Optimizacija površinskog kopa boksita Skakavac L-1 primjenom metode pomičnih kosina

Radić, Mislav

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:883975

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

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







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij rudarstva – rudarstvo

OPTIMIZACIJA POVRŠINSKOG KOPA BOKSITA SKAKAVAC L-1 PRIMJENOM METODE POMIČNIH KOSINA

Diplomski rad

Mislav Radić

R 184

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

Optimizacija površinskog kopa boksita Skakavac L-1 primjenom metode pomičnih kosina

Mislav Radić

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

Sažetak

U radu je obrađena optimizacija površinskog kopa boksita „Skakavac“. Samo ležište se nalazi u BiH, u općini Jajce u županiji Središnja Bosna. Topografske karte su korištene kao podloga za izradu situacijske karte ležišta. Geološkom prospekcijom, istražnim radovima i bušotinama definirano je nalazište boksita. Izrađen je 3D model terena i 3D model rudnog tijela koristeći program Bentley Microstation. Sama obrada dobivenih podataka i njihovo generiranje, triangulacija izvedene su u programu Bently InRoads. Opisane su suvremene metode projektiranja površinskih kopova, s naglaskom na primjenu metode pomičnih kosina. Proračun rezervi boksita izrađen je metodom modeliranja. Izrađeno je više modela površinskog kopa i utvrđena je optimalna kontura kopa.

Ključne riječi: projektiranje, optimizacija ležišta „Skakavac“, boksit, Microstation

Završni rad sadrži: 49 stranica, 28 tablica, 14 slika, i 6 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

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

Mentori: Dr.sc. Ivo Galić , izvanredni profesor RGNF

Pomagao pri izradi: Dr.sc. Branimir Farkaš, asistent RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Ivo Galić , izvanredni profesor RGNF
Dr.sc. Vječislav Bohanek, docent, RGNF
Dr.sc. Dario Perković, docent, RGNF

Datum obrane: 18.01.2019., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

Optimization of bauxite surface mine L-1 using the moving slopes method

Mislav Radić

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

Abstract

This paper deals with optimization of bauxite surface "Skakavac". The bauxite reservoir is located in BiH, in the Jajce municipality in Central Bosnia. Topographic maps were used as a basis for creating a situation map of the deposit. Geological screening, exploration works and wells have been defined as bauxite sites. A 3D model of terrain and a 3D model of the mining body was developed using the Bentley Microstation program. The same processing of the data obtained and their generation and triangulation were performed in Bently InRoads. Modern design methods of surface mines are described, with emphasis on the application of the moving slope method. Budget of bauxite reserves were made by the modeling method. Several surface finishing models were developed and the optimal contour of the mine was determined.

Keywords: designing, optimization of reservoir „Skakavac“, bauxite, Microstation

Thesis contains: 49 pages, 28 tables, 14 figures and 6 references.

Original in: Croatian

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

Supervisors: PhD Ivo Galić, Associate Professor

Tech. assistance: PhD Branimir Farkaš, Assistant

Reviewers: PhD Ivo Galić , Associate Professor
PhD Vječislav Bohanek, Asistent Professor
PhD Dario Perković, Asistent Professor

Defence date: 18.01.2019., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. METODE PROJEKTIRANJA 2
2.1. Tradicionalne i suvremene metode projektiranja 2
3. OSNOVNE ZNAČAJKE POVRŠINSKOG KOPA „SKAKAVAC“ 3
3.1. Zemljopisni položaj ležišta „Skakavac“ 3
4. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA 5
4.1. Geološka građa područja 5
4.1.1. Valendis-barem (K11-3) 7
4.1.2. Barem-apt (K13-5) 7
4.1.3. Alb-cenoman (K1,2) 7
4.1.4. Senon (2 K 23) 8
4.1.5. Donji, srednji miocen (1M1,2) 8
4.1.6. Drugi superpozicijski paket (2M1,2) 8
4.1.7. Treći superpozicijski paket (3M1,2) 9
4.1.8. Sipari (s) 9
4.2. Tektonika šireg područja 9
4.3. Geneza ležišta 10
5. MODEL POSTOJEĆEG STANJA I IZRADA KONTURA 12
5.1. 3D modeliranje postojećeg stanja 12
5.2. Izrada rudarskih tijela na ležištu „Skakavac“ 13
5.3. Izračun volumena boksita za svaku konturu kopa 18
5.4. Izrada završnih kosina kopa 18
6. IZRAČUN I ODABIR IDEALNE KONTURE KOPA 22
6.1. Metoda pomičnih kontura 22
6.2. Proračun idealne konture kopa 25
6.2.1. Normativi bušenja i miniranja 26
6.2.2. Normativi ripovanja 34
6.2.3. Normativi utovara i transporta 38
6.3. Proračun amortizacije 47
6.4. Prikaz ukupnih troškova za pojedinu konturu i odabir optimalne konture 50
7. ZAKLJUČAK 53
8. LITERATURA 55

POPIS SLIKA

Slika 3-1 Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja „Skakavac“ M1:25 000 4
Slika 4-1. Pregledna geološka karta i geološki profil šireg područja istraživanja. Osnovna geološka karta, list Jajce 6
Slika 5-1. Prikaz postojećeg stanja ležišta „Skakavac“ 13
Slika 5-2. Slika podine rudnog tijela boksita sa bušotinama 15
Slika 5-3. Slika rudnog tijela 15
Slika 5-4. Prikaz kontura rudnog tijela boksita „Skakavac“ 16
Slika 5-5. Izrada tijela boksita druge konture 17
Slika 5-6. Izrada tijela boksita treće konture 17
Slika 5-7. Slika naredbe „Triangulate Volume“ 18
Slika 5-8. Slike naredbe „Generate Sloped Surface“ 19
Slika 5-9. Prikaz prve završne konture kopa „Skakavac“ 20
Slika 5-10. Prikaz druge završne konture kopa „Skakavac“ 20
Slika 5-11. Prikaz treće završne konture kopa „Skakavac“ 21
Slika 6-1. Prikaz prihoda, troškova i dobiti 53

POPIS TABLICA

Tablica 3-1 Koordinate vršnih točaka eksploatacijskog polja „Skakavac“ 3
Tablica 5-1. Koordinate istražnih bušotina eksploatacijskog polja „Skakavac“ 14
Tablica 6-1. Prikaz vrijednosti sirovine po pojedinim konturama 25
Tablica 6-2. Normativ utroška materijala prve konture za bušenje 31
Tablica 6-3. Normativ utroška materijala druge konture za bušenje 31
Tablica 6-4 - Normativ utroška materijala treće konture za bušenje 32
Tablica 6-5 - Normativ utroška eksploziva za prvu konturu 33
Tablica 6-6 - Normativ utroška eksploziva za drugu konturu 33
Tablica 6-7 - Normativ utroška eksploziva za treću konturu 33
Tablica 6-8 - Normativi utroška materijala na ripovanju i guranju za prvu konturu 37
Tablica 6-9 - Normativi utroška materijala na ripovanju i guranju za drugu konturu 37
Tablica 6-10 - Normativi utroška materijala na ripovanju i guranju 37
Tablica 6-11 - Normativ utroška materijala na utovaru bagerom za prvu konturu 41
Tablica 6-12 - Normativ utroška materijala na utovaru bagerom za drugu konturu 41
Tablica 6-13 - Normativ utroška materijala na utovaru bagerom za treću konturu 41
Tablica 6-14 - Normativ utroška materijala na utovaru boksita utovarivačem za prvu konturu 42
Tablica 6-15 - Normativ utroška materijala na utovaru boksita utovarivačem za drugu konturu 42
Tablica 6-16 - Normativ utroška materijala na utovaru boksita utovarivačem za treću konturu 43
Tablica 6-17 - Normativ utroška materijala na transportu jalovine i boksita za prvu konturu 45
Tablica 6-18 - Normativ utroška materijala na transportu jalovine i boksita za drugu konturu 45
Tablica 6-19 - Normativ utroška materijala na transportu jalovine i boksita za treću konturu 46
Tablica 6-20 - Prikaz amortizacije za prvu konturu 48
Tablica 6-21 - Prikaz amortizacije za drugu konturu 48
Tablica 6-22 - Prikaz amortizacije za treću konturu 49
Tablica 6-23 - Ukupni troškovi eksploatacije boksita za prvu konturu 50
Tablica 6-24 - Ukupni troškovi eksploatacije boksita za drugu konturu 51

Tablica 6-25 - Ukupni troškovi eksploatacije boksita za treću konturu 52
Tablica 6-26 - Prikaz optimalne konture kopa 53

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
O	m^3	volumen
M	kg	masa
L	m	duljina
ρ	kg/m^3	gustoća
A	m^2	površina
v	m/s	brzina
H	ha	površina
P	w	snaga
I	A	amper
R	Ω	om
T	s	vrijeme

1. UVOD

U ovom diplomskom radu opisan je postupak određivanja optimalne konture površinskog kopa boksita „Skakavac“, koje se nalazi u BiH, u središnjoj Bosni, 8,5 km sjeveroistočno od grada Jajca.

Opisan je geografski položaj, geološka grada i tektonika ležišta površinskog kopa, te su opisane metode izrade 3D ležišta, kao i izrada bušotina te rudnog tijela. Napravljeni su strukturni elementi temeljem podataka iz stupova bušotina koje su izrađene istražnim bušenjem. Svo navedeno 3D modeliranje je izrađeno u računalnom programu *Bentley Microstation,* te aplikacijama MOD-Z i InRoads kojima se upravlja pomoću programa Microstation.

Navedene su tradicionalne i suvremene metode projektiranja površinskih kopova s naglaskom na primjenu metode pomičnih kosina. Izrađeno je više primjera kontura površinskih kopova na ležištu boksita „Skakavac“ , te je korištenjem Microsoft Excel-a dobiven proračun kojim je određena optimalna kontura kopa na ležištu „Skakavac“.

2. METODE PROJEKTIRANJA

2.1. Tradicionalne i suvremene metode projektiranja

Tradicionalne metode projektiranja površinskih kopova temelje se na manualnim proračunima rudarskih parametara i manualnoj grafičkoj interpretaciji etažnih karata, karata radnih zona, kontura površinskog kopa, odlagališta itd. Metode zahtijevaju duže razdoblje za iznalaženje optimalnog rješenja jer zbog dužine procesa projektiranja viševarijantni rad je otežan. Pojavom računalne tehnike u rudarstvu došlo je do razvoja novih metoda projektiranja površinskih kopova koje se bitno razlikuju od tradicionalnih metoda, ali uveliko omogućavaju brži, kvalitetniji i kreativniji rad. Nazvane su suvremenim metodama projektiranja i poslužile su kao predložak za izradu cijelog niza namjenskih programa koji se koriste pri projektiranju rudarskih zahvata.

Suvremene metode projektiranja kreću od ideje da za njihovu implementaciju mora biti formirana baza geoloških i rudarskih podataka te model ležišta. Stoga spomenuta tri područja predstavljaju jednu cjelinu sa ciljem projektiranja rudarskih zahvata. Suvremene metode projektiranja su najčešće zasnivane na određenim značajkama rudnih tijela. Tako se za određeni tip ležišta razvijala metoda koja daje optimalne rezultate upravo za taj tip ležišta, dok se za ostale tipove daju rješenja koja mogu, ali i ne moraju biti optimalna. Kako bi se taj problem potencijalno riješio, razvile su se metode koje mogu biti primjenjive na skoro svakom tipu ležišta. Kroz praktičnu primjenu takvih metoda, najbolji rezultati su se pokazali na složenim ležištima (najčešće metala).

