost u iskorišćenju ugljene supstance i sigurnosti radnika.

Na osnovu izvršene analize geoloških i proizvodno-tehničkih faktora određenih u postojećoj dokumentaciji, uz kritički osvrt na dosadašnje probleme kod otkopnog uglja, dobijeni su neophodni podaci za izbor optimalnog načina otkopavanja. Podaci se odnose naročito na:

- debljinu i izmenljivost debljine ugljenog sloja,
- gubitke uglja kod otkopavanja,
- položaj, debljinu i čvrstoću jalovih proslojaka u ugljenom sloju,
- opasnost od samoupale uglja,
- ugao pada sloja,
- tektoniku u ležištu,
- fizičko-mehaničke prilike u ležištu,
- mogućnost ostvaranja projektovanog kapaciteta proizvodnje i
- sigurnost zaposlenih u svim fazama rada na otkopavanju.

Imajući u vidu značaj metode i tehnologije otkopavanja u ukupnom procesu podzemne eksploatacije uglja, pored neophodne sigurnosti i zadovoljavajuće efikasnosti, njihov izbor mora da udovolji i sledećim zahtevima:

- da omogući racionalnu i tehnički usklađenu proizvodnju,
- da obezbedi optimalnu koncentraciju proizvodnje i rada u otkopnoj jedinici u konkretnim uslovima,
- da za konkretne eksploatacione uslove, prirodne i tehničke, obezbedi u otkopnoj jedinici radni komfor,
- da se otkopavanje uglja u otkopnoj jedinici obavlja sa što manjim eksploatacionim gubicima,
- da omogući optimalne uslove za efikasan sistem provetravanja otkopne jedinice.

U konkretnom primeru za blok I projektovano je probno otkopavanje sa jednom multifunkcijskom mašinom (DHL-600 ili sličnom), pri čemu ovakva mašina bi se prvi put primenjivala u jednoj od jama JP PEU.

Sa dobijenim iskustvima u ovom probnom periodu moguće je za naredni blok II predvideti veću proizvodnju.

6.4. Prirodno-geološki uslovi eksploatacije u ležištu uglja „Strmosten“

6.4.1. Vrsta mineralne sirovine

Petrografska ispitivanja su pokazala da ugalj Resavsko-moravskog basena pripada grupi polusjajnih mrkih ugljeva. Prema srednjim vrednostima refleksije huminita ugalj ležišta „Strmosten“ se svrstava u grupu mat polusjajnih mrkih ugljeva.

6.4.2. Rezerve i kvalitet uglja

Srednji parametri kvaliteta proračunati za potrebe elaborata o rezervama su sledeći:

Tabela 6.2. Srednje aritmetičke vrednosti kvaliteta preostalih rezervi uglja ležišta „Strmosten“

	Vlaga %	Pepeo %	S-uk. %	S-pep. %	S-sag. %	Ispar. %	Sag. %	Koks %	C _{fix} %	GTE kJ/kg	DTE kJ/kg
Glavni deo sloja	16,96	14,89	1,21	0,62	0,62	36,04	68,15	47,00	32,11	19.092	18.039
Podinski deo sloja	14,52	30,65	1,73	0,51	0,99	31,52	54,83	53,96	23,31	15.524	14.793

Prema Knjizi rezervi, rezerve uglja ležišta „Strmosten“ na dan 31. 12. 2016. godine prikazane su u sledećoj tabeli:

Tabela 6.3. Rezerve uglja ležišta „Strmosten“ prema knjizi rezervi (stanje 31. 12. 2016. god.)

Geološke rezerve (t)						
Klasa	Bilansne			Vanbilansne		
Kategorija	A	B	C ₁	A	B	C ₁
Glavni + podinski	526.130	958.360	1.699.930	113.110		
Ukupno po klasama	3.184.420			113.110		
Geološke rezerve	3.297.530					

6.4.3. Istraženost ležišta

Na prostoru ležišta uglja „Strmosten“ vršeni su mnogobrojni istražni radovi koji su najvećim delom zasnovani na istražnom bušenju, rudarskim radovima i laboratorijskim ispitivanjima kvaliteta uglja. Ovi radovi su imali za cilj da pruže mogućnost upoznavanja ležišnih uslova, odrede oblik i građu ležišta, prostorni položaj ugljenih slojeva, kao i njihovih kvalitativnih i tehnoloških karakteristika, zatim, da odrede i fizičko-mehaničke osobine stena u ležištu, u meri dovoljnoj za uspešnu eksploataciju.

Istražno bušenje u metodologiji istraživanja ležišta „Strmosten“ ima dominantnu ulogu pri čemu su rađene bušotine sa površine terena, a sa izradom jamskih rudarskih radova počele su da se rade i jamske istražne bušotine. Postignuta gustina istražnih radova dala je osnovu za izvođenje pripremno-eksploatacionih radova, a eventualna problematika rešava se izvođenjem eksploatacionih istraživanja.

6.4.4. Okonturivanje ležišta

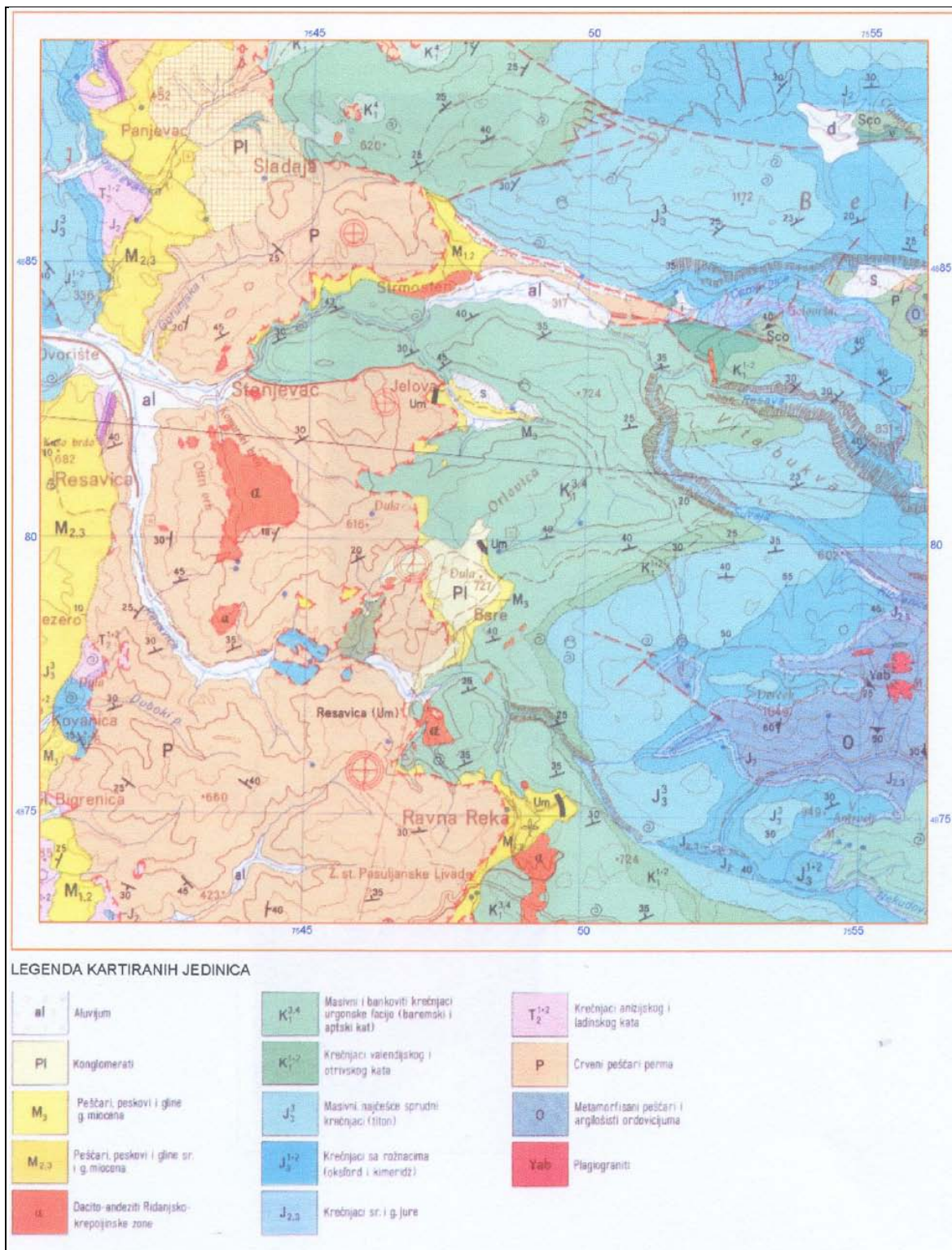
Okonturivanje ležišta je izvršeno na osnovu rezultata istražnih radova – istražnog bušenja i rudarskih radova. Granica ležišta (nulta kontura) je povučena na pola rastojanja između pozitivnih i negativnih istražnih radova. Osnovni kriterijum za okonturivanja sloja uglja, odnosno izvlačenje radne konture, u ležištu „Strmosten“ je minimalna debljina otkopavanja od 1,0 m. Maksimalna debljina jalovih, glinovitih proslojaka je do 0,5 m (preko 0,5 m je jalovina i ne ulazi u ugljeni sloj). Na osnovu ovih kriterijuma izvršeno je okonturivanje preostalih rezervi u ovom ležištu. Bilansiranje rezervi uglja treba ponovo razmotriti i podići minimalnu debljinu sloja, jer otkopavati sloj mrkog uglja od 1m u glinovitim naslagama je karajnje neracionalno.

