

Eniz La i¹

Originalni naučni rad

Tihomir Knežić²

Edin Lapandić³

Admir Softić⁴

TEHNOLOŠKE ŠEME RADA HORIZONTALNOG USJEKA I KOD PRIMJENE VISOKO ELNE METODE NA POVRŠINSKOM KOPU ODŽAK

Sažetak: Naučno-istraživački rad na identifikaciji i ocjeni izvodljivosti primjene visokaelne metode i njoj pripadajuće visokaelne opreme na debelim ležištima ugljeva prvenstveno je fokusiran na razvoj i tehnološke šeme rada horizontalnog usjeka, a, kojom se mora potvrditi tehničko-ekonomska izvodljivost eksploatacije ostavljenog ugljenog sloja. Tehnološke šeme rada horizontalnog usjeka i prvenstveno zavise od geoloških uslova zalijeganja ugljenog sloja, kao i geometrije površinskog kopa gdje se nalaze ostavljeni slojevi. Specifičnost istraživanja se ogleda u činjenici da u naučno-stručnoj literaturi, a i u praksi, do sada nije tretirana ili istražena primjena visokaelne metode na više od dva vertikalna panela, a istraživanje na površinskom kopu Odžak je ponudilo inovativno rješenje za sluzbenu eksploataciju više od dva vertikalna panela. Na tehnološkim šemama je definisana geometrija otkopnog usjeka, geometrija izrađanih rezova i na njima je prikazana dinamika izvođenja radova u okviru visokaelne metode primijenjene na rudarskom objektu. Pored identifikacije tehnoloških šema za visokaelnu metodu, primarno je bilo potrebno istražiti geometrijske parametre visokaelne metode na debelim i nagnutim ležištima ugljeva. Istraživanja su bila bazirana na konceptu uvažavanja činjenice da se na površinskom kopu Odžak bitno primijenjena kombinacija visokaelne metode sa metodom zapunjavanja izrađanih rezova.

Ključne riječi: površinski kop, Odžak, visokaelna metoda, tehnološka šema.

HIGHWALL MINER TECHNICAL LAYOUT FOR HIGHWALL MINING METHOD APPLIED IN ODŽAK PIT MINE

Summary: Scientific and research works on identification and appraisal the feasibility of highwall mining method, including associate highwall mining equipment, on thick coal seams, primary is focused on development and technical layouts of the highwall miner that needs to confirm the technical and financial exploitation potentials of the abandoned portions of a coal seam. Highwall miner technical layouts primary depend on geological conditions of coal seam decline angle and open pit mine geometry where coal partitions are abandoned. The specifics of the research are in the fact that the scientific literature and publications, and this is also in the practice, the application of highwall mining method on more than two vertical panels was not treated and discussed, while the conducted research at Odzak pit mine offered innovative technical solutions for exploitation of coal seam in more than two vertical panels. The digging geometry of the pit cut and excavated cuts are determined on technical layouts and those show the work dynamics of highwall mining method application at the mining site. Beside identified technical layouts for highwall mining equipment, the essence was in calculating the geometrical parameters of highwall mining method at thick and inclined coal seams. Researches were based on assumption that the highwall mining method in Odzak incorporates backfilling the excavated cuts.

Key words: open pit mine, Odzak, highwall mining, technical layout.

¹ Dr.sc. Eniz La ić, dipl.inž.rud, RMU Banovići, Banovići, Bosnia and Herzegovina, laco.eniz@gmail.com

² Dr.sc. Tihomir Knežić, dipl.inž.rud, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, tihomir.knezicek@untz.ba

³ Dr.sc. Edin Lapandić, dipl.inž.rud, JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, edin.71@gmail.com

⁴ Dr.sc. Admir Softić, dipl.inž.rud, Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, admir.softic@mteo.gov.ba