Sve suvremene metode optimalizacije imaju za cilj utvrđivanje optimalne konture površinskog kopa, sa ciljem maksimalne dobiti. Razvijen je veliki broj metoda projektiranja, a najprihvaćenije u svijetu rudarstva su *Lerchs-Grossmann Method* (LG metoda), *Floating Cone* **(**metoda pomičnog stošca) i *Dynamics Programming* (metode dinamičkog programiranja) (Galić, 2001).

3. OSNOVNE ZNAČAJKE POVRŠINSKOG KOPA „SKAKAVAC“

3.1. Zemljopisni položaj ležišta „Skakavac“

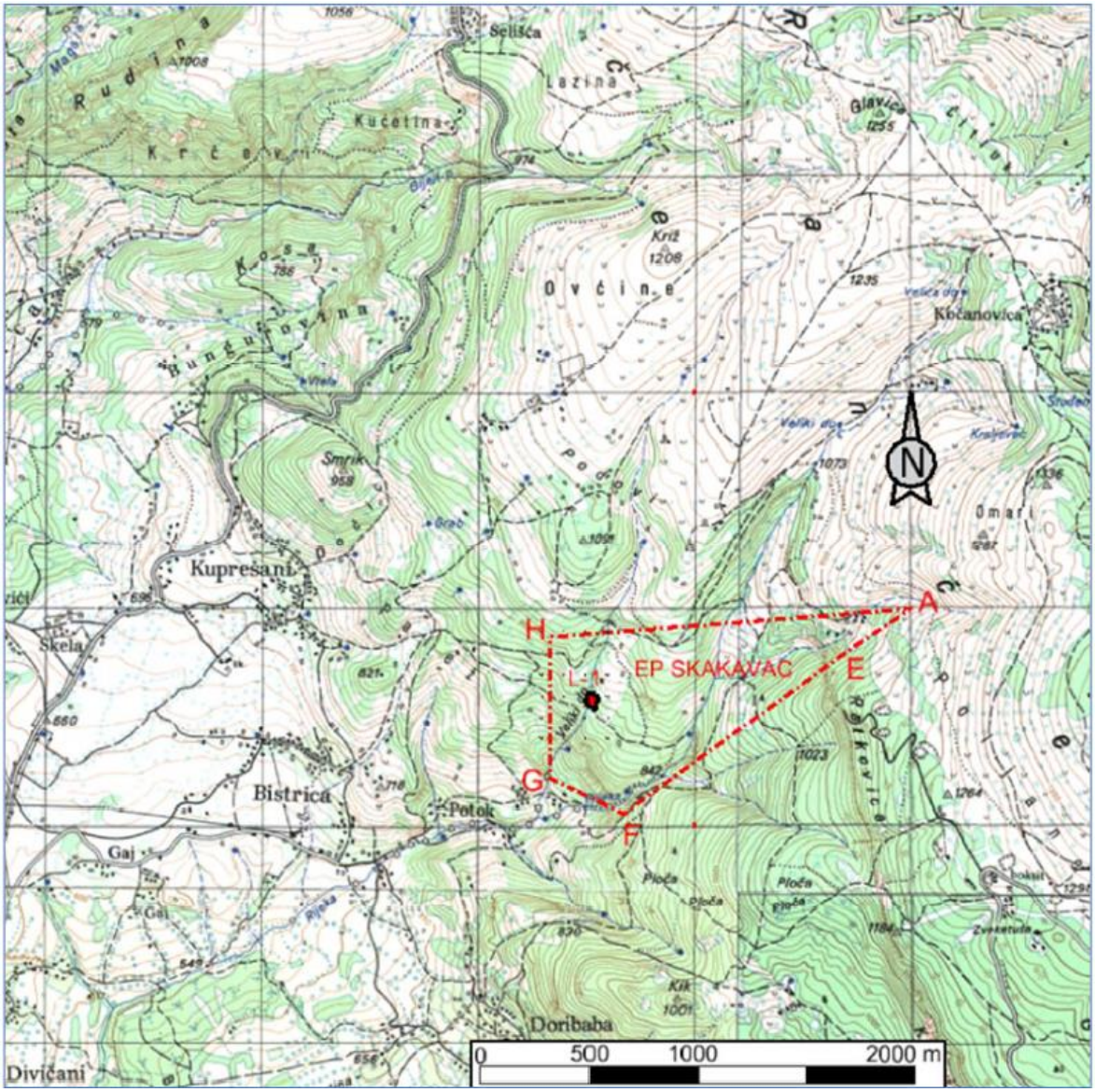
Šire područje u kojem se nalazi i ležište L-1 obuhvaća južne padine Ranče planine tamo gdje one vrlo strmo, preko vrlo markantnih litica, prelaze u prostranu neogensku zaravan, vidljivo na slici 3-1. Udaljeno je oko 8,5 km zračne linije sjeveroistočno od Jajca. Nadmorska visina neposrednog okruženja ležišta kreće se u prosjeku od 850 do 950 m.n.m.

Najveće mjesto je Jajce koje je gospodarski i kulturni centar šireg područja. Ostala veća naselja su sela Donji i Gornji Bešpelj, Dubrave, Zdaljevac, Seoci i Kuprešani.

Eksploatacijsko polje ima oblik peterokuta čiji su vrhovi označeni točkama A, E, F, G i H. Koordinate vršnih točaka odobrenog polja i dužine stranica prikazane su u tablici 3-1. U morfološkom pogledu, teren je brdovit-planinski, s kotama između 800 i 1 200 m n.m. Područje u kojem se nalazi eksploatacijsko polje obraslo je šumom. To je pretežito crnogorica gdje pretežu jela i smreka te sporadično bjelogorična vrsta bukva. Zemljište je u općinskom i privatnom vlasništvu. Mjestimično se u istražnom prostoru nalaze izdanci stijena. U blizini polja još uvijek se podzemnim rudarskim radovima eksploatira boksit, pa će se svi pogonski objekti kao i izvor električne energije, potreban za rad strojeva koristiti iz postojećih izvora (Galić, 2018).

Tablica 3-1 Koordinate vršnih točaka eksploatacijskog polja „Skakavac“

Vršna točka	**Koordinate**		**Duljina stranice (m)**
	Y	**X**	
A	6 451 000,00	4 916 000,00	360,55
E	6 450 700,00	4 915 800,00	1 270,09
F	6 449 675,00	4 915 050,00	371,25
G	6 449 340,00	4 915 210,00	660,00
H	6 449 340,00	4 915,210,00	1 665,08
Površina istražnog prostora:		80,29 Ha	



Slika 3-1 Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja „Skakavac“ M1:25 000 (Galić, 2018)

4. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA

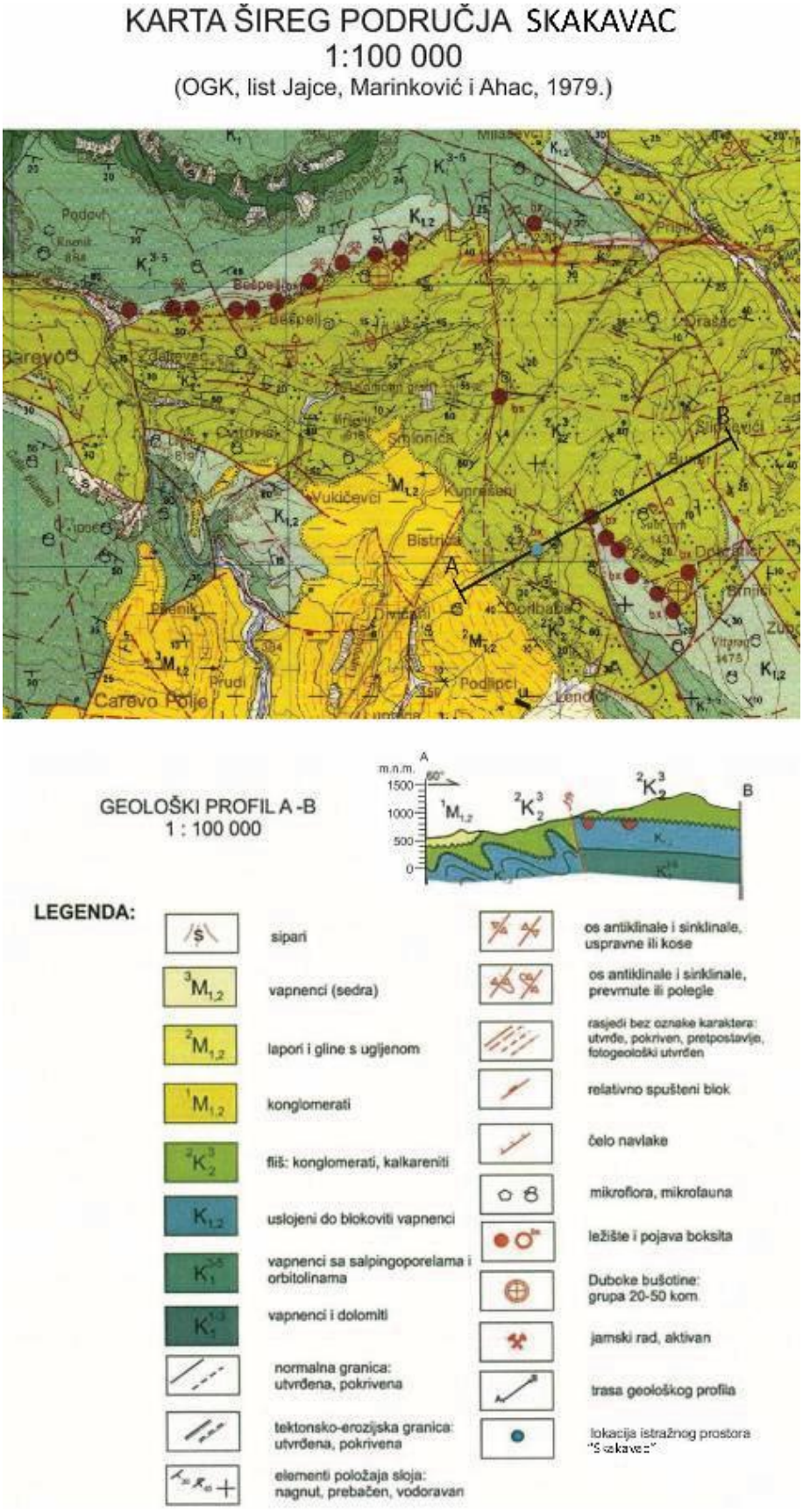
4.1. Geološka građa područja

Geološka građa šireg boksitonosnog područja Jajca prikazana je na geološkoj karti 1:100 000 (slika 4-1). U širem području, prema Osnovnoj geološkoj karti, list Jajce, utvrđene su naslage širokog stratigrafskog raspona od donje krede do kvartara. Prevladavaju vapnenci i klastiti. Geološka građa ležišta L-1 Skakavac, obrađivanog u ovom elaboratu, definirana je prvenstveno na temelju podataka bušotina i površinskih geoloških podataka.

Temeljna je karakteristika ovog ležišta, kao uostalom i brojnih drugih ležišta na „Poljanama“ i „Crvenim Stijenama“ između kojih se nalazi ležište L-1, da je boksit istaložen na vapnence alba. Oni su za vrijeme dugotrajne emerzije (kopnene faze) pod utjecajem vanjskih geoloških faktora bili okršeni, odnosno u njima su stvorena raznovrsna paleoudubljenja u koja je deponiran materijal za boksit.