6.4.5. Geološka građa ležišta

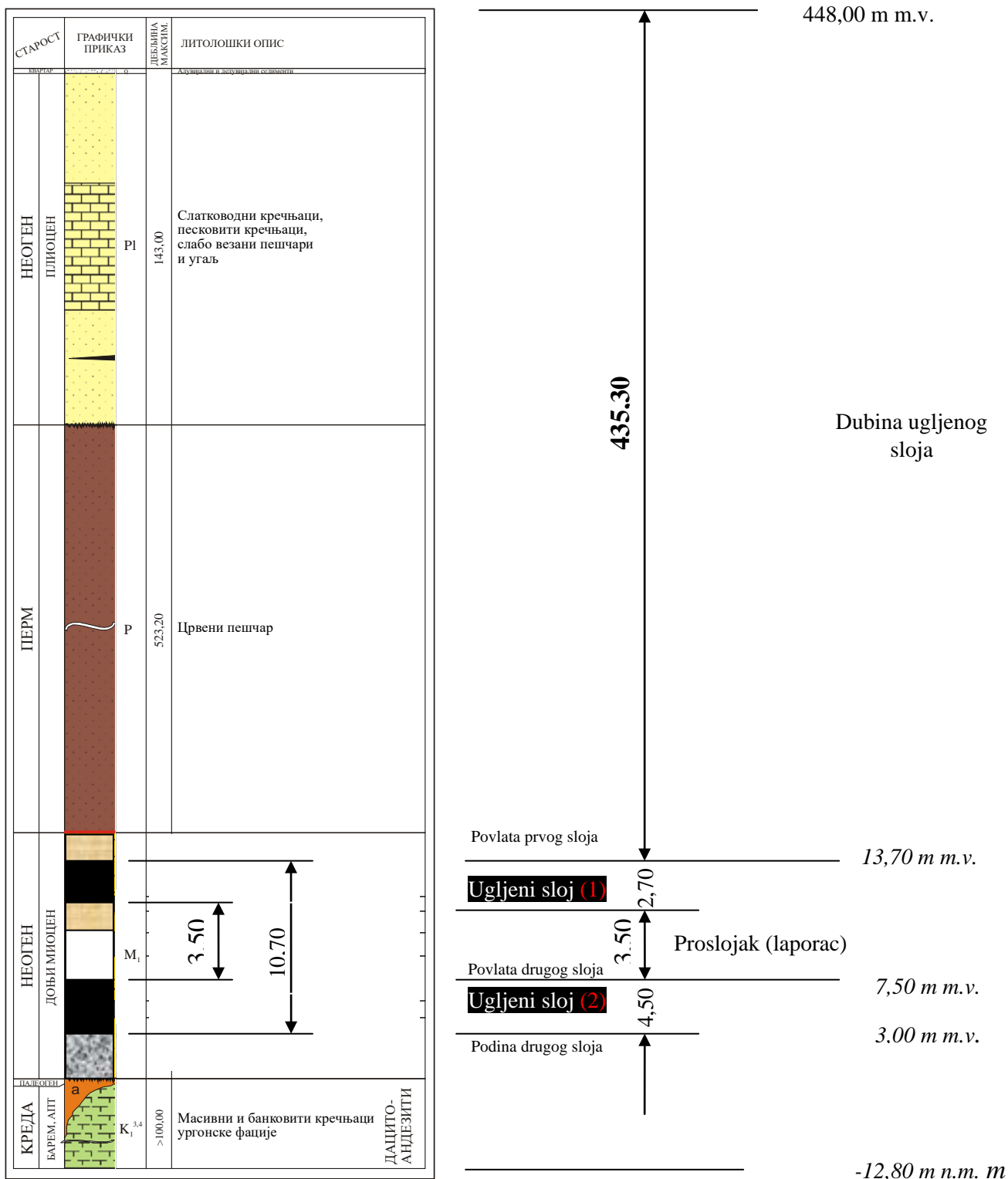
Samo ležište „Strmosten“ kao i šira okolina izgrađeno je od stena različitog litološkog sastava. Ugljonosna miocenska serija uklještena je između krednih krečnjaka i dacitoandezita i andezita, koji čine paleoreljef, i crvenih pešćara perma, koji su delimično razarajući povlatu ugljenog sloja, navučeni preko njih. Transgresivno preko permskih pešćara, koji predstavljaju krovinu ugljenog sloja, leže sedimenti pliocena i kvartara. Na osnovu rezultata geoloških istraživanja, utvrđeno je da ležište „Strmosten“ grade sledeći litološki članovi:

- kredni krečnjaci sa probojima andezita (paleoreljef),
- bazalna serija,
- podina ugljenog sloja,
- ugljeni sloj,
- povlata ugljenog sloja,
- formacija crvenih permskih pešćara i
- sedimenti pliocena i kvartara.

Geološka karta ležišta prikazana je na slici 6.1. dok je na slici 6.2. dat karakterističan litološki stub na bušotini ST-45.



Slika 6.1. Geološka karta ležišta



Slika 6.2. Karakteristični litološki prikaz ležišta obrađen na bušotini ST-45

Paleoreljef ležišta, kao i basena izgrađuju krečnjaci donje krede sa probojima andezita.

Najniži član miocenske serije predstavljaju grubo-klastični sedimenti (breče i konglomerati). Prema sastavu to su konglomerati heterogenog sastava, izgrađeni od valutaka krečnjaka, dacita i crvenih peščara.

Podinska serija predstavljena je sivozelenim glinovitim peščarima sa manjim proslojcima pretaloženih crvenih peščara u dubljim delovima, glinovitim peščarima, glincima, konglomeratima i ređe laporcima.

U ležištu „Strmosten“ razvijen je jedan ugljeni sloj složene građe, koji je u severozapadnom delu ležišta raslojen u tri dela, a u centralnom, istočnom i zapadnom delu ležišta u dva dela. Proučavanjem ugljenog sloja, analizom rezultata dubinskog bušenja i direktnim opažanjem u jami, uočava se postepen prelaz podinskih peščara u ugljeni sloj sa uklopcima uglja u gornjim delovima podinskih peščara.

Ugljeni sloj je raslojen glinovitim peščarom u istočnim delovima ležišta debljine od 0,4 do 1,5 m, da bi u zapadnom delu (bušotina ST-50) konstatovan laporac debljine 17,6 m. Raslojavanje u treći deo ugljenog sloja u istočnom delu ležišta i u jednom delu u zapadnom delu je razdvojen laporcima debljine od 3,5 do 8,4 m. Debljina ugljenog sloja u ležištu „Strmosten“ sa proslojcima peščara i laporaca se kreće od 0,10 m (bušotina ST-19) do 9,60 m (ST-22z).

Promenljivost debljine ugljenog sloja trebalo bi posmatrati odvojeno za delove sloja. Za glavni deo ugljenog sloja ne može se dati ocena primarne genetske izmenljivosti debljine iz razloga što je izražena tektonika, odnosno što je navlačenjem crvenih peščara preko ugljenog sloja razorena miocenska ugljonosna serija. Sekundarna izmenljivost debljine glavnog dela ugljenog sloja je znatna i direktni je proizvod pojava i karaktera rasedanja. Izradom jamskih prostorija utvrđeno je da, debljina glavnog ugljenog sloja varira, od retkih pojava jalovih zona duž raseda do, maksimalne debljine 9,55 m, utvrđene u TH-2. Ugljonosna miocenska serija ima pružanje jugoistok–severozapad sa padom prema jugozapadu pod uglom 10° – 20° , da bi u istočnom delu ležišta imao pružanje severoistok–jugozapad sa padom prema severozapadu.

Povlatni sedimenti ugljenog sloja ležišta „Strmosten“ predstavljeni su beličastosivim glinovitim laporcima, glinama i glinovitim sivozelenim peščarima.

Formacija crvenih peščara permske starosti izgrađena je od sitnozrnih, srednjezrnih do krupnozrnih kvarcnih peščara crvene do rumenkaste boje. Cementna masa je karbonatnog do silicijskog sastava, mestimično glinovita. Debljina ove formacije u ležištu „Strmosten“ kreće se od 176,9 m u južnom delu ležišta do 523,2 m u zapadnom delu ležišta.

6.4.6. Tektonika ležišta

U tektonskom pogledu, ležište „Strmosten“ nalazi se u severnoj oblasti zapadnog dela navlake „Rtnja i Kučaja“. Za formiranje tektonskog sklopa ležišta „Strmosten“ mogla bi da bude od značaja „druga kraljušt“ kada su tektonski pokreti, oživljavanjem raseda („Resavski rased“ i dr.) u već mobilnoj Ridanjsko-krepoljinsko-senjskoj zoni doveli do relativnog spuštavanja terena – autohton preko koga je navučen crveni pešćar-alohton. Ležište „Strmosten“ leži u jugozapadnom bloku relativno spuštenog krila „Resavskog raseda“, u kome se izdvajaju četiri strukturna sprata:

Prvi strukturni sprat čine kredni krečnjaci i daciti, koji predstavljaju paleoreljef produktivnoj miocensko ugljonosnoj seriji.

Drugi strukturni sprat čine stene ugljonosne donjomiocenske serije. Ova serija leži eroziono i diskordantno preko prvog strukturnog sprata. Ugljeni sloj, u sklopu miocenske serije sedimenata, ima pružanje jugoistok–severozapad sa padom prema jugozapadu 10° – 30° , da bi iznad kote 290,0 m u istočnom delu ležišta imao pružanje severoistok–jugozapad sa padom prema severozapadu. Ovako formiran ugljeni sloj je prividno talasastog izgleda usled velikog broja raseda.

Četvrti strukturni sprat izgrađen je od miocenskih i pliocenskih slatkovodnih sedimenata koji leže eroziono i tektonski diskordantno preko permskih crvenih pešćara. Ovi sedimenti imaju položaj blago nagnut prema zapadu.

6.4.7. Hidrogeološke karakteristike ležišta

Na osnovu dosadašnjih geoloških proučavanja ležišta „Strmosten“ i njegove okoline, prema rasprostranjenosti stena (od najviše ka najmanje rasprostranjenim) koje učestvuju u građi ležišta, mogu se izdvojiti tri tipa stena:

- permski pešćari,
- stene paleoreljefa (krečnjaci i daciti) i
- ugljonosna miocenska serija.

Navedeni sedimenti se, na osnovu strukturno-teksturnih karakteristika, poroznosti i hidrogeoloških osobina, mogu svrstati u dve grupe: stene u kojima je moguće formiranje izdani i uslovno bezvodne stene.

Prema poroznosti u litološkim članovima ležišta „Strmosten“ moguće je formiranje razbijenog tipa izdani, karstnog i pukotinskog tipa.

Formiranje karstnog tipa izdani moguće je u okviru krednih krečnjaka koji grade paleoreljef kao i obod sa severoistoka, jugoistoka i juga. U severoistočnom delu krečnjaci se, na površini, odlikuju vrtačama i drugim oblicima karstifikacije, što omogućuje potpuno poniranje padavina.

U miocenskim sedimentima moguće je proceđivanje i vlaženje iz ugljenog sloja i laporca, pretežno u zoni bliže kontaktu sa crvenim peščarima i u zonama raseda. Rudarskim radovima u produktivnoj seriji utvrđeno je vlaženje i proceđivanje odnosno izdan slabije izdašnosti.

Moguće su i akumulacije voda u višeležećim starim radovima kao i eventualni prodor vode iz tih akumulacija u aktivne rudarske prostorije.