1. UVOD

Površinska eksploatacija mineralnih sirovina, kao primarni pravac u rudarstvu, od svog nastanka do današnjeg vremena suočava se sa nizom izazova i problema. Identifikovani problemi su i danas neriješeni, ili dijelom riješeni, a u ključu ne izazove spadaju ostvarenje maksimalnog kapaciteta opreme i rudarskih objekata, odnos otkrivke i mineralne supstance, primjena adekvatne metode otkopavanja itd [8]. U ovom radu je prezentiran koncept primjene visoko elne metode koja bi trebala riješiti problem životnog vijeka površinskog kopa na kojem se ne odvija eksploatacija uglja zbog nerentabilnog odnosa otkrivka – ugalj, ali i zbog rješenja problema ostavljenih bilansnih rezervi uglja u granicama eksploatacionog polja. Nerentabilnost na površinskom kopu Odžak ne ogleda se samo u odnosu otkrivka – ugalj, odnosu koji opterećuje staro odlagalište aktivnog površinskog kopa ubri u Rudnicima mrkog uglja (RMU) Banovi i, nego i činjenici da je prostorom površinskog kopa ugroženo oko 150 individualnih stambenih objekata, mjesno groblje i izvorište pitke vode iz kojeg se vodom napaja oko 750 domaćinstava.

Cilj primjene visoko elne metode je ostvarenje ekonomske opravdanosti otkopavanja neperspektivnih dijelova ležišta ugljeva [1]. Neperspektivna ležišta, ili dijelovi ležišta, su prisutna pojava u ostavljenim ili napuštenim dijelovima primarnih ležišta na kojima se vrši eksploatacija. U slučaju površinskog kopa Odžak neperspektivni dio ležišta je prekriven odlagališnim materijalom i nije opravdana eksploatacija tog dijela ležišta klasičnim metodama površinske eksploatacije uglja, pa je iznad ostavljenog dijela ležišta formirano unutrašnje odlagalište.

Unutar bosanskohercegovačkog istraživačkog prostora visoko elna metoda je praktično nepoznata, a literatura iz ove oblasti je nedovoljno zastupljena. Površinski kopovi na ležištima ugljeva u Bosni i Hercegovini se karakterišu eksploatacijom moćnih - debelih ugljenih slojeva, esto sa prisutnim proslojcima jalovinskog materijala, eksploatacijom ležišta sinklinalnog tipa ili eksploatacijom nagnutih ugljenih slojeva sa različito izraženom tektonikom.

Istraživanja i primjena visoko elne metode uglavnom su vršena na tankim i horizontalnim ugljenim ležištima - slojevima u zemljama razvijenog zapada, ali i u Rusiji, Indiji i Australiji [2]. Eksploatacija se vrši po pravilu u jednom horizontalnom panelu, a izuzetno se vrši eksploatacija u dva horizontalna panela ukoliko se radi o moćnom ležištu uglja. U odnosu na iskustva primjene metode i opreme na poznatim lokalitetima širom svijeta, uslovi površinskog kopa Odžak potpuno odudaraju od tipova ležišta na kojima se primjenjuje visoko elna metoda. Nije poznato da je u površinskoj eksploataciji primijenjena visoko elna metoda kopanjem u većem broju horizontalnih panela, a na primjeru površinskog kopa Odžak je dokazano da geomehnički, geološki i rudarsko-tehnološki uslovi omogućavaju kopanje ugljenog sloja u više horizontalnih panela. Pored ispunjenja preduslova koji se odnose na prirodne uslove radne sredine, bilo je neophodno razviti tehnološke šeme i procese za primjenu visoko elne metode u konkretnim uslovima i na konkretnom lokalitetu površinskog kopa Odžak. Upravo je fokus ovog rada na prikazu razvijenih tehnoloških šema i procesa koji su zasnovani na potvrdi stabilnosti radne sredine i kvaliteta uglja, usklađenim položajem transportnih komunikacija i mogućnosti izrade usjeka otvaranja opremom koju rudnik ima na raspolaganju.