Gornjokredna transgresija (gornji santon-donji kampan) istaložila je preko ležišta boksita heterogenu seriju pretežito karbonatnih klastita. U bazalnom dijelu to su, karbonatne breče i konglobreče te kalkareniti, te sporadično kalcitični lapori i gline. U višim dijelovima stupa, dakle u mlađoj krovini prevladavaju kalcitični lapori i kalkareniti najčešće nastali turbiditnim mehanizmima sedimentacije. Takva je sedimentacija trajala do u srednji eocen. Intenzivni tektonski pokreti od eocena do danas cijelo su boksitonosno područje značajno strukturno poremetili. Ležište L-1 Skakavac, iz primarnog vodoravnog položaja dospjelo u današnji strukturni položaj.

Geometrija i prostorni položaj rudnog tijela interpretirani su na temelju podataka bušenja i strukturnih elemenata prikupljenih na površini terena. Ležište u tlocrtu ima nepravilan elipsoidan oblik. Duža os se pruža sjeverozapad-jugoistok (cca 90 m), a kraća os sjeveroistok-jugozapad(cca 55 m). Površina ležišta je oko 2 452 m^2. Ležište je istraživano tijekom 2016. i 2017. godine (Galić, 2018; Dragičević i dr., 2017).



Slika 4-1. Pregledna geološka karta i geološki profil šireg područja istraživanja. Osnovna geološka karta, list Jajce (Marinković i Ahac, 1979)

4.1.1. Valendis-barem (K_1^{1-3})

Ove su naslage na površini razvijene u sjevernom dijelu razmatranog područja na priloženoj geološkoj karti. Izgrađuju kanjon rijeke Ugar, sjeverozapadno od Poljana. To su dobro uslojeni pločasti do bankoviti, pretežito mikrokristalasti vapnenci svjetlosive do bijele boje. Rjeđe se javljaju slojevi i leće dolomitiziranih vapnenaca ili dolomita. U sedimentacijskom slijedu debelom oko 500 metara prisutni su raznovrsni tipovi plitkovodnih vapnenaca. Prisutnost provodnih fosila je rijetka. Pretežu mikrofosili te sitne nerinee, krupni hidrozoi i primitivni rudisti. a na temelju mikrofosila (foraminifere i alge) ove su naslage pribrojene valendis-otrivu i dijelu barema.

4.1.2. Barem-apt (K_1^{3-5})

Ove naslage izgrađuju velike površine u sjevernom i jugozapadnom dijelu terena prikazanom na priloženoj geološkoj karti. Slijede kontinuirano na naprijed opisanim naslagama. To su pretežito pločasti dobro uslojeni vapnenci. Nekada su slojevi debeli i do 100 centimetara. Boja vapnenaca varira od sivo smeđe, svjetlosive do tamnosive boje. Raznovrsni tipovi plitkomorskih vapnenaca prisutni su kroz cijeli stup naslaga koji je debeo oko 450 metara. Proslojci i slojevi kasnodijagenetskih dolomita su rijetki. Starost ovoga stratigrafskog člana dobro je paleontološki dokumentirana. U starijim dijelovima slijeda dolaze salpingoporele a iznad njih bogata zajednica orbitolina. Od makrofosila najčešće su nerinee i primitivni rudisti. Ovakova fosilna asocijacija upućuje na pripadnost ovih stijena gornjem baremu-aptu i donjem dijelu alba.

4.1.3. Alb-cenoman ($K_{1,2}$)

Kontinuirano na naprijed opisanim vapnencima leže različiti tipovi alb-cenomanskih plitkovodnih vapnenaca. Boja vapnenaca je bijela, ružičasta do svijetlosiva. Izgrađuju dijelove terena u kojima čine neposrednu podinu ležištima boksita (Crvene stijene, Bešpelj i Poljane te druga područja). Podređeno dolaze slojevi dolomita. Cijeli je stratigrafski član dobro uslojen. Debljina slojeva varira od 5 cm do 1 m. U najmlađem dijelu slijeda ovih vapnenaca, neposredno ispod transgresivne granice i u podini ležišta boksita slojevi vapnenaca mogu biti debeli i preko 2 metra i u tom slučaju predstavljaju dobru sirovinu za pridobivanje arhitektonsko-građevnog kamena. Stratigrafska je pripadnost određena na temelju brojnih ostataka algi, foraminifera i rudista. Debljina ovog stratigrafskog člana dosiže do 500 metara.

4.1.4. Senon ($_2K_2^3$)

Na geološkoj karti šireg područja, raznovrsni pretežito karbonatni klastiti izdvojeni su u središnjem i istočnom dijelu područja. Izgrađuju najveće površine u razmatranom području. Oni su poznatiji pod nazivom "fliš" koji sugerira njihovu genezu.

U litološkom pogledu brojni su raznovrsni litofacijesi. Najčešći su vapnenačke breče i konglomerati, kalkareniti, glinoviti mikriti, lapori i dr. Česta je brza vertikalna i dijelom horizontalna izmjena litotipova. U donjem dijelu ovog člana prisutniji su litotipovi krupnoga zrna (oni su transgresivni i diskordantni na naprijed opisane vapnence), a prema gore litofacijesi dobivaju tipična turbiditna obilježja s mnoštvom eksternih i internih tekstura karakterističnih za turbidite.

Brojni su fosilni ostaci koji potvrđuju senonsku starost: rudisti (najčešće u fragmentima), globotrunkane i globigerine. Sasvim je izvjesno da postoji kontinuirani prijelaz u paleogen. Naslage su intenzivno borane i izrasjedane, a debljina im može dosezati i preko 1000 metara.

U bazalnom dijelu ovih klastita, kao neposredna krovina ležištima boksita, razvijeni su debeli slojevi karbonatnih debrita (breče) koji predstavljaju arhitektonsko-građevni kamen vrlo dobrih karakteristika (lokalitet Crvene stijene).

4.1.5. Donji, srednji miocen ($^1M_{1,2}$)

Najstariji superpozicijski paket neogenskih taložina razvijen je u njegovom bazalnom dijelu u južnom dijelu terena prikazanog na priloženoj geološkoj karti u okviru Jajačkog neogenskog bazena. Predstavljen je dobrouslojenim debelim do bankovitim slojevima konglomerata unutar kojih dolaze ulošci slabo vezanih pješčenjaka žute boje. Leže transgresivno i diskordantno na krednim sedimentima. Konglomerati su polimiktni. Valutice su srednje do slabozaobljene. Dominiraju vapnenačke valutice, a rjeđe se javljaju rožnaci, kalkareniti, kvarc i lapor. Vezivo je glinovito-pjeskovito, rjeđe kalcitično. Valutice mogu dosegnuti i do 30 cm u promjeru.

4.1.6. Drugi superpozicijski paket ($^2M_{1,2}$)

Kontinuirano na naprijed opisanom superpozicijskom paketu slijede tanko pločasti i tanko slojeviti lapori i gline sa rijetkim tankim uloščima slabo vezanih pješčenjaka. Oni čine drugi superpozicijski paket. Unutar ovog paketa pojavljuju se i slojevi ugljena (istočno od sela Podlipci i u području Divičana). Debljina slojeva ugljena varira od 0,5-2,0 m. U laporima i glinama nađeni su slijedeći fosilni ostaci: pisidiumi, planorbisi, limneusi, melanopsisi i dr.

4.1.7. Treći superpozicijski paket ($^3M_{1,2}$)

Kontinuirano na naprijed opisanom paketu slijedi treći superpozicijski paket. Najbolje je dostupan promatranju u području Careva polja, Pšenika i Prudi. Predstavljen je bankovitim sedrastim vapnencima (šupljikavi). Boja im je smeđa do žućkasta. Često sadrže brojne fosilne ostatke: limnee, bitinije, fosauruluse, ostrakode i dr. Debljina ovih vapnenaca iznosi 50-60 m.

4.1.8. Sipari (s)

Uzduž dubokih kanjonskih dolina Vrbasa i Ugra na više mjesta prisutni su sipari koji nastaju i u recentno vrijeme. Kredni vapnenci koji su oštećeni tektonskim procesima i procesima okršavanja izvrgnuti su neprestano egzogenim geološkim faktorima što dovodi do njihovog mehaničkog raspadanja i gravitacijskog premještanja u podnožje padina.
Odronjeni materijal je nevezan, nezaobljen i djelomično sortiran. U dnu sipara su česti blokovi vapnenaca veličine i do nekoliko m^3.

4.2. **Tektonika šireg područja**

Brojni izmjereni podaci o položaju nagnutih slojeva, prebačeni slojevi i brojni na terenu utvrđeni rasjedi govore o intenzivnoj tektonskoj aktivnosti u području prikazanom na geološkoj karti (slika 4.2). Temeljno strukturno obilježje području daju bore i rasjedi. Razlikuju se u strukturnom pogledu dva područja. Istočno područje koje obuhvaća boksitonosne revire Poljane i Crvene stijene, odlikuje se dinaridskim pružanjem struktura, dakle sjeverozapad-jugoistok.
Karakteriziraju ga blage bore i normalni vertikalni do subvertikalni rasjedi. Ističe se sinklinala u području Poljana s blago položenim krilima (10-30°). U sjeveroistočnom dijelu ovog područja klastične naslage senona („fliš“) intenzivnije su borane pa susrećemo i prebačene bore. Zapadno područje u kojem se nalazi boksitonosni revir Bešpelja, znatnije je tektonski poremećeno a pružanje glavnih struktura (bore i rasjedi) je zapad-istok. Zapravo prisutni su zamršeni tektonski odnosi što se najbolje očituje u inverznoj strukturi Bešpelja (prebačena sinklinala). Prisutni su i rasjedi značajnijih skokova. Oni su normalni, najčešće poprečni i dijagonalni. Najznačajniji rasjed koji je prikazan na priloženoj geološkoj karti je onaj koji razdvaja istočno i zapadno područje (prolazi područjem Crvenih stijena). Najvjerojatnije se radi o reversnom rasjedu sa značajnom komponentom horizontalnog tektonskog transporta (Galić, 2018; Dragičević i dr., 2017).

4.3. **Geneza ležišta**

O problemu geneze ležišta boksita u kršu ni do danas nema jedinstvenog mišljenja pa tako ni za ovo ležište u području Skakavca. Osnovne nesuglasice kod različitih autora su porijeklo i način transporta primarnog materijala za boksit. Svaka od poznatih teorija ima niz nedorečenosti. Novija kompleksna istraživanja u području pretpostavku o genezi ležišta boksita u karbonatnim područjima temelje na slijedećim činjenicama:

- područja na kojima se nalaze boksiti predstavljaju određene geološki strogo definirane (prostorno i vremenski) provincije
- one predstavljaju relativno izolirane kopnene prostore kroz dulje vrijeme tijekom dugotrajne marinske sedimentacije,
- karbonatna podloga takvih provincija doživjela je intenzivno krško modeliranje, tj. stvaranje brojnih negativnih formi u reljefu u kojem će biti akumuliran materijal za buduća ležišta boksita,
- za negativne forme u reljefu bili su nužni predrudni strukturni odnosi (pukotine, blage bore, rasjedi),
- za vrijeme kopnene faze klima je topla i vlažna,
- primarni materijal za boksit je strano tijelo u karbonantom reljefu,
- transport primarnog materijala izvršen je najvjerojatnije posredstvom vjetra,
- izvorišni materijal je pretežno vulkanski pepeo i prašina,
- materijal u određenim fazama prekriva cijelu paleorudnu provinciju, ali kišama i gravitacijom biva snešen u najniže dijelove paleoreljefa gdje se akumulira i daje buduća ležišta boksita,
- samo neznatan dio boksita može voditi porijeklo od netopivog ostatka podinskih vapnenaca,
- dobar dio procesa boksitizacije nakupljenog materijala bio je obavljen još za vrijeme kopnene faze,
- složeni procesi cirkulirajućih voda u daljnjim fazama, kada je ležište prekriveno krovinom, upotpunjuju i završavaju boksitizaciju,
- za vrijeme taloženja krovine i nakon toga dolazi do intenzivnog boranja, rasjedanja i navlačenja. Svi su ovi procesi doprinijeli vrlo složenom strukturnom položaju boksitnih ležišta.