6.5. Prikaz tehničko-tehnoloških uslova eksploatacije u jami „Strmosten“

6.5.1. Primenjena metoda i tehnologija otkopavanja

Pri dosadašnjoj eksploataciji u ležištu "Strmosten" primenjivano je više metoda otkopavanja u cilju iznalaženja optimalnih rešenja za vrlo složene ležišne uslove. Do sada su bile u primeni sledeće metode otkopavanja.

- Stubna "G" otkopna metoda
- Stubna jednokrlna "V" otkopna metoda
- Širokočelna otkopna metoda sa mehanizovanom hidrauličnom podgradom tipa MB-17/28 S "Bennes Marrel"
- Širokočelne otkopne metode sa MHP tipa "Hemsheidt-Eso" 3200-20/30.

Najduži period vremena otkopavano je sa stubnim metodama otkopavanja.

6.5.2. Transport iskopine i doprema repro materijala

Transport uglja sa otkopnih radilišta vrši se dvolančanim grabuljastim transporterima, te transportnim trakama TT-800, duž glavnih prostorija u otkopnom polju do bunkera B-2 a zatim glavnim izvoznim prostorijama do platoa u Vodni, sa koga se ugajl se utovara u kamione koji ga dalje transportuju do separacije u Resavici.

Doprema repromaterijala iz industrijskog kruga u Vodni vrši se visećom jamskom železnicom kroz GN-1 do pripremnih jedinica u otkopnom polju, a od trase viseće železnice do samih priprema i otkopa ručno.

6.5.3. Provetranje jame "Strmosten"

Provetranje jame „Strmosten“ vrši se veštački, depresiono, a sistem je ustrojen kao dijagonalni.

Sveža ulazna vazдушna struja za čitavu jamu usmerava se glavnim niskopom (GN-1), a izlazna vazдушna struja prekopom na k+45,te izvoznim oknom i glavnim ventilacionim niskopom napolje. U tu svrhu glavno ventilaciono postrojenje smešteno je iznad glavnog ventilacionog niskopa koje povezuje slepo izvozno okno sa površinom.

Glavni ventilator je sledećih karakteristika:

Kapacitet:	10-60 m ³ /sek.
Snaga motora:	N= 75 kW
Depresija:	h _{max} = 2000 Pa
Broj obrtaja:	800-1470 °/min

Separatno provetravanje vrši se kompresionim načinom uz primenu plastičnih ventilacionih cevi. Obzirom na dužinu prostorije i potrebne količine vazduha, provetravanje radilišta vrši se pomoću cevi prečnika Ø 400-600mm.

Cevni ventilatori ugrađuju se u ograncima sveže, ulazne vazdušne struje.

Projektovana raspodela vazduha izvršena je tako da je na svim lokacijama cevnih ventilatora obezbeđena rezerva od 30% u odnosima njihove kapacitete.

Cevni ventilatori za svako radilište ugrađuju se u ulaznoj vazdušnoj struji na 10m ispred ulaza u separatno provetravanu prostoriju odnosno vezne prostorije po kojoj se odvodi izlazni vazduh sa radilišta.

Prema ovim konstruktivnim karakteristikama postojeće ventilaciono postrojenje zadovoljava potrebe provetravanja.

6.5.4. Odvodnjavanje jame

Postojeći glavni jamski vodosabirnik sa pumpnom stanicom izgradjen je pored slepog izvoznog okna.

Iz glavnog jamskog vodosabirnika voda se pumpa pomoću stabilne centrifugalne pumpe "Jastrebac" tip VPD6-9 i metalnog cevovoda unutrašnjeg prečnika 200 mm koji je montiran u glavnom izvoznom oknu.

Sva voda iz starih radova dotiče do pomoćnog vodosabirnika u PH-3 iz koga pomoću centrifugalne pumpe kroz cevovod ide dalje prostorijama GVN-2, GVH-3a, a prekopom k+45 kroz kanal otiče do glavnog jamskog vodosabirnika. Na mestima gde nije moguće gravitaciono oticanje vode zbog suprotnih padova odvodjenje vode vrši se potapajućim pumpama kojima se voda putem cevovoda prebacuje do kanala na prekopu k+45.

6.5.5. Snabdevanje pogonskom energijom

U jami „Strmosten“ kao pogonska energija koristi se električna energija i energija komprimiranog vazduha.

Snabdevanje komprimiranim vazduhom vrši se iz kompresorske stanice locirane na platou „Strmostenskog potkopa“.

U kompresorskoj stanici su ugrađena 2 kompresora tipa TV - 4 PAK, 90 kW, 15,8 m³/min, 7-9 bara.

Od kompresorske stanice do potrošača u jami urađen je razvod vazduha cevovodom prečnika Ø 90mm.

Ovakav način snabdevanja komprimiranim vazduhom zadovoljava potrebe potrošača u jami.

Snabdevanje električnom energijom organizovano je iz izvodne ćelije 6 kV TS " Vodna ", a za jamu " Strmosten " položeni su odgovarajući kablovi, do jamskih trafostanica i dalje do potrošača na radilištima i transportu.

6.6. Način otkopavanja uglja u probnom otkopnom polju

U ovoj tački je razmatran način otkopavanja jednog dela ležišta jame „Strmosten“, a na osnovu tehničkih mogućnosti i prirodno-geoloških uslovima koji vladaju u tom delu ležišta.

6.6.1. Opis dela ležišta za probno otkopavanje

U okviru ovog rada za primenljivost nove otkopne metode za ležište „Strmosten“ korišćena je postojeća rudnička dokumentacija, koja je vrlo opširna i odnosi se na celo ležište. Za potrebe istraživanja analiziran je deo ležišta prikazan na slici 6.3. koji je ograničen:

- Sa južne strane glavnim pristupnim jamskim prostorijama GTU – 2 i GVU – 2;
- Sa istočne strane sa TH-2-2, koji je bio osnovni hodnik za otkopavanje severno-istočnog dela ležišta prema severu do isklinjenja, u kom delu je otkopavanje pri kraju. Tu stranu karakteriše stari rad i otkopani deo ležišta. Do početka probnog otkopavanja se očekuje da će ugao između TH-2-2 i GTU-2 otkopati;
- Sa severne strane je konturna linija isklinjenja glavnog ugljenog sloja ucrtana oko Y-ose sa vrednošću 886 750 koja se proteže do bušotine ST – 19, koja je registrovala svega 0,10 m uglja i predstavlja granicu sloja prema zapadu;
- Sa zapadne strane ovoga dela ležišta je linija koja počinje sa bušotinom ST – 19, a dalje povezuje bušotine ST - 84, ST – 83 i ST – 14 iz 1957 godine, sve smeštene u delu između koordinatnih linija po Y-osi 885 000 i 884 750 skoro na liniji sever – jug.

Predviđenom otkopavanju po novoj otkopnoj metodi bi odgovarao glavni deo ugljenog sloja unutar opisanog područja. U ovom delu se nalaze pozitivne bušotine i to u četvorouglu ST – 46 (1965), ST – 82 (1998), ST – 45 (1965) i ST – 50.

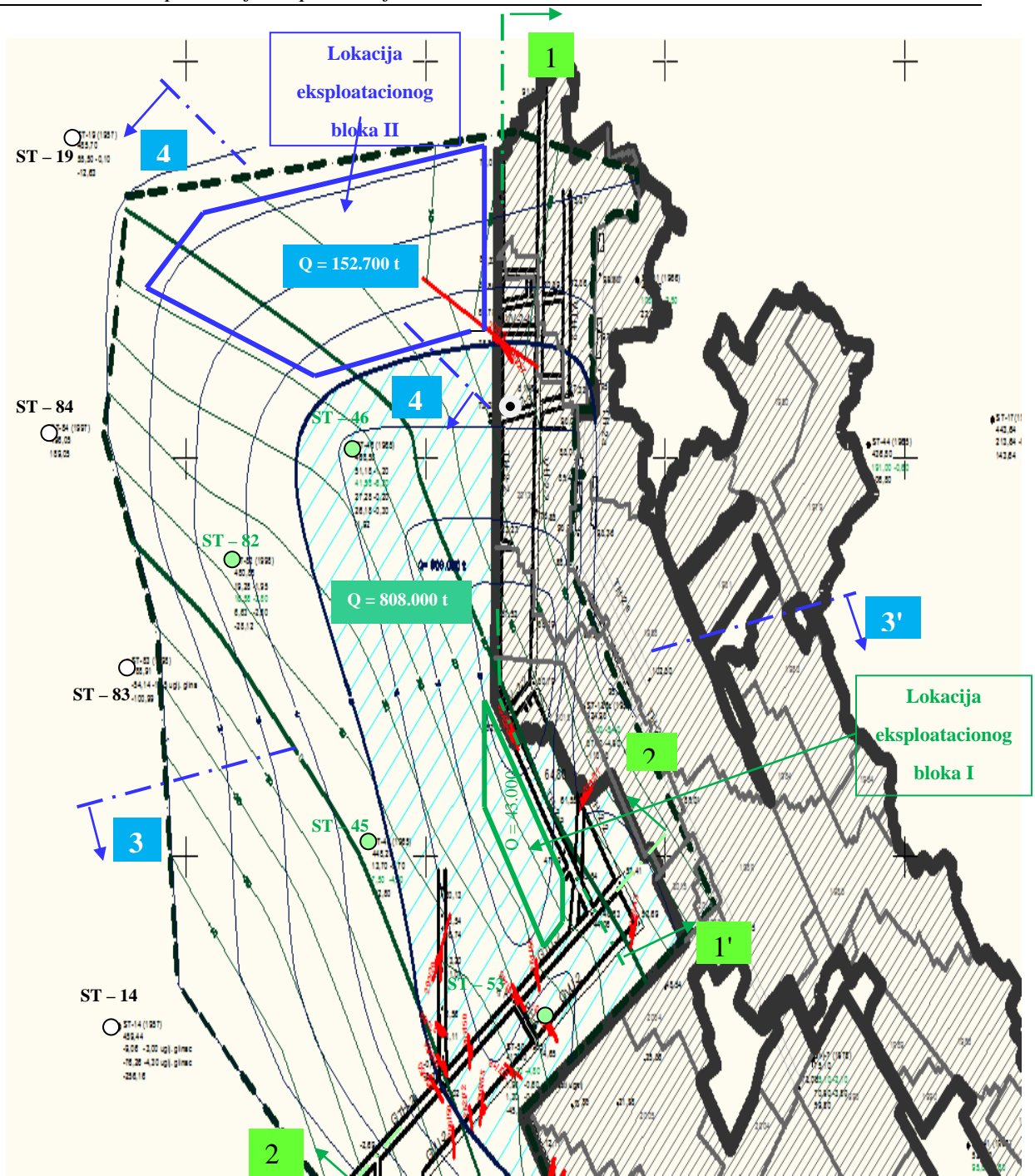
Tabela 6.4. Karakteristike bušotina

Karakteristike bušotine		ST – 46		ST – 82		ST – 45		ST – 50	
		kote	moćnost	kote	moćnost	kote	moćnost	kote	moćnost
Kota površine		468,58		480,00		448,20		412,90	
Kote ugljenog sloja	Povlata glavnog sloja	51,18 41,58	1,20 6,30	19,28 16,58	1,95 3,80	13,70	2,70	24,30	4,80
	Podina uglja	27,28 26,18	0,20 0,30	6,63	2,80	7,50	4,50	1,90 1,30	0,60 0,30
	Ekspluat. interesantno	$\Sigma = 7,5 \text{ m}$		$\Sigma = 5,75$		$\Sigma = 4,50$		$\Sigma = 4,80$	
	Predlog dalje analize	podinski sloj neinteresantan		podinski sloj moćnosti 2,8m bi bio interesantan		krovinski sloj moćnosti 2,7m bi bio interesantan		podinski sloj neinteresantan	
	Dno bušotine	-1,92		-28,20		-12,80		-45,00	

Za opisani deo ležišta, uokviren na situacionom planu sa isprekidanim debelim linijama, je urađen strukturni plan ležišta (slika 6.3) na osnovu geološke obrade podataka pomenutih bušotina. Područje ugljenog sloja obuhvaćenog u navedenim rezervama od 808.000 t je posebno obeleženo zelenkastom šrafurom. S tim je određen i glavni deo ležišta koji treba otkopavati u narednim godinama.