2. LOKALITET PRIMJENE VISOKO ELNE METODE

Površinski kop Odžak nije aktivan rudarski objekat, a nalazi se u južnom dijelu Banovičkog ugljenog basena, lociran u blizini javnog puta Banovići - Banovići Selo. Tipičan je primjer eksploatacije nagnutih debelih ugljenih slojeva, sa izraženim tektonskim rasjedima. Površinski kop je zapravo Zapadni revir bivšeg površinskog kopa ubri. Nakon završetka eksploatacije na površinskom kopu Odžak, krater površinskog kopa je zatrpan, i 2010. godine prenamijenjen u unutrašnje odlagalište površinskog kopa ubri. Ugljeni sloj koji je ostavljen prosječno je debljine oko 18 m, prosječno nagiba po padu ugljenog sloja oko 15°, a po pružanju oko 3°. Navedeni podaci se odnose na blok mrkog uglja koji je istražen sa aspekta primjene visoko elne metode.

Na osnovu raspoložive tehničke dokumentacije, na lokalitetu površinskog kopa je ostalo oko 2,7 miliona tona kvalitetnog mrkog uglja, bilansnih rezervi [4]. Predmetni lokalitet je kvalitetno istražen mrežom bušotina 50x25 m, što je od izuzetne važnosti za ocjenu mogućnosti primjene visoko elne metode na lokalitetu Odžak. Takođe, za visoko elnu metodu je važna i činjenica da je krovina ugljenog sloja, po svojim karakteristikama, na prelazu iz srednje vrstih stijena u vrste stijene. Slika 1. prikazuje lokaciju bivšeg površinskog kopa Odžak gdje se u prvom planu vidi unutrašnje odlagalište površinskog kopa ubri, odnosno bivši krater površinskog kopa Odžak koji se nalazio ispod odlagališta, a vidljiva je i putna komunikaciona infrastruktura koja je afirmativan faktor za efikasnost transporta otkopanog uglja kod primjene visoko elne metode.



Slika 1. Aktuelni izgled prostora površinskog kopa Odžak (2015. godina)

3. PRIMJENA VISOKO ELNE METODE NA POVRŠINSKOM KOPU ODŽAK

Visoko elna metoda otkopavanja predstavlja inovativni način dobijanja uglja iz završnih kosina površinskih kopova putem visoko elne opreme. Nastala je kao potreba za produženjem životnog vijeka površinskog kopa, kada odnos otkrivka – ugalj ne može više da obezbijedi ekonomsku opravdanost daljeg otkopavanja klasičnim metodama površinske eksploatacije. Ostali razlozi nastajanja visoko elne metode i njoj pripadajuće opreme mogu se tražiti u eksploataciji ostavljenih bilansnih rezervi uglja unutar odobrenog eksploatacionog polja koje su zbog svoje debljine, ukupne količine ili niske energetske vrijednosti neracionalne za eksploataciju klasičnim metodama. Visoko elna oprema se sastoji od tri glavna dijela: lansirne rampe, koja se nalazi na površini uz završnu kosinu površinskog kopa, zatim od nastavnih sekcija i rezne glave koje se nalaze pod zemljom. Cjelodnevni rad ove opreme zahtijeva angažman posade od 18 radnika.

Tehnološke šeme rada horizontalnog usjeka su nastale kao produkt stvarno projektovanog stanja radova na površinskom kopu Odžak [3]. Svi ulazni podaci potrebni za izradu tehnoloških šema preuzeti su iz tehničke dokumentacije radne za potrebe površinskog kopa Odžak koji se nalazi u sastavu Rudnika Banovići. Projektovanje se vršilo na osnovu Bucyrus 25C - HW usjeka, koji je u konkretnom slučaju služio kao osnova za projektovanje geometrijske analize visoko elne metode, za uslove kopanja zaostalih ugljenih rezervi na lokalitetu Odžak.