U istraživanom prostoru boksiti predstavljaju najznačajniju mineralnu sirovinu, koja se istražuje i eksploatira već pedesetak godina. Kako su istraživanja boksita omogućila mnoge spoznaje o geološkoj građi, potrebno je ukratko prikazati rezultate koji se odnose i na njih. To su prvenstveno pitanja podrijetla materijala za boksit, vrijeme njihove akumulacije, oblik, veličina i učestalost ležišta te njihova rasprostranjenost i cjelokupna potencijalnost ovog područja.

Razlikuju se dvije paleogeografske provincije, u kojima ležišta boksita imaju bitno različite karakteristike. Prva obuhvaća područje Brenica - Liskovica - Bešpelj - Crvene Stijene - Poljane, gdje su u podini ležišta vapnenci alba, a u krovini karbonatni klastiti santon - kampana. Druga je u području Guča gora - Ravanac - Čardak livade s cenomanskim vapnencima u podini i klastitima mastrihta u krovini.

Ovako shvaćeni paleoambijentalni odnosi neposredne krovine mogu poslužiti kod istraživanja ležišta, jer se detaljnim proučavanjem jezgara bušotina dadu odvojiti potencijalni od sterilnih prostora. U prognozama regionalne potencijalnosti treba dakle biti oprezan, jer krovinski klastični sedimenti u cijeloj paleogeografskoj provinciji ne kriju ispod sebe i ležišta boksita (Galić, 2018; Dragičević i dr., 2017).

5. MODEL POSTOJEĆEG STANJA I IZRADA KONTURA

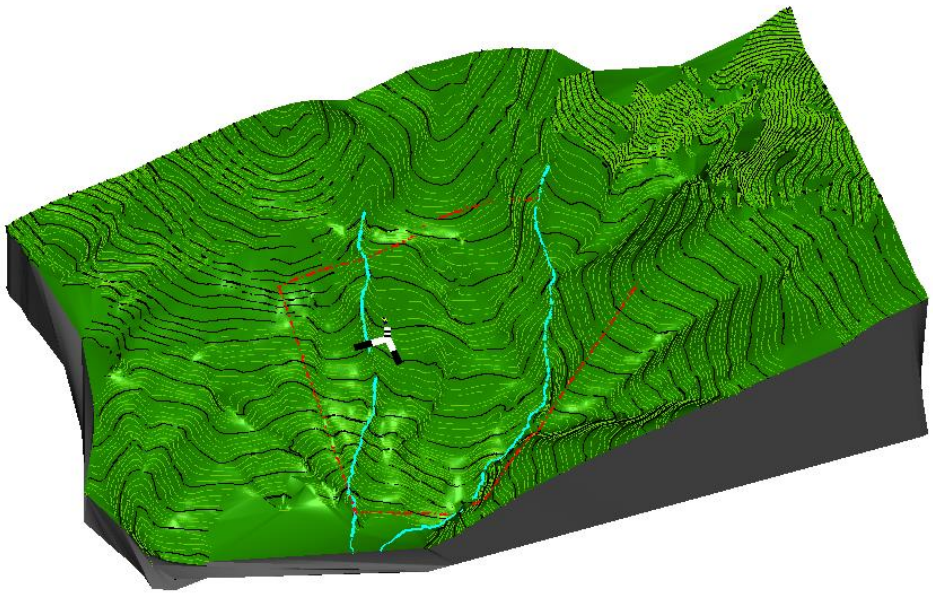
5.1. 3D modeliranje postojećeg stanja

U posljednje vrijeme, zbog napretka računalne tehnologije, sve više su u upotrebi računalni programi za grafički dizajn. Osim u rudarstvu, računalni programi se koriste i u drugim tehničkim strukama (arhitektura, građevina, strojarstva i dr.). Oni uvelike olakšavaju trodimenzionalni prikaz zahvata u prostoru, dajući puno jasniju sliku nego dvodimenzionalni prikaz na papiru, koji i iskusnom promatraču predstavlja izazov.

Za pisanje ovog diplomskog rada korišten je Bently-jev program Power InRoads. Power InRoads namjenski je program za grafičku obradu podataka za izradu dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih prikaza, proračuna volumena i površina. Modeliranje postojećeg stanja obuhvaća izradu modela terena i modela površinskog kopa boksita "Skakavac“ . Za izradu ovih modela korištene su situacijska i geološka karta eksploatacijskog polja "Skakavac". Pri izradi modela terena i modela površinskog kopa boksita korišteni su Power InRoads alati koji služe za triangulaciju.

Za izradu modela postojećeg stanja potrebne su topografske karte odgovarajućeg područja koje je za rad u Power InRoads-u potrebno skenirati (ako nisu obrađene u digitalnoj formi), a onda i geokodirati. Nakon toga potrebno je ucrtati slojnice pomoću alata „B-spline by Points“ koji se nalazi na alatnoj traci za crtanje. Ovaj alat je najpogodniji za izvlačenje iskrivljenih slojnica terena. Pošto su sve slojnice iscrtane u 2D-u potrebno ih je dignuti u prostor na odgovarajuću visinu (3D).

Taj postupak izvodi se pomoću aplikacije MODZ. Za korištenje ove aplikacije potrebna je aktivacija, koja se izvodi tako da se u glavnom izborniku odabere opcija „Utilities“ a potom „MDL Aplications“. Nakon aktivacije otvara se novi prozor u kojem se odabire MODZ. U prozor aplikacije „MODZ“ upisuje se odgovarajuća nadmorska visina te odabirom odgovarajuće slojnice i pritiskom „Single“ u prozoru aplikacije odabrana slojnica se podiže na upisanu nadmorsku visinu. Nakon što su sve slojnice podignute u prostoru za odgovarajuću nadmorsku visinu dobiva se podloga za izradu trodimenzionalnog modela terena, vidljivo na slici 5-1 (Šiško, 2018).



Slika 5-1. Prikaz postojećeg stanja ležišta „Skakavac“

5.2. **Izrada rudarskih tijela na ležištu „Skakavac“**

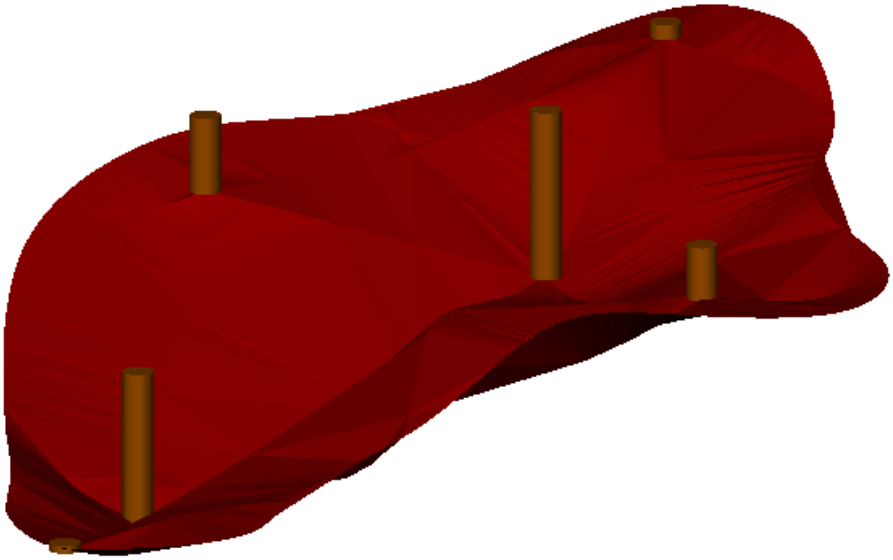
Nakon što je izrađen model postojećeg stanja, prelazimo na izradu tijela mineralne sirovine. U tlocrtu ležište mineralne sirovine ima oblik elipse. Duža os se pruža u smjeru sjeverozapada-jugoistok i duljine je 90 metara, a kraća os je smjera sjeveroistok-jugozapad, duljine 55 metara. Sama površina ležišta je približno 2452 m^2. Istraživanje ležišta obavljeno je 2016. i 2017. godine (Galić, 2018).

Na površini postojećeg stanja, na koordinatama gdje su izbušene istražne bušotine ucrtavamo „pozitivne“ bušotine, odnosno one koje sadrže boksit. To su: SK-1 , SK-3 , SK-4, SK-6 , SK-7 i SK-8, prikazane u tablici 5-1.

S alatom „MODZ“ ucrtavamo bušotine na dubinu na kojoj se nalazi boksit. Iz podataka o geološkoj građi ležišta, uz podatke iz istražnih bušotina, postupkom triangulacije dobivamo potencijalnu sliku rudnog tijela, vidljivu na slikama 5-2 i 5-3.

Tablica 5-1 Koordinate istražnih bušotina eksploatacijskog polja „Skakavac“

Naziv bušotine	Koordinate			Dubina bušenja	Bušeno u rudi (m)	Bušeno u jalovini	Kota ulaska i izlaska iz boksita
	x	y	z				
SK-1	6449528.93	4915552.97	881.004	27	10	17	872.504 862.504
SK-2	6449552.36	4915524.63	884.945	28,5	0	28,5	-
SK-3	6449541.31	4915537.18	883.325	30	0,5	29,5	866.825 866.325
SK-4	6449509.87	4915573.65	886.389	22	5	17	881.389 876.389
SK-5	6449498.06	4915588.26	893.204	17,5	0	17,5	-
SK-6	6449516.91	4915605.10	893.993	23	1	22	883.493 882.493
SK-7	6449526.94	4915587.47	884.054	21,5	11	10,5	883.054 872.054
SK-8	6449544.9	4915587.47	895.029	25	3,5	21,5	878.529 875.029
SK-9	6449534.32	4915629.07	898.589	20,5	0	20,5	-
SK-10	6449542.70	4915605.82	898.591	31	0	21	-
SK-11	6449550.18	4915565.93	893.177	37	0	37	-
SK-12	6449500.18	4915552.91	880.819	26	0	26	-
SK-13	6449523.06	4915536.62	876.684	14,5	0	14,5	-
Ukupno				**323,5**	**31**	**292,5**	**-**