Za eksperimentalni (probni) način otkopavanja po novoj metodi je određen blok I.

Polazeći od pretpostavke da će ekperimentalno otkopavanje u bloku I pokazati očekivane rezultate u odnosu na planirano povećanje proizvodnje, to treba izvršiti pripremanje sledećeg otkopnog bloka u narednoj fazi uvođenja nove metode. Za to se predviđa otkopni blok II, kao logični izbor (slika 6.3. plava boja).

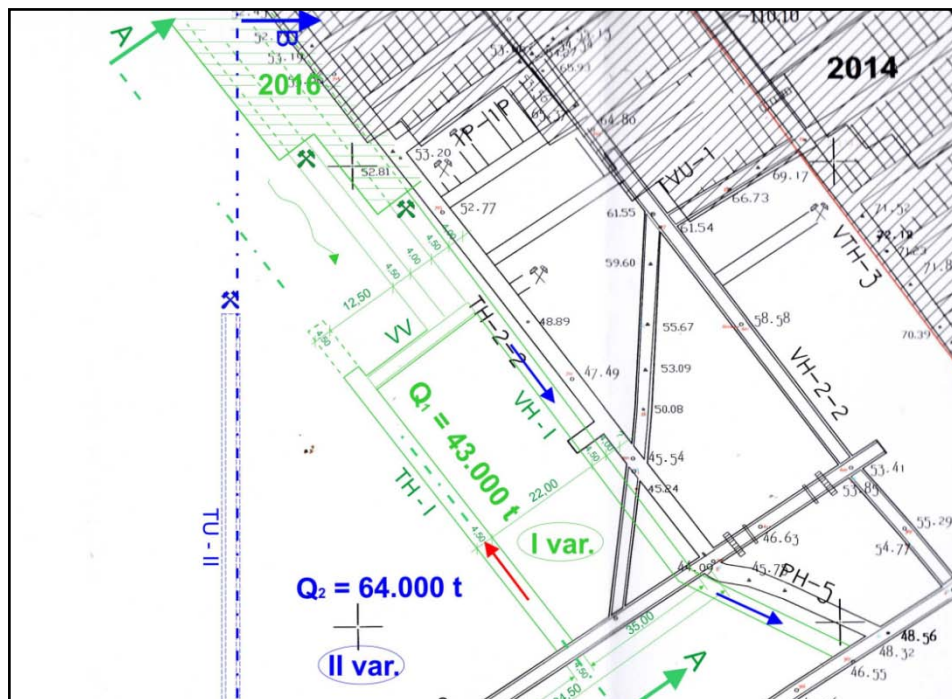


Slika 6.3. Deo strukturnog plana ležišta Strmosten predviđenog za probno otkopavanje sa označenim ugljenim rezervama i ucrtanim lokacijama za probno otkopavanje

6.6.2. Otkopavanje u bloku I

Jedan od principa usvojenih za primenu nove otkopne metode je njena prilagodljivost uslovima ležišta. U primeru ležišta „Strmosten“ to znači primenu tog principa na oblik samog ugljenog sloja kada se pojavljuje kao povlatni, srednji i podinski deo. Rudarski cilj je pri tome otkopati što više uglja uz najmanji mogući otkopni gubitak. Uobičajeno je da se pri primeni metoda otkopavanja sa zarušavanjem veći deo (obično onaj manje moćnosti), „izgubi“ u zarušavanju,

odnosno veliki deo tog dela se ne može utovariti ili se zbog uslova otkopavanja ceo sloj manje moćnosti ne otkopa.



Slika 6.4. Otkopni blok (po I varijanti) za probno otkopavanje (zeleno)

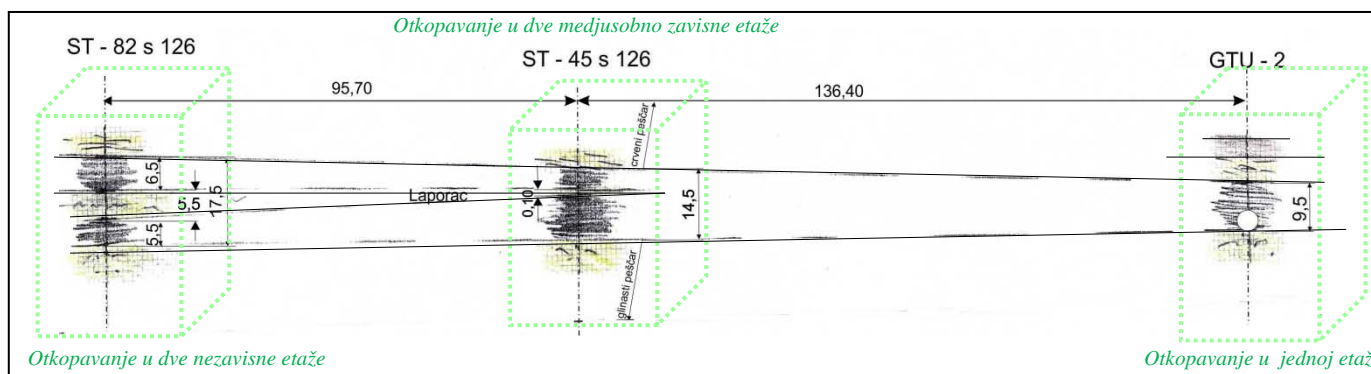
Na slici 6.4 je prikazan izgled planirane lokacije eksperimentalnog otkopa. U ovom primeru se razrada otkopnog bloka predviđa sa dva hodnika TH-I i VH- I. Po tom razmatranju u tom delu ležišta ima oko 43.000 t uglja i sa organizacijske tačke gledanja nema problema da se taj deo predvidi za probno otkopavanje sa uvećanom proizvodnjom. Analiza uzdužnog preseka A-A (datog na slici 6.5) i poprečnog preseka B – B (datog na slici 6.6), pokazuje sledeće:

- Po preseku A – A ugljeni sloj je različite moćnosti i kreće se od 9,5m (u visini transportnog uskopa GTU – 2) do 17,5m u visini bušotina ST 82;
- U predelu veće moćnosti se pojavljuje moćan proslojak laporca od cca 5,5m;
- Proslojak se isklinjuje na cca polovini hodnika i to u sredini sloja, kada se podinski i povlatni deo ugljenog sloja spajaju, ali manje se pri tome ukupna moćnost smanjuje;
- Na rastojanju od cca 100m se proslojak pojavljuje i u visini bušotine ST 82 (S126) i po moćnosti dostiže čak 5,5m što se pri planiranju otkopavanja uzima u obzir;
- Na preseku B-B se takav proslojak ne pojavljuje.

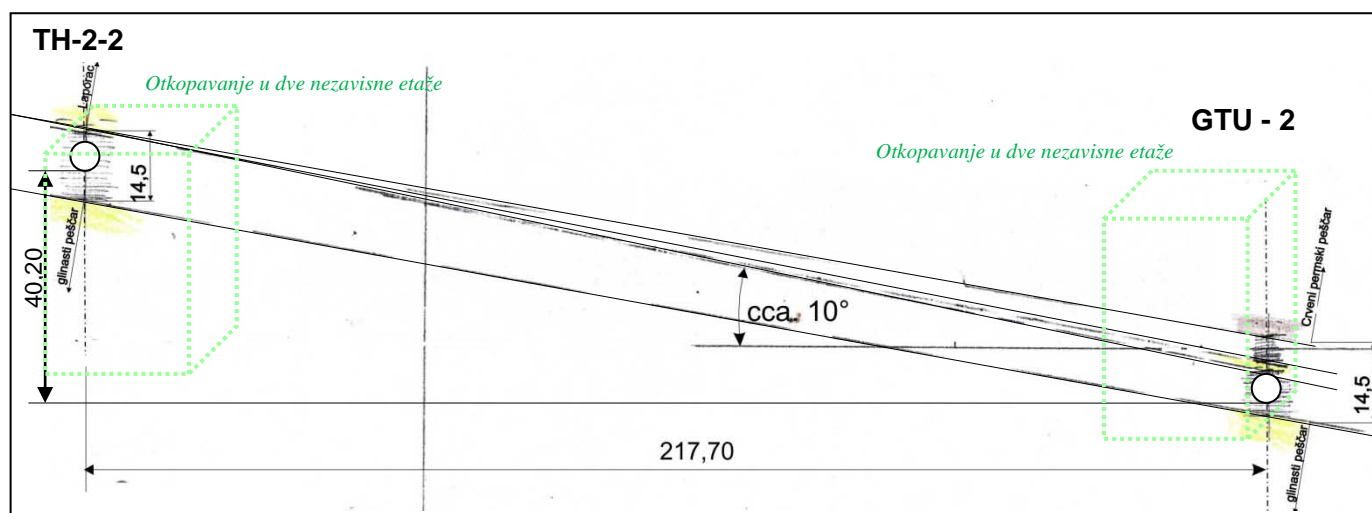
Na sličan način analiziran je i presek B – B:

- Po preseku B – B je ugljeni sloj ujednačenije moćnosti, nagiba oko 10°,

- Od GTU - 2 proslojak laporca isklinjuje do nule, ali prema krovini i bliže TH-2-2;
- Najveću moćnost ima proslojak u visini GTU – 2 i tu je oko 1 – 1,2m;
- Po celoj dužini bi moglo da se otkopava u dve etaže;



Slika 6.5 Presek A – A Analiza položaja ugljenog sloja i određivanje parametara nove otkopne metode prema moćnosti ugljenog sloja bloka I



Slika 6.6. Presek B – B): Analiza položaja ugljenog sloja i određivanje parametara Nove otkopne metode položaju prema moćnosti ugljenog sloja bloka I

6.6.3. Fizičko-mehaničke karakteristike podine, sloja i krovine

Iz raspoložive literature i dokumentacije može se zaključiti da novija ispitivanja fizičko-mehaničkih osobina litoloških formacija koje prate ugljeni sloj u „Strmostenu“ nisu vršena. Rezultati koji slede dobiveni su iz rudničke dokumentacije date u tabelama 6.5-6.9.