4. GEOMETRIJA VISOKO ELNE METODE ZA POVRŠINSKI KOP ODŽAK

Za geometrijsku analizu visoko elne metode jedan od najvažnijih faktora je debljina ugljenog sloja. Debljina ugljenog sloja je vrlo važan faktor iz razloga što utiče na broj panela, gledano po vertikali ugljenog sloja. Ovdje je potrebno napraviti razliku između broja panela u horizontalnom sloju i broja panela u nagnutom sloju. Ta razlika se ogleda u činjenici da broj rezova u horizontalnom sloju može biti značajno veći i u odnosu na broj rezova na nagnutom sloju. Naime, kada se analizira horizontalni sloj, zbog izrade velikog broja rezova nakon određenog broja rezova, mora se ostaviti slojni zaštitni stub koji preuzima opterećenje ukupnih krovinskih masa na sebe, a razlika se ogleda i u mogućnosti veće ekstrakcije ugljene mase iz sloja. Zato se ugljeni sloj jednostavno podijeli po vertikali i na taj način se vrši otkopavanje. Kod ugljenih slojeva sa većim nagibom, do 20°, otkopavanje u panelima je znatno kompleksnije. Broj rezova u panelu je znatno manji i zavisi od ugla nagiba sloja. Kod nagnutih slojeva, najvažnije je, nema potrebe za slojnim zaštitnim stubovima iz razloga što zasipni materijal brzo preuzima nosivost krovinih naslaga. Broj panela je u odnosu na horizontalni sloj znatno veći i zbog nagiba ugljenog sloja. Osim većeg broja panela kod otkopavanja ugljenih slojeva velike debljine sa zasipavanjem između njih rezova, javlja se problem definisanja redoslijeda otkopavanja, a redoslijed otkopavanja daje odgovor da li se ugljeni sloj kopati od krovine ka podini ili suprotno - od podine ka krovini.

Geometrijska analiza visoko elne metode na površinskom kopu Odžak se karakteriše slijedom elementima:

- geometrijski parametri otkopnog usjeka
 - redoslijed kopanja od podine ka krovini,

- širina radne površine otkopnog usjeka: 30 m,
- prosje na dubina otkopnog usjeka: 66 m,
- ugao nagiba otkopnog usjeka: 15°
- geometrijski parametri reza
 - širina reza: 3,6 m,
 - visina reza: 3 m,
 - prosje na dužina reza: 185 m.
- geometrija pristupne rampe
 - visina/debljina pristupne rampe: 3+1 m
- geometrija zaštitnih stubova
 - širina panelnog zaštitnog stuba 0,5 m,
 - visina /debljina me upanelnog zaštitnog stuba 1 m.

Tehnološke šeme su produkt stvarno projektovanog stanja na ažurnoj situacionoj karti površinskog kopa Odžak ra ene u razmjeri $M=1:2500$. Na tehnološkim šemama je osim egzaktnih geometrijskih parametara prikazana i dinamika otkopavanja rezova i panela, odnosno izrada pristupnih rampi za otkopavanje viših panela.

Geometrija otkopnog usjeka je bitna jer mora obezbijediti potreban komfor za smještaj i rad visoko elne opreme odre enih gabarita [3]. Tako e, uglovi završnih kosina otkopnog usjeka moraju biti projektovani i ura eni tako da posadi i visoko elnoj opremi smještenoj u otkopnom usjeku garantuju maksimalnu sigurnost.

Geometrija izra enog reza je definisana geometrijskim parametrima rezne glave. Ona je za odabrani Bucyrus-ov 25C-HW horizontalni usjeka 3,5 x 3,0 m. Širina reza od 3,6 m je ve a od širine nazubljenog valjka na reznoj glavi za 10 cm jer se po 5 cm uglja zarušava sa obje strane rezne glave.

Geometrija pristupne rampe, prije svega njena visina, treba da visoko elnoj opremi obezbijedi pristup gornjim (viso ijim) panelima. U konkretnom slu aju za površinski kop Odžak visina platoa iznosi 3+1 m. Tri metra se odnosi na maksimalnu dohvatnu visinu odabranog horizontalnog usjeka a, a preostali jedan metar se odnosi na visinu/debljinu me upanelnog zaštitnog stuba.