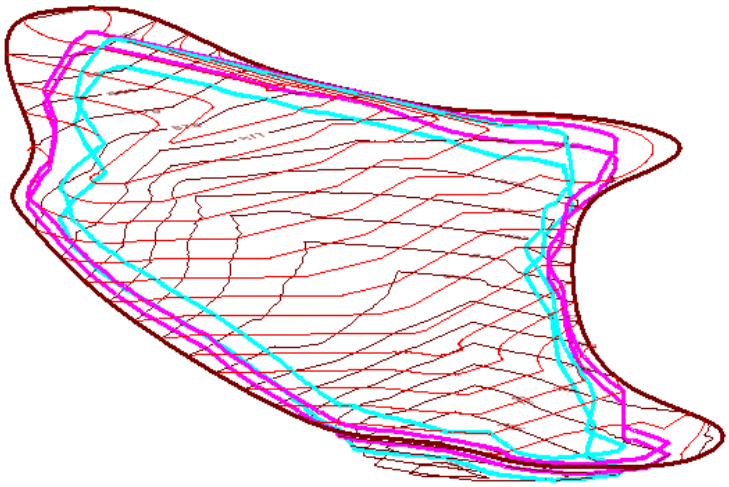
Slika 5-2. Slika podine rudnog tijela boksita s bušotinama



Slika 5-3. Slika rudnog tijela

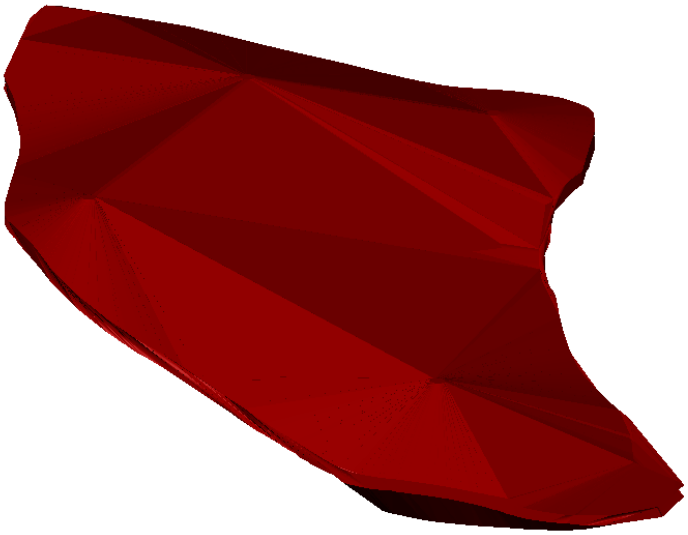
Kada je napravljeno originalno rudno tijelo, prelazi se na izradu ostalih rudnih tijela za preostale konture. Uzima se naredba „Surface“ – „View surface“ – „Contours“ ,te se pomoću nje iscrtavaju linije unutar boksitnog tijela na određenoj nadmorskoj visini. Preostale dvije konture se dobiju tako da se spajaju slojnice krovine i podine tijela na 1, odnosno 2 metra

visinske razlike. Naredbom „Drape surface“ se te linije podižu i spuštaju na krovinu, odnosno podinu rudnog tijela , kako je prikazano na slici 5-4.

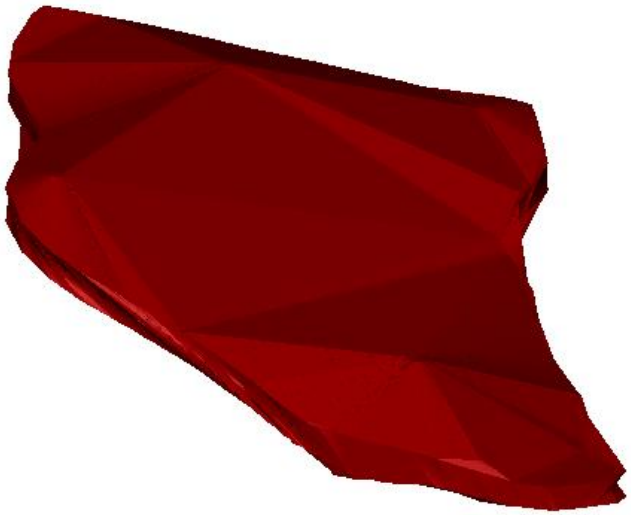


Slika 5-4. Prikaz kontura rudnog tijela boksita „Skakavac“

Nakon što su određene granice za preostale dvije konture, prelazimo na izradu tijela tih kontura. Postupak je isti kao i kod izrade prvog rudnog tijela, uzimaju se granice novoiscrtanih kontura, uz iscrtane linije tijela boksita, te se ti podatci trianguliraju. Rezultat je prikazan na slikama 5-5 i 5-6.



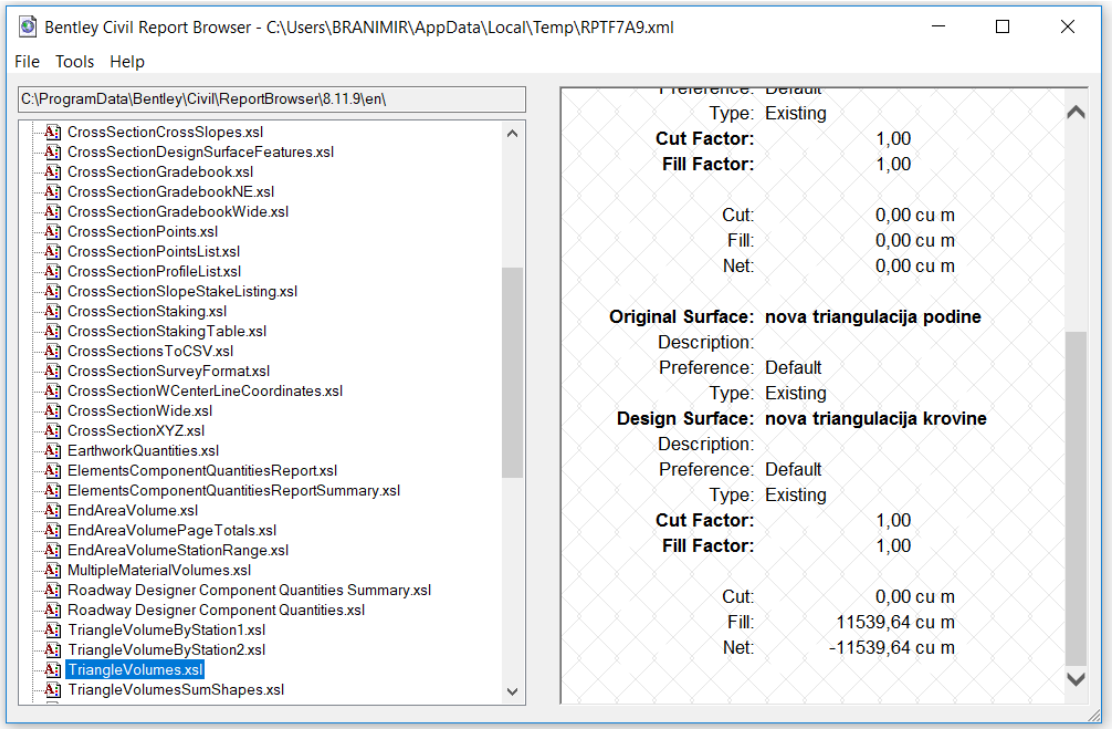
Slika 5-5. Izrada tijela boksita druge konture



Slika 5-6. Izrada tijela boksita treće konture

5.3. **Izračun volumena boksita za svaku konturu kopa**

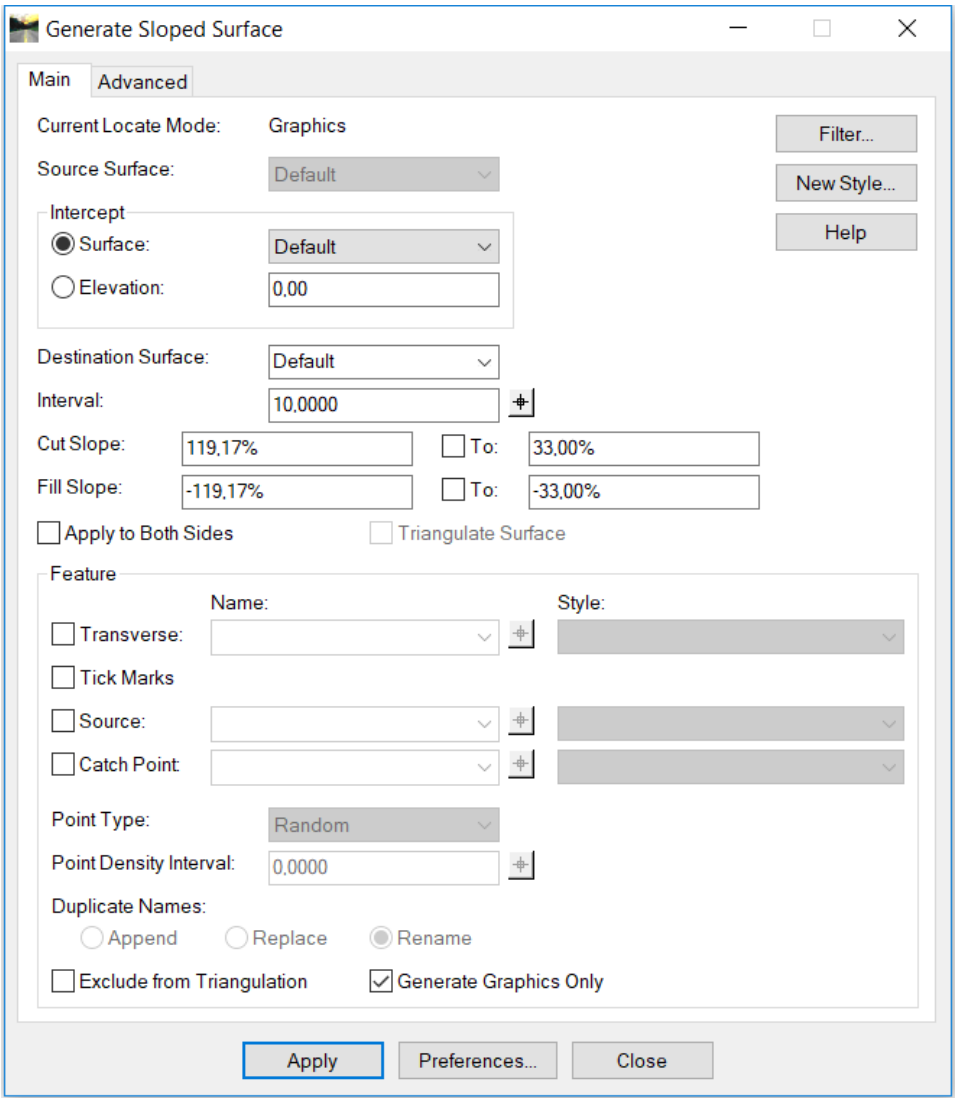
Kako bismo dobili proračun volumena boksitnog tijela, koristi se metoda računalnog modeliranja (MRM). Volumen se proračunava naredbom „Evaluation“ – „Volume“ – „Triangulate Volume“. U izborniku se izabere površina početnog stanja pod „Original“, te površina krajnjeg stanja pod „Design“. Pritisne se „Add“ ,te „Aplly“ i na taj način se proračuna volumen. To radimo za sve 3 konture boksitnog tijela, te ćemo kasnije koristiti te podatke za proračun optimalne konture kopa. Izgled naredbe se vidi na slici 5-7 (Soldo.I, Šetka. I, 2016).