Tabela 6.5. Parametri zapreminske težine i vlažnosti

Oznaka litološkog člana	Zapreminska težina γ (KN/m ³)	Sadržaj vode W (%)	Brzina longitudinalnih talasa V_l (m/s)	Brzina transv. talasa V_t (m/s)
Neposredna krovina	15,04 Kvar.=2,53%	20,22 Kvar.=8,45%	1476 \perp 1698II	-
Ugljeni sloj	12,45 Kvar.=1,00%	36,13 Kvar.=6,44%	1709 \perp 1898II	1760 \perp
Podinska letna	16,62 Kvar.=4,87%	21,62 Kvar.=8,62%	1290 \perp 1685II	-
Neposredna podina	16,87 Kvar.=1,33%	26,60 Kvar.=11,46%	1379 \perp 1815II	-

Tabela 6.6. Parametri otpornosti

Oznaka litološkog člana	Jednoosna otpornost na pritisak σ_p (MPa)	Otpornost na zatezanje σ_p (MPa)	Otpornost na zatezanje σ_f (MPa)	Kohezija C (Mpa)	Ugao unutrašnjeg trenja ϕ°
Neposredna krovina	8,11 Kvar.=15,12%	0,79 Kvar.=8,45%	3,18 Kvar.=16,65%	1,25	38
Ugljeni sloj	19,48 Kvar.=8,99%	2,01 Kvar.=7,29%	4,65 Kvar.=15,81%	2,90 Kvar.=10,24%	35 Kvar.=7,10%
Podinska letna	7,21 Kvar.=7,55%	0,69 Kvar.=8,35%	4,86 Kvar.=6,23%	1,23	33
Neposredna podina	9,32 Kvar.=8,53%	0,87 Kvar.=13,10%	4,98 Kvar.=18,83%	1,78	36

Tabela 6.7. Parametri modela stenskog masiva

Litološki član	Zapreminska težina (kN/m ³)	Čvrstoća na zatezanje (MPa)	Koheziona čvrstoća (MPa)	Ugao unutrašnjeg trenja ($^\circ$)	Modul deformacije (MPa)
Ugalj	12,45	2,01	2,90	35	614
Podina	16,87	0,87	1,78	36	535
Krovina	15,04	0,79	1,25	38	480
Stari rad	17,00	0,00	0,10	36	200

Tabela 6.8. Prosečne vrednosti fizičko-mehaničkih svojstva uglja iz ležišta "Strmosten" (1993)

Oznaka uzorka	Parametar	1.	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
Zapreminska težina (γ)	(t/m ³)	1,3	1,34	1,34	1,32	1,33	1,32
Gustina	(t/m ³)	1,4	-	-	-	-	-
Vlažnost	(%)	-	3,15	3,82	2,45	4,15	6,80
Čvrstoća na pritisak (σ_c)	(daN/cm ²)	248,80	245,50	311,45	382,45	295,30	281,85
Čvrstoća na zatezanje (σ_t)	(daN/cm ²)	30,10	31,46	26,36	41,15	33,19	29,10
Čvrstoća na smicanje (σ_s)	(daN/cm ²)	53,60	41,41	60,26	51,14	59,16	68,75
Koeficijent čvrstoće (f_1)		-	2,48	2,31	2,52	2,61	2,40
Ugao unutrašnjeg trenja (ϕ)	($^\circ$)	10 $^\circ$ 10	38 $^\circ$ 10	34 $^\circ$ 15	31 $^\circ$ 45	35 $^\circ$ 00	32 $^\circ$ 50
Kohezija (c)	(daN/cm ²)	115,00	111,50	94,00	126,00	84,00	65,50
Modul elastičnosti (E)	(daN/cm ²)	27000	-	-	-	-	-

Tabela 6.9. Prosečne vrednosti fizičko-mehaničkih svojstava uglja i pratećih stena iz ležišta „Strmosten“ (1999)

Vrsta stena	Zapremin. masa γ - (gr/cm ³)	Pritisna čvrstoća σ_c - (daN/cm ²)	Istezanje σ_i - (daN/cm ²)	Kohezija. c - (daN/cm ²)	Ugao unutraš. trenja φ - (°)
Ugalj	1,33	245,33	31,46	111,50	38°
Crveni pešćar	2,57	652,00	51,23	122,70	56°47'
Podinski pešćar	2,31	134,20	15,00	28,80	50°36'
Glinoviti pešćar	2,42	97,00	11,50	28,80	50°
Ugljevita glina	2,21	47,78	-	-	52°

Otkopni blok I, predmet istraživanja u okviru ovog rada za prvo probno za otkopavanje, se karakteriše sledećim:

- Za otkopavanje je ocenjeno da će se dobiti najmanje cca 43.000t uglja;
- Pri uspešnoj primeni metode otkopavanja ce ocenjuje da rezerve uglja budu otkopano u 1 godini;
- Paralelno sa otkopavanjem u ovom bloku je predviđena izrada jedne prostorije za razradu bloka II, koji će istovremeno dati podatke u položaju ugljenog sloja između bušotina ST 82 i ST 46 i već otkopanog dela iz hodnika TH-2-2.

6.6.4. Tehnički opis i geometrija metode u bloku I

Opis metode je relativno jednostavan: otkopi, zavisno od postavljene visine dnevne (mesečne) proizvodnje uglja, mogu biti planirani u tzv. paralelnom (istovremenom) radu (dve mašine na oba otkopa ili na svakom po jedna mašina) ili u radu jednim za drugim (samo jedna mašina). Tako imamo:

- I otkop u napredovanju, koji je je ustvari uobičajena izrada hodnika sa poznatom tehnologijom mašinskog napredovanja koja sa statusom otkopa dobija na značaju samo u zahtevima do određivanja maksimalno mogućih i za date jamske uslove primenljivih većih poprečnih profila uz maksimiranje učinaka napredovanja.
- II otkop u odstupanju je ustvari već poznata metoda dobijanja krovnog i bočnog uglja, gde je visina dobijanja zavisna od debljine sloja. Prema već dobijenim podacima u poglavlju koji obrađuje geologiju je ugljeni sloj u bloku I definisan sa moćnošću do 12 m. - Širina stuba između otkopnih hodnika se određuje prema rudničkim uslovima (pritisak, način podgrađivanja, usklađivanje tempa napredovanja odn. povlačenja, veličina poprečnog profila itd.) na otkopu ali i od količine uglja koji se dobija iz krova. Po pravilu na osnovu iskustvenih podataka, bi trebao biti do 3 m.
- Oprema za izradu otkopnog hodnika se, zavisno od uhodane faze rada na probnom otkopu je „multiutovarivač“ sa mogućnošću korišćenja rezne glave. Za uslove jame „Strmosten“ će se koristiti rezna glava najmanjeg modela.
- Za dobivanje krovnog i bočnog uglja može višefunkcijski moderni utovarivač doći do punog izražaja uz korišćenje rezne glave, jer je ugalj

nakon izrade otkopnog hodnika manje kompaktan i daje se rezati lakše po unapred dogovorenim i u planogram svih radnih operacija uklopljenom redosledu. Za krovinsku etažu, multiutovarač će biti u kombinaciji sa bušačom garniturom za potrebe miniranja. Probna otkopna metoda će istovremeno biti još jedno testiranje ovog višefunkcijskog utovarivača za takav način otkopavanja. Na upotrebu dogradnih alata posebno ukazuje činjenica da njihovo korišćenje posebno stimuliše nova konstruktivna novina u multiutovaraču, takozvani „klik“ sistem, odnosno brza zamena alata – u proseku 10 minuta.

- e) Jalovi proslojak u ugljenom sloju, karakterističan za otkopni blok I, a posebno za deo ugljenog sloja oko buština ST 82 i ST 45, se mora pri otkopavanju uzeti u obzir.

6.6.5. Prednosti nove otkopne metode

Prednosti nove metode sadržane su u sledećem:

- Pad i pravac pružanja otkopne pripreme (hodnik, uskop ili niskop), ali i njena dužina ne utiče bitno na mogućnost primene ove metode, a promena ovih elemenata ne blokira njen dalji rad;
- Za jamu, kao što je to „Strmosten“ prednost je u »malim« otvorenim prostorima zarušavanja gde se po pravilu najviše skuplja gas, a koji se usled intenziteta i brzine otkopavanja brzo zatvara i ne dozvoljava skupljanje gasova;
- Geometrija metode se brzo može podesiti uslovima sloja (po nagibu, debljini sloja itd.), a u slučaju iznenadnih promena (rased, voda, pojava metana ili samozapaljivosti) i promeniti. Ova prednost je posebno važna za uslove jame „Strmosten“, gde je pojava raseda, ali i promena moćnosti vrlo karakteristična kako po obliku tako i po veličini;
- Veličina otkopnog bloka (širina i dužina) nije odlučujuća za postavljanje osnovnih elemenata metode, a pravac otkopne pripreme je isti sa otkopavanjem samo različitih (obrnutih) smerova i ne mora da se podešava za pravcem otkopavanja ili da je od njega zavisano;
- Usmeravanje otkopnih hodnika je posebna prednost metode jer se isti vrlo lako i već na operativnoj ravni (tehnički sektor rudnika) vrlo jednostavno podešava geometriji ugljenog sloja – po pravcu i padu, prepuštanje takvih odluka na nivou tehnički rukovodilac - geolog - jamski merač, što ubrzava rad i smanjuje zastoje, posebno one koje kasnije eventualno uslovljavaju premeštanje opreme i sl.;
- Ne očekuju se posebni problemi vezani za samozapaljenje s obzirom na dinamiku otkopavanja i ne predviđaju se posebne mere zaštite izuzev uobičajenih;
- Primenjena je mehanizacija koja je jednostavna za rukovanje, a pre svega ima mogućnost univerzalne primene (uz dogradnju ostale neophodne opreme po sistemu »klik«). Posebna pogodnost je da ova rudarska oprema univerzalna i za druge primene u jami, što povećava njenu korisnost;
- Broj angažovane radne snage u odnosu na ostale klasične metode je mali te je očekivani otkopni učinak prihvatljiv;

- Sa multiutovaračem se nadoknadjuje nedostatak kombajna da nemože da reže ispod svog nivoa;
- Poželjno je da učinak napredovanja (po metru) bude jednak učinku povlačenja po metraži, ali taj uslov komparativnosti nije izričit;
- Iskorišćenost utovara krovno dobijenog uglja je veća, otkopni gubici manji. Mehanički utovar levo i desno u otkopu bez ulaza u nezaštićeni prostor to omogućuje;
- Brzina napredovanja otkopne pripreme se primenom utovarnih glodača povećava za više od 50% u odnosu na sadašnje, što smanjuje vreme akumuliranja jamskih pritisaka i »dobivanje« već korišćenog podgradnog materijala, naravno i manje oštećenog pri raubanju, odnosno delovanju pritiska;
- Otkopni gubici će biti manji;

Osnovni projektovani parametri nove metode otkopavanja u probnom otkopnom polju (tabela 6.10).