Geometrija zaštitnih stubova je izuzetno zna ajna sa aspekta sigurnosti radne sredine. Osnovni zadatak zaštitnih stubova je obezbje enje stabilnosti, prije svega, krovinskih naslaga, a obzirom da se radovi obavljaju u debelom i nagnutom ugljenom sloju u Odžaku, ali i stabilnosti ugljenog sloja [5,6]. Prilikom izrade rezova, koji idu do dubine 300 m, nije dozvoljen gubitak paralelnosti stubova, jer u suprotnom bi moglo do i do narušavanja debljine zaštitnih stubova, odnosno do narušavanja stabilnosti i sigurnosti primjene visoko elne metode. Pošto se na površinskom kopu Odžak primjenjuje kombinacija visoko elne metode i metode zapunjavanja izra enih rezova [7]. Uslov paralelnosti je bitan i zbog mogu eg one iš enja otkopane mase uglja.

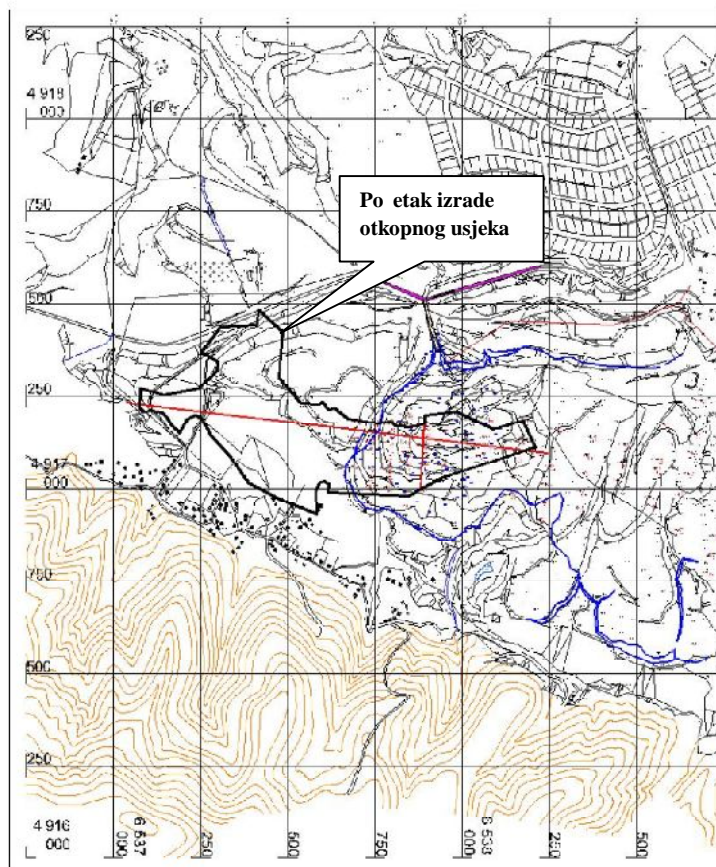
U pogledu definisanja dinamike otkopavanja, odnosno o izradi pristupnih rampi, važno je uskladiti proces izrade rezova i proces nasipanja pristupnih rampi. Pošto se oba ova procesa izvode istovremeno, njihova sinhronizacija je neophodna kako bi se izbjegla potencijalna zagušenja radova u otkopnom usjeku. Efikasnu sinhronizaciju ovih procesa upravo obezbje uju precizno razvijene i prora unate tehnološke šeme rada horizontalnog usjeka a.