Slika 5-7. Slika naredbe „Triangulate Volume“

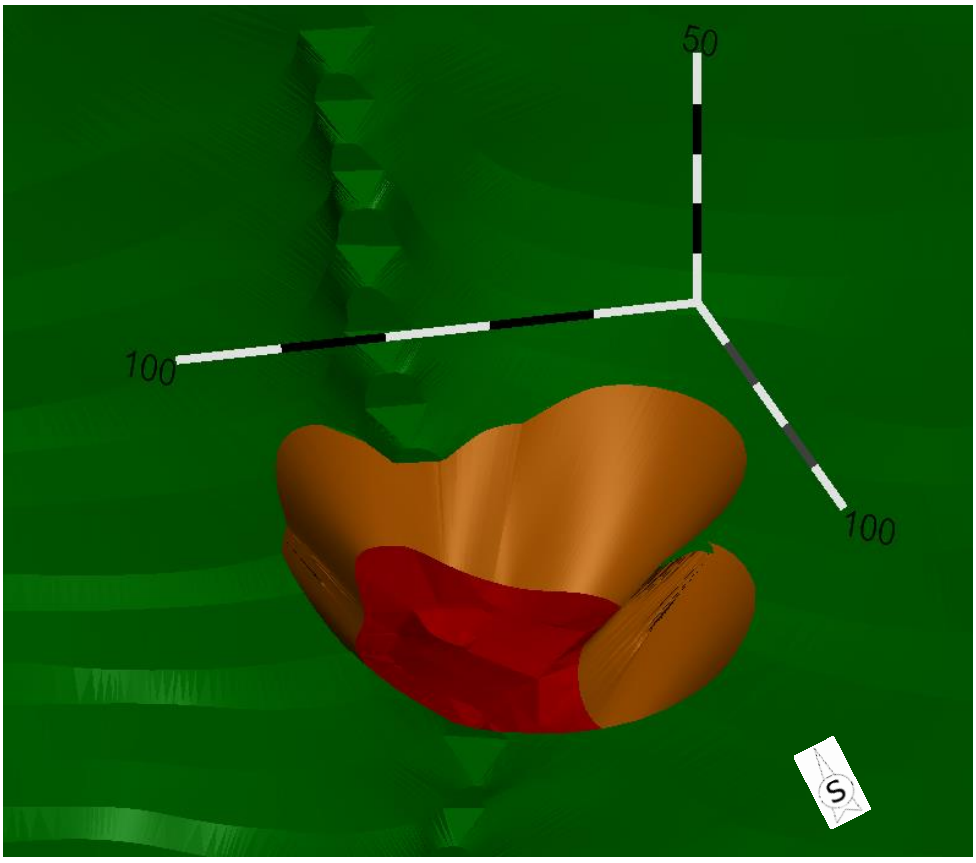
5.4. **Izrada završnih kosina kopa**

Nakon što su izrađene preostale dvije konture boksitnog tijela, prelazi se na izradu završne kosine kopa za sva 3 slučaja. Naredbom „Generate Sloped Surface“ spajaju se rubovi podina kontura sa površinom terena pod kutom završne kosine kopa, koja iznosi 50°. Postavke naredbe se može vidjeti na slici 5-8.



Slika 5-8. Slike naredbe „Generate Sloped Surface“

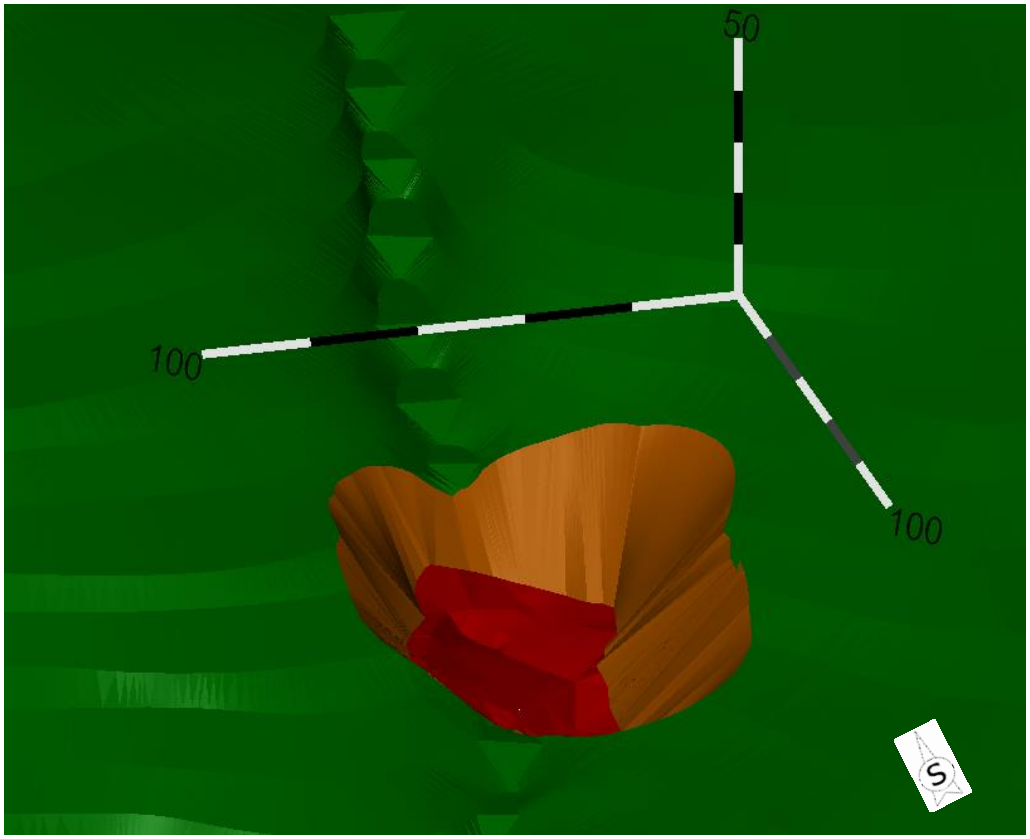
Time se dobije linija završne kosine na modelu postojećeg stanja. Dobivena linija na površini se triangulira, kako bi se već spomenutom naredbom „Triangulate Volume“ dobila količina otkrivke za svaku konturu. Krovina svake konture boksitnog tijela se spaja sa površinom terena naredbom „Surface Modeling“ – “Surface By Edge Curves“. Rezultat svega navedenog se vidi na slikama 5-9, 5-10 i 5-11.



Slika 5-9. Prikaz prve završne konture kopa „Skakavac“



Slika 5-10. Prikaz druge završne konture kopa „Skakavac“



Slika 5-11. Prikaz treće završne konture kopa „Skakavac“

6. IZRAČUN I ODABIR OPTIMALNE KONTURE KOPA

6.1. Metoda pomičnih kosina

Postupak optimalizacije kontura površinskog kopa metodom pomičnih kosina sastoji se od više međuovisnih cjelina čiji je redoslijed strogo određen, npr. ne može se određivati vrijednost blokova dok se ne izradi geološki model ležišta i isti ne podijeli na blokove. U određivanju kronologije određenih radnji tijekom postupka metode pomičnih kosina uveliko su poslužila saznanja o istovrsnoj problematici u postojećim suvremenim metodama projektiranja. Također treba napomenuti iako su navedeni sljedeći koraci za metodu pomičnih kosina, nisu svi primjenjeni u ovom diplomskom radu.

Postupak MPK je sadržan u slijedećim radnim operacijama: (Galić, 2001)

I. FORMIRANJE GEOLOŠKE BAZE PODATAKA
a) Podaci o topografiji terena, s obilježjem x,y,z koordinata
b) Podaci o rezultatima istražnih radova i ispitivanja ležišta
- broj i oznaka istražnih radova
- pozicija istražnih radova u x,y,z koordinatnom sustavu
- visine (dubine) izbušenih slojeva rude i pratećih naslaga
- krovina i podina, za svaki nabušeni sloj
- kvaliteta rude, izražena u jedinici mase, volumena ili u ekvivalentu

II. IZRADA 2D I/ILI 3D GEOLOŠKOG MODELA LEŽIŠTA
a) Interpretacija pouzdanih podataka iz topografske karte i istražnih radova
b) Interpretacija ležišta analogijom poznatih podataka
c) Formiranje 2D i/ili 3D slike rudnog tijela (ležišta)
d) Podjela ležišta na blokove, presječnim ravninama-pravcima
e) Označavanje blokova prirodnim-ležišnim utjecajnim čimbenicima
- količina rude
- ekvivalent vrijednosti mineralne sirovine
- količina otkrivke
- prosječna kvaliteta mineralne sirovine

III. FORMIRANJE RUDARSKE BAZE PODATAKA

a) Podaci o značajkama rudarske opreme

- oprema za otkopavanje (nabavna cijena, satni kapacitet, normativi utroška materijala i energenata, vijek amortizacije),
- oprema za transport (nabavna cijena, satni kapacitet, normativi utroška materijala i energenata, vijek amortizacije),
- pomoćna oprema (nabavna cijena, satni kapacitet, normativi utroška materijala i energenata, vijek amortizacije),
- oprema za crpljenje vode (nabavna cijena, satni kapacitet, normativi utroška materijala i energenata, vijek amortizacije).

b) Podaci o radnoj snazi

- broj radnika,
- kvalifikacijska struktura i stručna sprema.

c) Podaci o tehnologiji otkopavanja

- visina etaža (prema opremi za otkopavanje i značajkama radne sredine),
- kut nagiba etažne kosine (fizičko-mehaničke značajke),
- kut nagiba radne kosine (fizičko-mehaničke značajke),
- kut nagiba završne kosine (fizičko-mehaničke značajke),
- transportne udaljenosti za mineralnu sirovinu i otkrivku,
- drugi utjecajni čimbenici radne sredine.

IV. OBRADA EKONOMSKIH ČIMBENIKA OPTIMALIZACIJE I FORMIRANJE BAZE PODATAKA

Temeljem prirodnih i tehničko-tehnoloških utjecajnih čimbenika proračunavaju se određeni parametri vezani za svaki blok bi,j,k koji dalje služe za optimalizaciju kopa.

a) Elementarne cijene eksploatacije blokova

- elementarna cijena otkopavanja mineralne sirovine,
- elementarna cijena otkopavanja otkrivke-jalovine.

b) Troškovi eksploatacije blokova

- troškovi eksploatacije ekvivalenta mineralne sirovine,
- troškovi eksploatacije otkrivke-jalovine.

c) Jedinične cijene eksploatacije blokova

V. OPTIMALIZACIJA ZAVRŠNE KONTURE POVRŠINSKOG KOPA

Prije završnog dijela postupka nužno je još odrediti razinu optimalizacije, odnosno odgovoriti na pitanje koja je kontura kopa optimalna, a nadalje koje su još konture ekonomski interesantne. Također, neophodno je napomenuti da suma svih jediničnih vrijednosti blokova ustvari predstavlja prosječnu vrijednost, tj. cijenu eksploatacije, ekvivalenta mineralne sirovine, koja se dobije odnosom između suma svih troškova, i ekvivalentnih vrijednosti blokova, u konturi površinskog kopa (Galić, 2001).