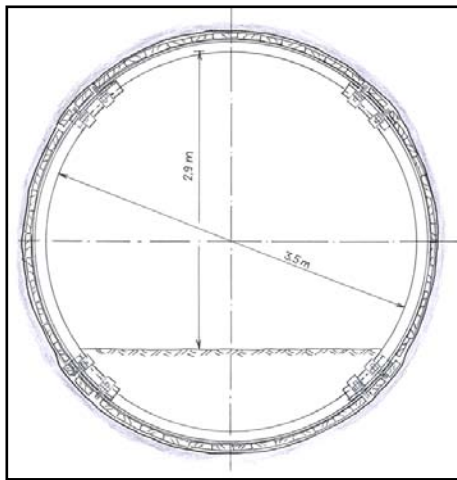
U prilogu 1. je data situaciona karta jame „Strmosten“ sa položajem eksploatacionih blokova i otkopnih uskopa.

Tabela 6.10. Osnovni parametri nove stubne „V“ metode otkopavanja

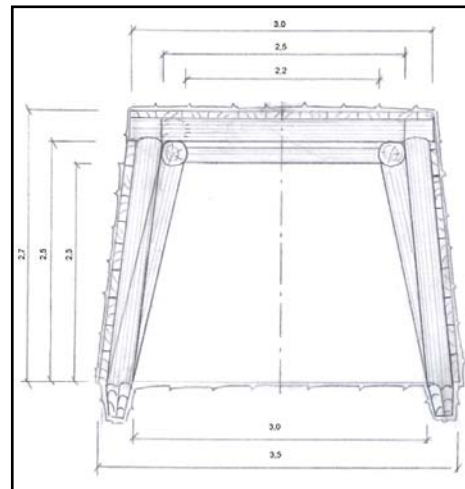
Osnovni parametri	"V" metoda sa DBM i multiutovarivačem
I faza - Izrada otkopnog hodnika - Napredovanje (m/smena)	1,00
I faza - Izrada otkopnog hodnika - Napredovanje (m/dan)	3,00
II faza - Dobijanje uglja - Odstupanje (m/smena)	0,94
II faza - Dobijanje uglja - Odstupanje (m/dan)	6,00
Visina otkopa (m)	10,00
Širina otkopa (m)	8,50
Površina poprečnog preseka otkopa u napredovanju (m ²)	8,50
Površina poprečnog preseka otkopa u odstupanju (m ²)	76,50
Zapreminska masa uglja (t/m ³)	1,33
Koeficijent iskorišćenja	0,80
Kapacitet otkopa u napredovanju - I faza (t/smena)	11,31
Kapacitet otkopa u napredovanju - I faza (t/dan)	33,92
Kapacitet otkopa u odstupanju - II faza (t/smena)	76,51
Kapacitet otkopa u odstupanju - II faza (t/dan)	229,54
Kapacitet otkopa ukupno - I+II faza (t/smena)	87,82
Kapacitet otkopa ukupno - I+II faza (t/dan)	263,45
Smenski broj radnika na otkopu u napredovanju - I faza (nad)	4
Dnevni broj radnika na otkopu u napredovanju - I faza (nad)	12
Smenski broj radnika na otkopu u odstupanju - II faza (nad)	4
Dnevni broj radnika na otkopu u odstupanju - II faza (nad)	12
Učinak na otkopu u napredovanju - I faza (t/nad)	2,83
Učinak na otkopu u odstupanju - II faza (t/nad)	19,13
Učinak na otkopu ukupno - I+II faza (t/nad)	10,98

6.6.6. Otkopna priprema

Sada se sve rudarske prostorije u jami „Strmosten“ izrađuju nemehanizovanim načinom, primenom tehnologije bušačko-minerskih radova. Podgrađivanje se vrši čeličnom lučnom podgradom, različitih profila, u zavisnosti od namene prostorije i radne sredine. Glavne prostorije otvaranja i osnovne pripreme ležišta uglavnom se podgrađuju čeličnom lučnom podgradom kružnog preseka Ø 3,5m (slika 6.7.). Osno rastojanje okvira čelične podgrade kreće se od 0,5 m u glinovitim laporcima do 1,0m u uglju. Podgrađivanje otkopnih hodnika vrši se drvenom podgradom trapeznog preseka na osnom rastojanju okvira od 0,8-1,0 m (slika 6.8.).



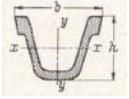
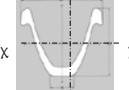
Slika 6.7: Poprečni presek ČLP Ø 3,5m



Slika 6.8: Drvena trapezna podgrada

Karakteristike zvonastih profila prikazane su u tabeli 6.11.

Tabela 6.11. Najčešće primenjeni TH i zvonasti profili za kružnu čeličnu podgradu sa karakteristikama

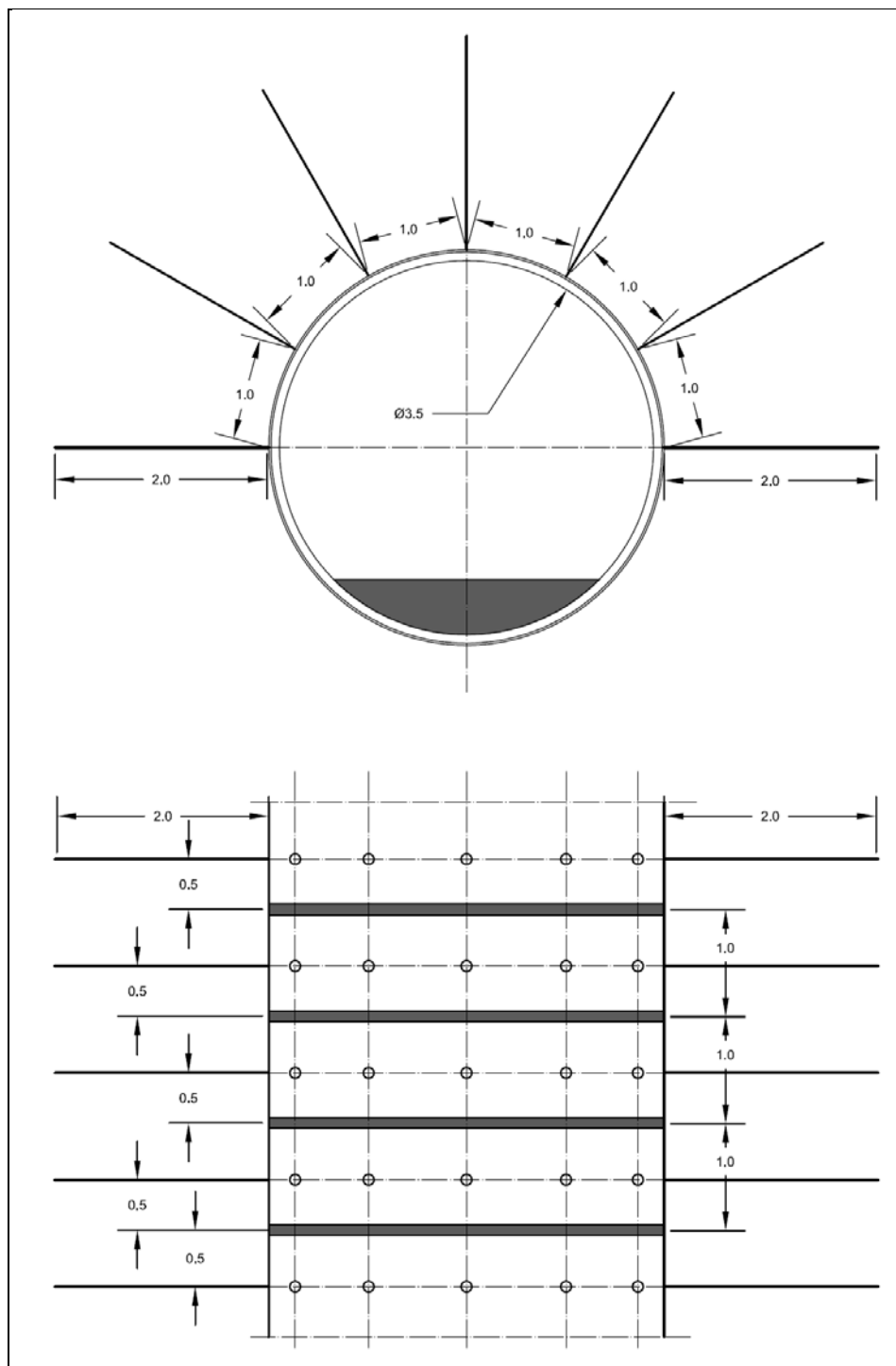
Oblik i oznaka profila			Težina G(kg)	Površ. A(cm ²)	Otporni momenti				
Trgovačko ime i oznaka	h(mm)	b(mm)			W _x (cm ⁴)	W _y (cm ⁴)	W _x / W _y	W _x (kg/m)	W _y (kg/m)
	K 24	107,0	124,6	23,65	30,14	414,1	436,5		
	TH 21	108,0	124,0	21,0	27,0	341,0	398,0		
	TH 25	118,0	135,0	25,0	32,0	484,0	560,0		

U ovom radu se obrađuju profili prostorija pripreme i razrade ali i same otkopne pripreme. Pošto jamski pritisak, kao jedan od najvažnijih faktora za određivanje veličine profila ali i načina podgrađivanja, deluje na ove prostorije različito, potrebno ih je tretirati odvojeno.