5. TEHNOLOŠKA ŠEMA VISOKO ELNE METODE NA POVRŠINSKOM KOPU ODŽAK

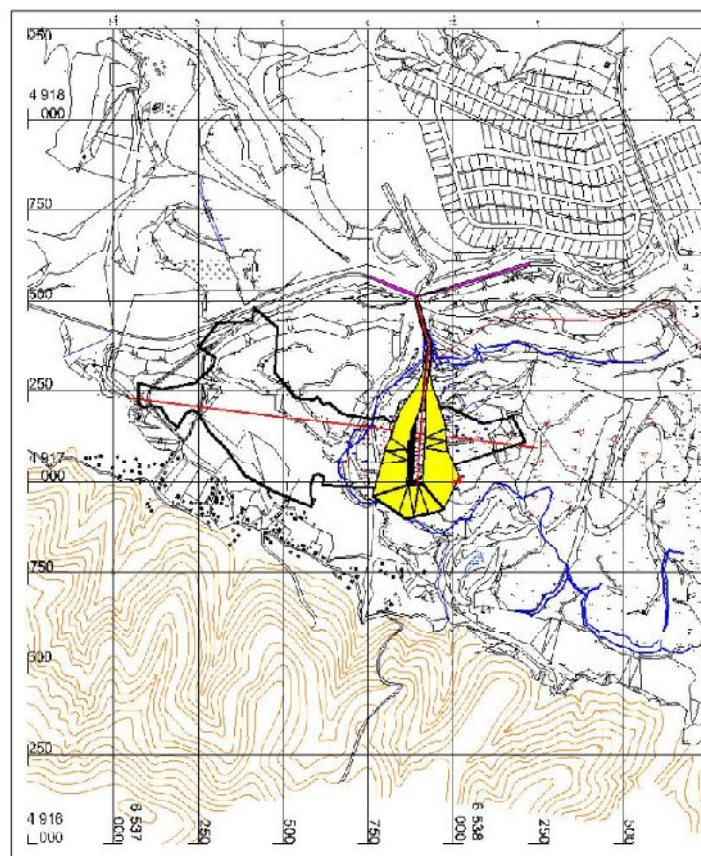
Tehnološke šeme su ra ene u fazama. Na prvoj tehnološkoj šemi je prikazano ažurno stanje šireg podru ja oko otkopnog usjeka. Na druge dvije tehnološke šeme prikazani su po etni radovi na izradi otkopnog usjeka, kao i završno stanje otkopnog usjeka. Ostale tehnološke šeme prikazuju procese nasipanja pristupnih rampi, najprije prvom panelu, zatim pristupnih rampi gornjim (višim) panelima, ponavljaju i taj proces sve do najvišeg panela koji se nalazi na samom po etku otkopnog usjeka.

5.1. Izrada otkopnog usjeka

Na slikama 2. i 3. prikazane su tehnološke šeme na kojima su prikazane po etna i završna faza izrade otkopnog usjeka.