6.2. **Proračun optimalne konture kopa**

Za proračun optimalne konture kopa potrebno je izračunati količinu mineralne sirovine i proizvodnu cijenu boksita za svaku konturu kopa. Kao što je već navedeno u radu, količina mineralne sirovine se dobiva naredbama „Evaluation – Volume – Triangulate Volume“.
Kako bi dobili količinu boksita koju daje navedena naredba, vrijednosti volumena koje nam naredba daje se množe sa prosječnom gustoćom stijene, a to je 2,7 t/m^3. Naknadno tu masenu vrijednost boksita množimo sa njenom prosječnom ekonomskom vrijednošću po toni, a to je u ovom slučaju 30 eura, kako bi dobili prihod po pojedinoj konturi. Za trošak računamo proizvodnu cijenu boksita za svaku konturu. Prikaz vrijednosti sirovine za pojedinu konturu vidimo u tablici 6-1 (Galić, 2018).

Tablica 6-1 Prikaz vrijednosti sirovine po pojedinim konturama

Broj konture	**Količina boksita u m^3**	**Količina boksita u tonama**	**Eksploatacijski gubitci (10%)**	**Eksploatacijske rezerve**	**Vrijednost boksita po konturi (eura)**
1.	11 539,64	31 157,03	3 115,7	28 041,33	841 239,90
2.	9 949,04	26 862,41	2 686,2	24 176,17	725 285,07
3.	8 349,2	22 542,84	2 254,2	20 288,36	608 656,68

Proizvodna cijena boksita računa se po normativima iz rudarskog projekta „Skakavac“. Uzimamo normative za pojedine faze kopa (bušenje, troškovi miniranja, ripovanje, utovar boksita i otkrivke, transport) i ubacujemo ih u Excel tablicu za lakši proračun.

6.2.1. Normativi bušenja i miniranja

Za dobivanje prosječnog normativa utroška repromaterijala na bušenju i miniranju uzeto je jedno minsko polje kojim će se otkopati 3 720 m^3 otkrivke u sraslom stanju. U daljnjem tekstu koristit ćemo iste oznake.

U minskom polju je: *N*- broj bušotina

mp – minsko polje

h – visina etaže

L – duljina bušotine

Qg – volumen otkrivke i boksita

Omp – volumen otkrivke za jedno minsko polje

Nmp=40 bušotina, a visina etaže h = 10 m.

Duljina bušotine iznosi L = 11,6 m

Duljina bušotina (6-1) u minskom polju (mp) iznosi:

$$Lmp = L \cdot Nmp = 11{,}6 \cdot 40 = 464 \text{ m/mp} \quad \textbf{(6-1)}$$

te će ukupna godišnja duljina bušenja (6-2) iznositi:

$$Lg = \frac{Lmp \cdot Qg}{Omp} = \frac{464 \cdot 42312{,}04}{3720} = 5277{,}63\ m' \quad \textbf{(6-2)}$$

Normativ bušenja (6-3) za 1 m^3 je:

$$Nbuš = \frac{Lg}{Q} = \frac{5277{,}63}{42312{,}04} = 0{,}125\ {}^{m'}/_{t} \quad \textbf{(6-3)}$$

Normativi utroška eksplozivnih sredstava

U minskom polju upotrijebljena su (u izračunu) slijedeća eksplozivna sredstva:

- eksploziv “ANFO” granulirani u bušotini ∅76 mm
- detonirajući štapin
- usporivači 13 ms
- električni detonator (TED)
- neelektrični detonator 500 ms
- usporivači 17 ms

- patronirani “AMONAL” ∅28 mm

Normativ utroška eksploziva

U svaku minsku bušotinu dužine L = 11,6 m postavlja se 36,5 kg eksploziva što ukupno za 40 bušotina iznosi 1460 kg.
Ukupna godišnja potrošnja eksploziva (6-4) će iznositi:

$$Qeskpl = \frac{Qmp \cdot Qg}{Omp} = \frac{1460 \cdot 42312{,}0}{3720} = 16606{,}34\ kg$$

(6-4)

Normativ utroška eksploziva (6-5) u minskom polju je:

$$Nekspl = \frac{Qekspl}{Q} = \frac{16606{,}34}{42312{,}04} = 0{,}392\ {}^{kg}/_{t}$$

(6-5)

Normativ utroška detonirajućeg štapina

Ukoliko se aktiviranje bude izvodilo detonirajućim štapinom, za svaku bušotinu valja računati oko 5 m štapina (3 m ide od vrha bušotine do udarne patrone a oko 2 m ide od bušotine do glavnog voda. Dakle za spajanje minskih punjenja s glavnim vodom potrebito je 40 x 5 = 200 m detonirajućeg štapina što uz dužinu glavnog voda od 60 m predstavlja ukupni iznos od 260 m detonirajućeg štapina.

Ukupna godišnja potrošnja detonirajućeg štapina (6-6) će iznositi:

$$Qdet = \frac{Qdet \cdot Qg}{Omp} = \frac{260 \cdot 42312{,}04}{3720} = 2957{,}29\ m$$

(6-6)

Normativ utroška detonirajućeg štapina (6-7) u jednom minskom polju je:

$$Ndet = \frac{Qdet}{Q} = \frac{2957{,}29}{42312{,}04} = 0{,}07\ {}^{m}/_{t}$$

(6-7)

Normativ utroška usporivača 13 ms

Prema opisanom načinu potrebno je 20 usporivača za aktiviranje jednog minskog polja pomoću detonirajućeg štapina.
Ukupna godišnja potrošnja usporivača (6-8) će iznositi:

$$Qusp = \frac{Qusp \cdot Qg}{Omp} = \frac{20 \cdot 42312{,}04}{3720} = 227\ kom \quad \textbf{(6-8)}$$

te je normativ utroška usporivača (6-9) slijedeći:

$$Nusp = \frac{Qusp}{Q} = \frac{227}{42312{,}04} = 0{,}005\ {}^{kom}/_{t} \quad \textbf{(6-9)}$$

Normativ utroška električnih upaljača

Za paljenje minskog polja električnim upaljačem (TED) potreban je stroj za paljenje (dinamo ili kondenzatorski stroj, nominalne struje I≈ 1 A, pri otporu vanjske mreže < 300 Ω) s dvožilnim kablom (izoliran PVC masom, površine≈ 0,169 mm2, otporom za 100 m jednostruke žice < 9 Ω).

Potreban je jedan električni upaljač po jednom miniranju te će potrošnja el. Upaljača (6-10) iznositi:

$$Qel.up. = \frac{Qel.up \cdot Qg}{Omp} = \frac{1 \cdot 42312{,}0}{3720} = 11\ kom \quad \textbf{(6-10)}$$

te je normativ utroška električnih upaljača (6-11) slijedeći:

$$Nel.up. = \frac{Qel.up.}{Q} = \frac{11}{42312{,}04} = 0{,}00026\ {}^{kom}/_{t} \quad \textbf{(6-11)}$$

Normativ utroška neelektričnih upaljača (sustav Nonel) i bustera

Ako se bude koristio udarni val i njemu pripadajući neelektrični upaljači i busteri za aktiviranje minskog polja potrebito je 40 upaljača.
Ukupna godišnja potrošnja neelektričnih upaljača (6-12) i bustera će iznositi:

$$Qbust = \frac{Qbust \cdot Qg}{Omp} = \frac{40 \cdot 42312{,}0}{3720} = 455\ kom$$

(6-12)

te je normativ utroška neelektričnih upaljača i bustera (6-13) slijedeći:

$$Nbust = \frac{Qbust}{Q} = \frac{455}{42312{,}0} = 0{,}010\ {}^{kom}/_{t}$$

(6-13)

Normativ utroška usporivača (konektora) 17 ms

Kao i za prvi način usporavanja eksplozije potrebno je 20 usporivača.
Ukupna godišnja potrošnja usporivača (6-14) će iznositi:

$$Qu.k. = \frac{Qu.k. \cdot Qg}{Omp} = \frac{20 \cdot 42312{,}0}{3720} = 228\ kom$$

(6-14)

te je normativ utroška usporivača (6-15) *(konektora)* slijedeći:

$$Nu.k. = \frac{Qu.k.}{Q} = \frac{228}{42312{,}0} = 0{,}005\ {}^{kom}/_{t}$$

(6-15)

Normativ utroška patroniranog AMONAL-a ∅28 mm

Za aktiviranje slabo osjetljivog ANFO eksploziva, uz sustav Nonel može se koristiti i patronirani AMONAL ∅28 mm čija patrona maseno iznosi 0,1 kg, što znači da bi za 40 bušotina bilo potrebno 4 kg istog eksploziva (Galić, 2018).
Ukupna godišnja potrošnja eksploziva patroniranog AMONALA ∅28 mm (6-16) će iznositi:

$$Qe.amon = \frac{Qe.amon \cdot Qg}{Omp} = \frac{4 \cdot 42312{,}0}{3720} = 46\ kg$$

(6-16)

Normativ utroška eksploziva u minskom polju (6-17) je:

$$Ne.amon = \frac{Qe.amon}{Q} = \frac{46}{42312,0} = 0,0011\ {}^{kg}/_{t}$$

(6-17)

Dužina minskih bušotina i kapacitet bušilice

Za postizanje godišnje projektirane proizvodnje (28041,33 t boksita) potrebno je godišnje ukloniti 30772,40 m3 otkrivke te je potrebno izbušiti dužinu minskih bušotina:

$L_{god.}$= 5277,63 m/god

ili dnevno (200 dana)

L_{smj} = 5277,63 / 200 = 26,39 m/dan

Za potrebe izračuna pretpostavljena je bušilica koja ima brzinu bušenja 10-15 m/h, uzeto 12 m/h.

Smjenski kapacitet bušilice (6-18) će biti:

$L_{eks.}$= v · k_p · k_i · t = 12 · 0,8 · 0,8 · 8 = 61,4 m/smj **(6-18)**

v - brzina bušenja = 12 m/h

k_p - koeficijent gubitka vremena pri izmještanju i postavljanju bušilice = 0,8

k_i - vremensko iskorištenje = 0,8

t - trajanje smjene 8 h

Ukupno vrijeme bušenja (6-19):

$$t_B = \frac{L_{god}}{v} = \frac{5277,63}{12} = 439,83\ {}^{h}/_{god}$$

(6-19)

Normativ potrošnje potrošnog materijala za bušenje s godišnjim potrebama

Na osnovi ranije datih izračuna, normativi materijala s potrošnjom po konturi su prikazani u tablicama 6-2, 6-3 i 6-4.

Tablica 6-2 Normativ utroška materijala prve konture za bušenje

1. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/kont.**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	16	439,83	7 037	0,2510
Motorno ulje	kg	0,32	439,83	141	0,00502
Diferencijalno ulje	kg	0,08	439,83	35	0,00125
Ostala maziva	kg	0,032	439,83	14	0,00050
Bušaće krune	1 kom/500 m	0,024	439,83	11	0,000376
Bušaće šipke	1 kom/855 m	0,014	439,83	6	0,000220
Bušaći čekić	1 kom/5 000 m	0,0024	439,83	1	0,000038

Tablica 6-3 Normativ utroška materijala druge konture za bušenje

2. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/kont.**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	16	319,85	5 118	0,2117
Motorno ulje	kg	0,32	319,85	102	0,00423
Diferencijalno ulje	kg	0,08	319,85	26	0,00106
Ostala maziva	kg	0,032	319,85	10	0,00042
Bušaće krune	1 kom/500 m	0,024	319,85	8	0,000318
Bušaće šipke	1 kom/855 m	0,014	319,85	4	0,000185
Bušaći čekić	1kom/5 000 m	0,0024	319,85	1	0,000032

Tablica 6.4 Normativ utroška materijala treće konture za bušenje

3. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/kont.**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	16	252,57	4 041	0,1992
Motorno ulje	kg	0,32	252,57	81	0,00398
Diferencijalno ulje	kg	0,08	252,57	20	0,00100
Ostala maziva	kg	0,032	252,57	8	0,00040
Bušaće krune	1 kom/500 m	0,024	252,57	6	0,000299
Bušaće šipke	1 kom/855 m	0,014	252,57	4	0,000174
Bušaći čekić	1 kom/5000 m	0,0024	252,57	1	0,000030

Napomena: Normativi su orijentacijski, uzeti za mogućnost upotrebe širokog raspona bušaćih strojeva, statistički s više kopova.