Pošto se jamske prostorije razrade po pravilu usmeravaju kako po pravcu tako i po visini na osnovu geoloških podataka o položaju sloja iz bušotina, to se pri izradi istih očekuje različiti sastav na samom čelu. Zbog dužeg vremenskog veka trajanja istih ove se prostorije moraju odgovarajuće podgrađivati i po mogućnosti konvergencije držati pod kontrolom. Veličina, intenzitet i pravac delovanja jamskog pritiska su zato vrlo različiti. Zbog toga se isti po pravilu rade kružnog ili tzv. zatvorenog oblika.

Za osiguranje kosih prostorija razrade predviđenih u ovom radu predviđa se primena čelične lučne podgrade Ø 3,5 m, koja se pri ugradnji sa razmakom 1,0 m povezuje sa četiri metalna raspona i dodatno sa još 4 drvena raspirača. Zalaganje će se vršiti zalagom od hrastove daske. Između okvira čelične podgrade postavlja se i ankerna podgrada kako je to dato na slici br. 6.10. Ankeri su od tvrdog plastičnog

materijala sa podložnim pločama i u bušotini se vežu sa brzovezujućom i sprovezujućom dvokomponentom smešom.



6.9. Kosa prostorija razrade sa ugrađenim okvirima $\varnothing 3,5$ m i ankerima

6.6.7. Utovar i odvoz uglja sa otkopa

Paralelno sa izradom otkopne pripreme-otkopnog uskopa u njemu se za transport uglja montira dvolančani grabuljasti transporter tipa TS-74 (ili njemu sličan) sledećih karakteristika:

- dužina transportera 60 m
- snaga motora 22 kW
- radni kapacitet 80 t/h
- dužina korita 1,5 m
- širina korita 0,43 m
- visina korita 0,22 m
- brzina lanca 0,66 m/sec.

Utovar uglja vrši se sa multiutovarivačem. Transporter se postavlja neposredno do čela radilišta, da bi što veća količina uglja sa čela neposredno pala na transporter.

Sa transportera iz otkopa ugalj pada na transporter koji je postavljen u otkopnom uskopu još za vreme njegove izrade. Njime se ugalj transportuje do sabirnog transportera, a zatim sistemom grabuljastih transportera i transportnih traka izvozi na površinu.

Eksploatacioni kapacitet ugrađenih transportnih traka kreću se od 200 do 250 t/h. Prema tome instalirana oprema u jamama "Rembasa" u potpunosti zadovoljava utvrđene kapacitete ovim radom.

6.6.8. Doprema opreme i repromaterijala

Potrebni materijal (drvena podgrada, čelična podgrada, korita, lanci, pogonske i povratne stanice, kablovi i dr.), doprema se sa površine transportnim sistemom (visećom jamskom železnicom) za ovu namenu do osnovnih hodnika što bliže otkopnim jedinicama, a zatim se vitlom po gornjoj šini doprema do čela otkopa.

6.6.9. Provetranje otkopa

Sveža ulazna vazдушna struja za čitavu jamu usmerava se glavnim niskopom, a izlazna vazдушna struja glavnim ventilacionim prostorijama napolje.

Separatno provetranje otkopnih radilišta vršice se cevnim ventilatorima, kompresionim načinom uz primenu plastičnih ventilacionih cevi. Obzirom na dužinu prostorije i potrebne količine vazduha, provetranje radilišta vrši se pomoću cevi prečnika Ø 400-600mm.

Cevni ventilatori ugrađuju se u ograncima sveže ulazne vazdušne struje.

Cevne ventilatore za svako radilište treba ugrađivati u ulaznoj vazdušnoj struji na 10 m ispred ulaza u separatno provetranu prostoriju odnosno vezne prostorije po kojoj se odvodi izlazni vazduh sa radilišta.

6.7. Uporedni parametri modifikovanog sistema otkopavanja u probnom otkopnom polju sa postojećim sistemom

U cilju dokazivanja opravdanosti investiranja u novu opremu sa ciljem izmene postojećeg sistema otkopavanja ugljenih slojeva uvođenjem nove modifikovane metode i primenom višefunkcijskog utovarivača, a koji ima i mogućnost rezanja uglja, u ovoj tački daju se uporedni parametri:

- 1) Postojećeg načina otkopavanja sa „V“ metodom uz primenu bušačko-minerske tehnologije sa kratkim bušotinama (od 1,2-1,5 m);
- 2) Projektovanog načina otkopavanja sa „V“ metodom uz primenu DBM (duboko bušotinsko miniranje);
- 3) Obradenog modifikovanog sistema otkopavanja sa „V“ metodom, uz primenu DBM i vešefunkcionalnog utovarivača DHL-600.

Za način otkopavanja pod tačkom 1 dati su ostvareni parametri na osnovu praćenja rezultata rada u centralnom otkopnom polju u jami „Strmosten“ tokom 2015. godine, gde je debljina sloja prosečno iznosila 10 m.

Tokom 2016. i 2017. godine nabavljena je oprema za DBM na stubnim „V“ otkopima, i delimično je korišćena, ali se parametri nisu mogli pratiti za upoređenje, s obzirom na čestu i veću izmenu moćnosti delova ugljenog sloja. Za poređenje su uzeti projektovani parametri primene „V“ metode otkopavanja sa DBM za debljine sloja od 3m do 10m [7].

Treća varijanta sistema otkopavanja predstavlja rezultate istraživanja u ovom radu, za „V“ metodu otkopavanja sa tehnologijom DBM i primenom višefunkcionalnog utovarivača DH L-600, za otkopavanje ugljenog sloja debljine 3-10m.

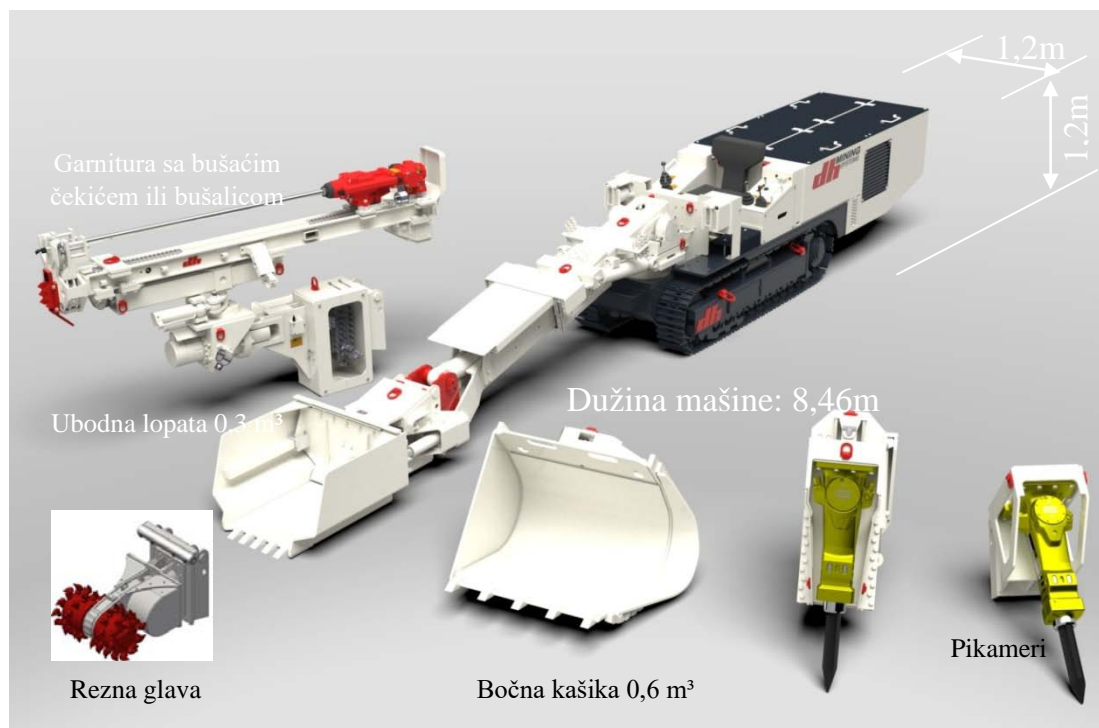
U Prilogu 1. je data situaciona karta jame „Strmosten“ sa položajem eksploatacionih blokova i otkopnih uskopa.

Uporedna analiza osnovnih parametara otkopavanja po navedenim načinima data je u tabeli 6.12.

Na slici 6.11. prikazan je izgled „multiutovarivača“ DHL-600, a tehničke karakteristike u tabeli 6.13.

Tabela 6.12. Uporedna analiza osnovnih parametara „V“ metode u različitim varijantama

Osnovni parametri	"V" metoda (ostavarno)	"V" metoda sa DBM	"V" metoda sa DBM i multiutovarivačem
I faza - Izrada otkopnog hodnika - Napredovanje (m/smena)	1,00	1,00	1,00
I faza - Izrada otkopnog hodnika - Napredovanje (m/dan)	3,00	3,00	3,00
II faza - Dobijanje uglja - Odstupanje (m/smena)	1,20	0,79	0,94
II faza - Dobijanje uglja - Odstupanje (m/dan)	6,00	6,00	6,00
Visina otkopa (m)	5,00	10,00	10,00
Širina otkopa (m)	8,50	8,50	8,50
Površina poprečnog preseka otkopa u napredovanju (m ²)	8,50	8,50	8,50
Površina poprečnog preseka otkopa u odstupanju (m ²)	34,00	76,50	76,50
Zapreminska masa uglja (t/m ³)	1,33	1,33	1,33
Koeficijent iskorišćenja	0,70	0,70	0,80
Kapacitet otkopa u napredovanju - I faza (t/smena)	11,31	11,31	11,31
Kapacitet otkopa u napredovanju - I faza (t/dan)	33,92	33,92	33,92
Kapacitet otkopa u odstupanju - II faza (t/smena)	37,98	56,26	76,51
Kapacitet otkopa u odstupanju - II faza (t/dan)	113,95	168,79	229,54
Kapacitet otkopa ukupno - I+II faza (t/smena)	49,29	67,57	87,82
Kapacitet otkopa ukupno - I+II faza (t/dan)	147,87	202,71	263,45
Smenski broj radnika na otkopu u napredovanju - I faza (nad)	4	4	4
Dnevni broj radnika na otkopu u napredovanju - I faza (nad)	12	12	12
Smenski broj radnika na otkopu u odstupanju - II faza (nad)	4	4	4
Dnevni broj radnika na otkopu u odstupanju - II faza (nad)	12	12	12
Učink na otkopu u napredovanju - I faza (t/nad)	2,83	2,83	2,83
Učink na otkopu u odstupanju - II faza (t/nad)	9,50	14,07	19,13
Učink na otkopu ukupno - I+II faza (t/nad)	6,16	8,45	10,98