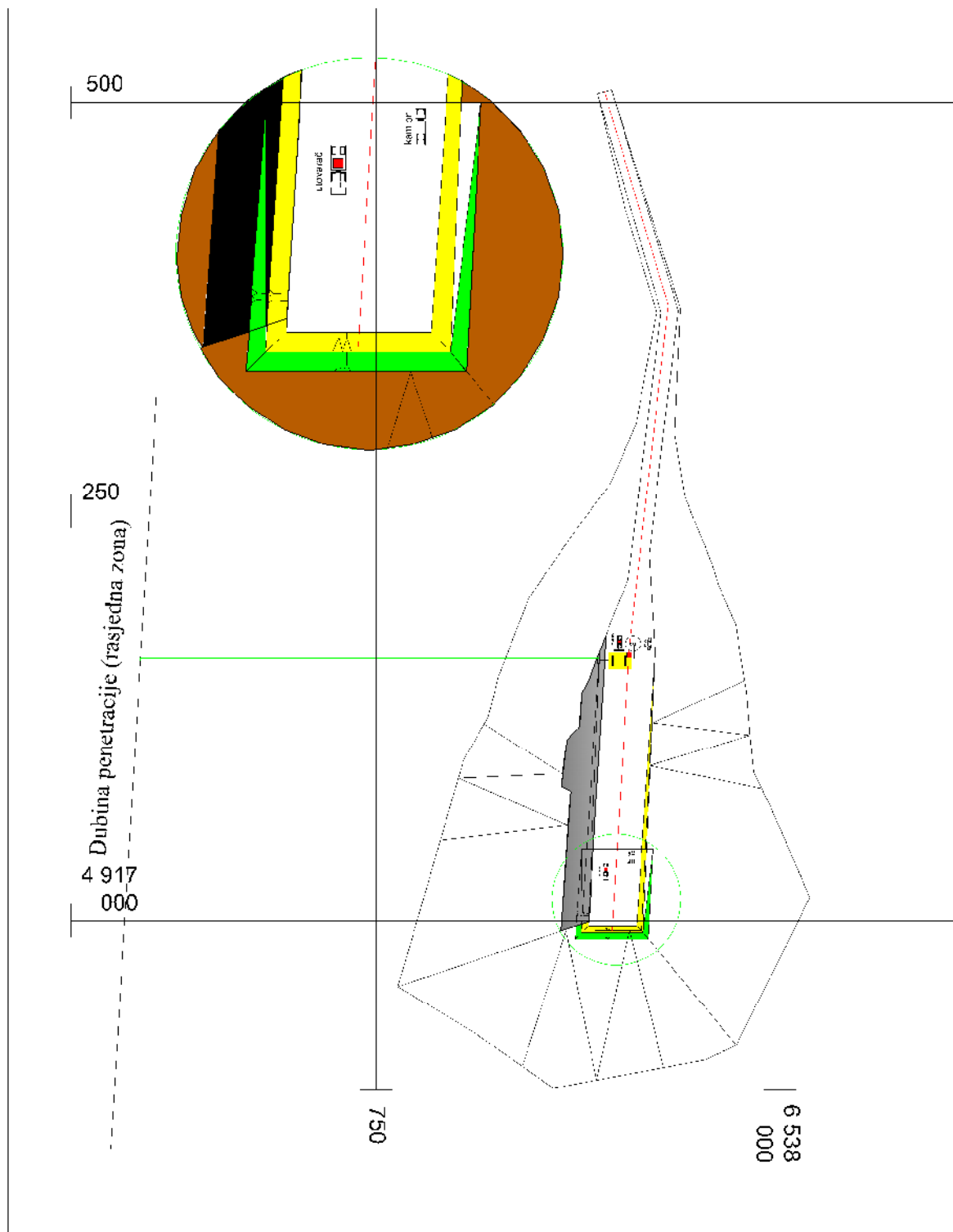
Slika 2. Po etna faza izrade otkopnog usjeka ($M=1:2500$)



Slika 3. Završna faza izrade otkopnog usjeka ($M=1:2500$)

5.2. Izrada pristupne rampe za prilaz gornjim dijelovima debljih ležišta uglja

Izrada pristupne rampe za prilaz gornjim dijelovima debljih ležišta uglja je periodičan proces koji se ponavlja dok visokodielna oprema ne završi radove na zadnjem panelu unutar otkopnog usjeka. Zbog periodičnog ponavljanja tog procesa, ovaj sistem izrade pristupnih rampi (plato za smještaj i napredovanje visokodielne opreme, odlaganje uglja, smještaj zasipnog materijala, transportni put, te plato za smještaj i rad pomoćne mehanizacije) će biti prezentovan na tehnološkoj šemi prikazanoj na slici 4.