Slika 6.11. Izgled multiutovarivača DHL-600 sa izmenjivim alatima

Tabela 6.13. Tehničke karakteristike multiutovarivač DHL 600

Sastavni deo utovarača	Jedinica	sa bočnom lopatom	sa sandučastom lopatom
elektrotehnička oprema		sa ili bez eksplozione zaštite	
snaga motora	(kW)	55/63	
kapacitet pumpe	(l/min)	145	
zapremina kašike	(m³)	0,3/0,6	0,3
brzina vožnje	(m/s)	1,15	
sposobnost uspona	(°)	± 20	
poprečni nagib	(°)	± 8	
učinak utovara (zavistan od dužine puta)	(m³/min)	0,9 – 1,2	0,45 – 0,6
dužina	mm	7780	8050
širina	mm	1200	
visina (bez zaštitnog krova)	mm	1200	
visina (sa zaštitnim krovom)	mm	1994	
težina ca.	kg	10800	
pritisak na tlo	MPa	0,1	
slobodna visina (ispod motornog prostora)	mm	341	
slobodna visina (iznad guseničnih motora)	mm	250	
ugao kretanja radne grane	°	2 x 30	
ugao skretanja kašike	°	-	2 x 30
hod teleskopa	mm	700	
visina istovara	mm	3370	2899
dubina kopanja	mm	616	569
sila kidanja na zubu kašike	kN	59/46	40

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada provedena su istraživanja u cilju dokazivanja opravdanosti modifikacije i osavremenjavanja stubnih sistema otkopavanja ugljenih slojeva u podzemnim rudnicima Republike Srbije. Kao uže područje istraživanja obrađivano je ležište jame Strmosten" RMU "Rembas" - Resavica.

U opštem delu rada svestrano su razmotreni sada primenjeni sistemi otkopavanja (metoda i tehnologija), u sada aktivnim rudnicima i izvršeno njihovo povezivanje sa konkretnim prirodno-geološkim uslovima.

Dokazano je da na izbor racionalnih sistema otkopavanja u našim podzemnim rudnicima odlučujući uticaj imaju prirodno-geološki uslovima eksploatacije. Podzemna eksploatacija uglja u svetu usmerena je ka daljoj modernizaciji i osavremenjavanju do potpune automatizacije sa ciljem povećanja proizvodnosti, produktivnosti, ekonomičnosti i sigurnosti.

Danas se u zemljama sa razvijenim rudarstvom primenjuju uglavnom metode mehanizovanih širokih čela sa tehnologijom dobijanja rezanjem ili struganjem po principu horizontalne ili vertikalne koncentracije.

U uslovima naših aktivnih rudnika usled složenih prirodno-geoloških uslova veoma mali je broj otkopnih polja (blokova) takvih dimenzija, po padu i pružanju, da je u njima racionalna primena metoda širokih čela. S obzirom na ovo, zaključeno je da će se u većini sada aktivnih rudnika zadržati stubno i komorno-stubno otkopavanje.

Analiza osnova sistema podzemnog otkopavanja ugljenih slojeva potvrdila je ova teza i usmerila dalja istraživanja ka mehanizovanju i osavremenjavanju stubnih i stubno-komornih otkopa.

Glavni pravac osavremenjavanja stubnih otkopa otkopavanja u ovom radu, usmeren je ka mehanizovanju tehnoloških faza dobijanja uglja na otkopu rezanjem i utovarom sa multiutovarivačem DHL-600. Naime, poslednjih godina razvijena je proizvodnja ovog tipa mašina, koje su relativno malih dimenzija, mobilne i imaju priključne alate (opremu) za rezanje, bušenje, razbijanje i utovar, što im daje niz prednosti u odnosu na klasične utovarne mašine i kombajne.

Navedena mašina može se racionalno primeniti kako za rad na otkopu tako i za izradu rudarskih prostorija u uglju, dok su za rad u pratećim stenama proizvode mašine veće snage i tipa rezne glave za rezanje čvršćih stena.

Da bi se dobila ocena o primeni određenog sistema otkopavanja pored ocene prilagođenosti konkretnim prirodno-geološkim uslovima potrebno je uraditi optimizaciju glavnih parametara. U ovom radu primenom matematično-analitičke metode modeliranja po principu formiranja ekonomsko-matematičkog modela, koji se formira analizom jediničnih troškova otkopavanja izmenjivih sa promenom konstruktivnih parametara strubnog otkopa, određeni su osnovni proizvodni i ekonomski parametri.

Optimizacija parametara stubnog otkopa sa DBM i primenom multiutovarivača izvršena je za uslove promene debljine ugljenog sloja ($d=3-10$ m) uz konstantne vrednosti širine stuba ($s=8,5$ m) i dužine otkopa ($l=30$ m).

Na osnovu brojčano dobijenih vrednosti za pojedine parametre otkopa izrađeni su dijagrami nekih međuzavisnosti, na osnovu kojih se može zaključiti sledeće:

- 1) Kapacitet proizvodnje i jedinični troškovi proizvodnje razmatranog stubnog otkopa direktno zavise od debljine ugljenog sloja koji se otkopava;
- 2) U strukturi jediničnih troškova mehanizovanog stubnog otkopa najveću stavku čine troškovi izrade pripremnih otkopnih prostorija za debljine sloja od 3,5 - 5,5 m, a za veće debljine jedinični troškovi otkopa u povlačenju;
- 3) Uvođenjem u primenu mehanizovanih stubnih otkopa povećava se većina otkopavanja ugljenog sloja u jednom zahvatu (od verifikovanih 5 m do 10 m za novi mehanizovani otkop što je ekonomski efikasnije rešenje kao značajno unapređenje sigurnosti po zaposlene;
- 4) Godišnji kapacitet proizvodnje jedne jame u kojoj se primenjuju mehanizovani stubni otkopi sa multiutovarivačem, pored debljine ugljenog sloja koji se otkopava zavisi i od broja otkopnih jedinica u istovremenom radu, pri čemu sa povećanjem broja otkopnih jedinica za istu debljinu ugljenog sloja, proporcionalno raste i godišnji kapacitet proizvodnje.

U cilju testiranja primene metode mehanizovanog stubnog otkopavanja, za konkretne prirodno-geološke uslove jame "Strmosten" RMU "Rembas" obrađena je primena ove metode i izračunati osnovni parametri. Dokazano je da se u konkretnim uslovima kod primene mehanizovanih otkopa mogu postići trostruko veći kapaciteti proizvodnje, bolji učinci, samim tim i ekonomske performanse.

U Prijedoru, oktobra 2019. godine

Student: Todorović Vladimir

LITERATURA

- [1] Malbašić V., Majstorović S., (2013). Uvod u rudarstvo, osnovni udžbenik, Rudarski fakultet Prijedor, Prijedor.
- [2] Tošić D., Majstorović S., Malbašić V., Miljanović J.,: (2016). Izbor podgrade za prostorije otvaranja za rudnike sa podzemnom eksploatacijom, Zbornik radova, XV simpozijum iz inženjerske geologije i geotehnike, Beograd.
- [3] Miljanović J., Đurić N., Stojanović L., Majstorović S., Kovačević Ž., (2014). Definisane osnovne uslova za primenjenju širokočelnog otkopavanja principom horizontalne koncentracije. Tehnički arhiv Tehničkog instituta Bijeljina, br. 10/2014, Bijeljina.
- [4] Ivković M., Dragoslavljević Z., Miljanović J., (2010). Mehanizovanje tehnoloških faza podzemne eksploatacije uglja u rudnicima Srbije kao uslov njihovog opstanka, Časopis Energija, ekonomija, ekologija, br. 1/2010, Beograd.
- [5] Ivković M., Miljanović J., Ivković Lj., (1998). Tendencije razvoja netradicionalnih sistema podzemnog otkopavanja ugljenih slojeva, Zbornik radova naučnog-stručnog savetovanja "Energetika Srpske 98", Banja Vrućica.
- [6] Miljanović J., Ivković M., Trivan J., (2011). Istraživanje uslova radne sredine u jami "Strmosten" RMU "Rembas" u cilju uvođenja mehanizovane hidraulične podgrade (MHP) za otkopavanje uglja, Časopis Tehnika-rudarstvo, geologija, metalurgija br. 62/2011, Beograd.
- [7] Ivković M., (1997). Racionalni sistemi podzemnog otkopavanja slojeva mrkog uglja velike debljine u složenim uslovima eksploatacije, Doktorska disertacija, RGF, Beograd.
- [8] Stjepanović M., (1992). Naučne osnove optimizacije glavnih parametara podzemne eksploatacije, Udžbenik, Tehnički fakultet, Bor
- [9] Ivković M., (1999). Uticaj prirodno-geoloških uslova na izbor i dimenzionisanje sistema otkopavanja ugljenih slojeva velike debljine, Monografija, Dunav-preving, Beograd.
- [10] Ivković M. (2011). Koncept tehnološkog razvoja procesa podzemne eksploatacije u aktivnim rudnicima uglja u Srbiji. Zbornik radova Međunarodnog savetovanja "Energetika 2011", Zlatibor
- [11] Ivković M., (2016). Perspektive razvoja podzemnih rudnika uglja u Srbiji, Zbornik radova savetovanja "Rudarstvo 2016", Sremski Karlovci
- [12] Ivković M. (2012). Usavršavanje tehnološkog procesa eksploatacije, unapređenje zaštite životne sredine i poboljšanje bezbednosti i zdravlja zaposlenih u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji, Monografija, Komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina, Resavica.

- [13] Kokerić, S., Janošević, P., Todorović, V., (2017). Uzajamna zavisnost faktora prilagođavanja lokalnih rudničkih uslova u ugar stvu Srbije novom načinu otkopavanja uglja, Zbornik radova savetovanja „Rudarstvo 2016“, Sremski Karlovci.
- [14] Todorović, V., Đukanović, D., Dramlić, D., (2017). Mogućnost primene nove otkopne metode u jamama RMU “Rembas” Resavica, sa osvrtom na jamu “Strmosten”, 2 međunarodni simpozijum, „Investicije i nove tehnologije u energetici i rudarstvu“, Borsko jezero.
- [15] Đukić, B., Todorović, V., Bailović, B., (2018): Potreba osavremenjavanja tehnologije izrade kapitalnih rudarskih prostorija u jami "Strmosten" RMU "Rembas" – Resavica, 9. Simpozijum sa međunarodnim učešćem, „Rudarstvo 2018“, Vrnjačka Banja.