Slika 4. Izrada pristupne rampe na trećem panelu

U ograničenom prostoru kakav je otkopni usjek, dinamika (redoslijed) svih potrebnih radnji za normalan rad visokog elne opreme je od ključne važnosti. Proces izrade pristupne rampe (radnog platoa) gornjim dijelovima debelih ugljenih ležišta predstavljen je na slici 4. Dok horizontalni usjek radi na izradi zadnjih rezova na drugom panelu, pomoćna mehanizacija (buldozer, kamioni, utovara) radi na izradi pristupne rampe za treći panel. Dakle, unutar otkopnog usjeka istovremeno se odvijaju dva neovisna procesa. Prvi se odnosi na izradu zadnjih rezova na drugom panelu, kao i odvoz uglja iz izradenih rezova, te njihovo zasipavanje. Drugi proces se odnosi na nasipavanje pristupne rampe za viši treći panel sa kojom se vršiti izrada rezova na trećem panelu kao i sve pomoćne radnje neophodne za normalan rad visokog elne opreme (odvoz otkopanog uglja, doprema nastavnih sekcija, doprema goriva za generator, dovoz zasipnog materijala itd.). Ovaj periodični proces se odvija unutar otkopnog usjeka do momenta dok se ne otkopa ugao iz panela koji se nalazi uz neposrednu krovinu tj. dok se ne otkopa kompletan efektivni dio ugljenog sloja predviđen za otkopavanje visokom elnom metodom.

6. ZAKLJUČCI

Površinski kop Odžak je vrlo nepovoljan slučaj primjene visokog elne metode na rudarskom objektu u tehnološkom smislu. Ta nepovoljnost se ogleda u potrebi izrade otkopnog usjeka u prisutnosti novonastalog odlagališta površinskog kopa u blizini. Nepovoljnost primjene visokog elne metode na površinskom kopu Odžak još se ogleda u izraženoj tektonici sloja, kao i u nepovoljnim uglovima zalijeganja sloja, i po padu i po pružanju. Obzirom da geomehanski uslovi koji vladaju na površinskom kopu Odžak dozvoljava primjenu visokog elne metode na ovom rudarskom objektu, tehnološke šeme su odgovor na prirodne prepreke koje su prisutne i uticajne na primjenu visokog elne metode na debelim i nagnutim ugljenim slojevima, kao i odgovor na mogućnost eksploatacije ostavljenih ugljenih slojeva finansijski isplativom metodom kopanja uglja.

CONCLUSIONS

Open pit mine Odzak, in a technical context, is in an unfavourable situation while applying the highwall mining method in mining object. This inadequate situation has present in the need to build a mining cut in the vicinity of newly established wastedump of the Cubric pit mine. Unfavourability of the highwall mining method application on Odzak pit mine is also present in the complex tectonic coal structure, as well as in unfavourable dipping of the coal seam - along the dip and along the strike. Since geomechanical conditions at the pit permit application of the highwall mining concept at Odzak, the technical layouts respond to bridging the natural obstacles present and influential at the mine to permit application of highwall mining method at thick and inclined coal seams. This is the answer to the possibility of extracting the abandoned portions of coal seam as financial valuable method of coal exploitation.

7. REFERENCE

1. Knežević, T.: Alternativne metode površinske eksploatacije, Priručnik u nastavi postdiplomskog studija, RGGF Tuzla, 2009.
2. Lašić, E.: Eksploatacija ostavljenih bilansnih rezervi uglja alternativnim metodama površinske eksploatacije u RMU Banovići, Magistarski rad, Tuzla, 2011.
3. Lašić, E.: Geometrija površinskog kopa kod primjene visokog elne metode kopanja nagnutih ugljenih slojeva, Doktorska disertacija, RGGF Univerziteta u Tuzli, Tuzla, 2015.
4. RGGF Univerziteta u Tuzli: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i rezervama mrkog uglja u basenu „Banovići“, Tuzla, 2000.
5. Zipf, R.K.: Ground Control Design for Highwall Mining, Pittsburgh, Pennsylvania, 2002.
6. Zipf, R.K., Suresh, B.: ANALYSIS OF PRACTICAL GROUND CONTROL ISSUES IN HIGHWALL MINING, Pittsburgh, Pennsylvania, 2004.
7. Živković, S., Nuić, J., Vrkljan, D.: Podzemna eksploatacija mineralnih sirovina, RGNF Zagreb, 1999.
8. Živković, S., Vrkljan, D.: Površinska eksploatacija mineralnih sirovina, RGNF Zagreb, 2002.