Godišnje potrebe eksplozivnih sredstava

Potrebe za eksplozivnim sredstvima po konturama date su u tablicama 6-5, 6-6 i 6-7. (Galić,2018).

Tablica 6-4 Normativ utroška eksploziva za prvu konturu

1. KONTURA

EKSPLOZIVNA SREDSTVA	**Jedinična mjera**	**Normativ utroška Jed.mj./t**	**Utrošak jed.mjera/kont.**
ANFO	kg	0,59	16 606
Električni detonator (upaljač)	kom	0,00039	11
Neelektrični detonator (Nonel)	kom	0,016	455
Busteri	kom	0,016	455
Usporivači (konektori)	kom	0,008	228

Tablica 6-5 Normativ utroška eksploziva za drugu konturu

2. KONTURA

EKSPLOZIVNA SREDSTVA	**Jedinična mjera**	**Normativ utroška Jed.mj./t**	**Utrošak jed.mjera/kont.**
ANFO	kg	0,50	12 047
Električni detonator (upaljač)	kom	0,00037	9
Neelektrični detonator (Nonel)	kom	0,014	331
Busteri	kom	0,014	331
Usporivači (konektori)	kom	0,007	166

Tablica 6-6 Normativ utroška eksploziva za treću konturu

3. KONTURA

EKSPLOZIVNA SREDSTVA	**Jedinična mjera**	**Normativ utroška Jed.mj./t**	**Utrošak jed.mjera/kont.**
ANFO	kg	0,47	9 537
Električni detonator (upaljač)	kom	0,00035	7
Neelektrični detonator (Nonel)	kom	0,013	262
Busteri	kom	0,013	262
Usporivači (konektori)	kom	0,006	130

6.2.2. Normativi ripovanja

Ripovanje se izvodi pomoću posebnog uređaja montiranog na stražnjoj strani buldozera (sličan plugu). Uređaj za ripovanje može biti s jednim, dva ili tri zuba.
Metoda dobivanja mineralne sirovine ripovanjem nije česta ali je učinkovita što je dokazano i na stijenama puno otpornijim od boksita. Jedan takav primjer je površinski kop u "Lukovici", u Sloveniji, gdje se eksploatira dolomit čvrstoće od 60 do 100 MPa. Otkopni kapacitet buldozera iznosi od 280 do 400 m^3/h tako da se ostvaruje godišnja proizvodnja od milijun tona. Koristi se stroj CAT D11R čija je snaga preko 300 KW.
Na ležištima boksita, također su polučena pozitivna iskustva s dobivanjem rude ripovanjem, stoga je neupitna metoda. Ostaje pitanje potrebnih kapaciteta, a autori ovog Projekta smatraju da je za ležište L-1 dovoljan stroj koji je ekvivalentan po snazi stroju CAT D-7. Buldozer će ripovati prosječne površine 30x50 m (bit će većih i manjih). Dubina ripovanja će biti 0,2 m te će s tri uzdužna prolaza buldozera s jednim riperom biti razrahljena ("uzorana") količina od oko 10 m^3 odnosno 27 t boksita (50 m x 1 m x 0,2 m) (Galić, 2018).

Kapacitet buldozera s riperom (6-20) može se izračunati po formuli:

$$Q_{ot} = \frac{3600 h_e b}{\frac{1}{v} + \frac{t_{pz}}{L}}, \text{ m}^3\text{/h č.m.} \qquad \textbf{(6-20)}$$

t_{pz} - vrijeme prelaska buldozera s brazde na brazdu, s

$t_{pz} = t_1 + t_{2+} t_{3+} t_4 = 5+60+15+120 = 200$ s

t_1 - vrijeme izvlačenja rijača (t_1=2-5 s), usvojeno 5 s

t_2 - vrijeme manevra pri prijelazu (t_2=30-60 s), usvojeno 60 s

t_3 - vrijeme probijanja (penetracije) rijača (t_3=10-15 s), usvojeno 15 s

t_4 - vrijeme manevra pri prijelazu s jedne razine na drugu (t_4=120 s)

L - dužina paralelnog hoda, 50 m

b -udaljenost između dva paralelna prolaza buldozera, 0,3 m

v – radna brzina buldozera u rijanju prema katalogu (v=0,2-1,3 m/s), usvojeno 0,5 m/s

he - dubina efikasnog ripanja, 0,2 m

$$Q = \frac{3600 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}3}{\frac{1}{0{,}5} + \frac{200}{50}} = 36 \ m^3/h \ \text{č.}m.$$

Godišnja količina boksita iznosi 10 385,68 m3 u sraslom stanju (28041,33 t), a proračunati satni kapacitet buldozera iznosi 36 m3/h, te će godišnje vrijeme rada buldozera na dobivanju iznositi 289 h.

Izračun zgrtanja i guranja ripovanog materijala

S istim buldozerom moći će se gurati ripovani boksit i/ili odminirani stijenski materijal (6-21), i to prema slijedećem izrazu:

$$Q_{ot} = \frac{3600 \cdot V \cdot k_g \cdot k_n}{T_{c(b)}}, \ \text{m}^3/h \ \text{r.m.} \qquad \textbf{(6-21)}$$

V - volumen prizme (ispred noža), 2,5 m^3

k_g - koeficijent gubitka stijenske mase

$$k_g = 1 - \beta L = 0{,}92$$

β = 0,008 (suh materijal)

k_n - koeficijent nagiba trase, 1 (trasa je horizontalna)

$T_{c(b)}$ - vrijeme trajanja ciklusa, 200 s (za 50 m guranja)

$$Q_{ot} = \frac{3600 \cdot 2{,}5 \cdot 0{,}92 \cdot 1}{200} = 41{,}4 \ \text{m}^3/h \ \text{r.m.}$$

$$Q_{ot} = 41{,}4 \ \text{m}^3/\text{h r.m} \cdot 1{,}8 \ \text{t/m}^3 \ \text{r.m.} = 74{,}5 \ \text{t/h}$$

Dnevni kapacitet:

$$Q_{eks} = Q_{ot} \cdot k_i \cdot k_t \cdot T = 74{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}8 \cdot 8 = 358 \ \text{t/smj}$$

k_i - koeficijent vremenskog iskorištenja, 0,75

k_t - tehnološke smetnje, radna sredina, 0,8

T - smjensko radno vrijeme, 8 h

Godišnje vrijeme rada buldozera na zgrtanju će iznositi 202 h.

Ukupno potrebno radno vrijeme buldozera

Ukupno godišnje vrijeme rada buldozera na boksitu će iznositi 491 h.

ODABIR STROJA ZA RIPOVANJE I ZGRTANJE

Dnevna proizvodnja boksita iznosi 80 t odnosno 45 m^3 r.m., a količina otkrivke iznosi oko 204 m^3 r.m. Prema proračunu buldozer će biti uposlen na ripovanju i zgrtanju boksita trećinu raspoloživog radnog vremena. Ostatak radnog vremena buldozer se može koristiti za guranje jalovog stijenskog materijala i druge pomoćne radnje. (Galić, 2018.)

Usvaja se buldozer slijedećih značajki:

N - snaga pogona = 160 - 180 KW
B - dužina noža = 3,4 - 4, 0 m
C - visine noža = 0,9 - 1,3 m
v - brzina kretanja = 0 -11 km h^{-1}
š - širina gusjenica = 400 - 500 mm
Volumen prizme (ispred noža) = 2,5 m^3
Sa " Rops " kabinom za rukovatelja
Volumen spremišta za gorivo = 375 l

NORMATIV UTROŠKA POTROŠNOG MATERIJALA NA RIPOVANJU I ZGRTANJU

Kod izračuna potrošnje energenata i osnovnog repromaterijala upotrijebljeni su podaci iz literature, prospekti i statistička obrada.

Osnovne postavke kod izračuna su:

- normativi su dati za strojeve koji su u radu 3 – 5 god.
- opterećenje strojeva je uzeto u prosjeku 80 % od punog opterećenja
- potrošnja goriva, ulja i maziva računana je za teške uvjete rada.

Normativi ripovanja po konturama su prikazani u tablicama 6-8, 6-9 i 6-10. (Galić, 2018)

Tablica 6-7 Normativi utroška materijala na ripovanju i guranju za prvu konturu

1. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/god**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	34	491	16 694	0,595
Motorno ulje	kg	0,68	491	334	0,0119
Diferencijalno ulje	kg	0,17	491	83	0,0030
Ostala maziva	kg	0,068	491	33	0,0012

Tablica 6-8 Normativi utroška materijala na ripovanju i guranju za drugu konturu

2. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/god**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	34	443	14 062	0,623
Motorno ulje	kg	0,68	443	301	0,0125
Diferencijalno ulje	kg	0,17	443	75	0,0031
Ostala maziva	kg	0,068	443	30	0,0012

Tablica 6-9 Normativi utroška materijala na ripovanju i guranju

3. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/god**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	34	411	13 974	0,689
Motorno ulje	kg	0,68	411	279	0,0138
Diferencijalno ulje	kg	0,17	411	70	0,0034
Ostala maziva	kg	0,068	411	28	0,0014

6.2.3. Normativi utovara i transporta

Odminirani materijal s čela etaže odvozit će se do odlagališta te će dužina transporta biti stalna i kretat će se prosječno oko 200 m. Duljina transporta od etaže do deponije boksita iznosit će prosječno 150 m.

Potrebni kapacitet za utovar i transport stijenskog materijala izračunan je uzimajući u obzir: 200 radnih dana u godini, 1 smjena u danu i 8 sati po smjeni, što iznosi 1600 radnih sati u godini uz faktor iskorištenja radnog vremena od 0,8 (Galić, 2018).

Utovar odminiranog materijala-otkrivke

Utovar će se izvoditi utovarivačima i bagerima, ovisno o poziciji rada.

Potrebni satni kapacitet iznosi:

$$Q_{pot} = Q_{god} \cdot k_r / t \text{ , } m^3/h$$

$$Q_{pot} = 30772{,}40 \cdot 1{,}5 / 1600 = 23{,}44 \text{ } m^3/h \text{ r.m.}$$

gdje je:

Q_{god} - godišnji kapacitet = 30772,40m^3 čvrstog materijala (č.m.)

k_r - koeficijent rastresitosti, 1,5

t - efektivno radno vrijeme u 1 godini = 200 h

Kapacitet predloženog bagera (6-22) će biti:

$$Q_B = \frac{3600}{t_{c(u)}} \cdot E_1 \cdot k_p \cdot t_i = \frac{3600}{100} \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 = 46 \text{ } m^3/h \qquad \textbf{(6-22)}$$

gdje je:

E_1 - volumen žlice bagera, 2,0 m^3

$t_{c(u)}$ - stvarno vrijeme ciklusa utovara =100 s

$$t_{c(u)}=t_p+t_t+t_{is}+t_o+t_č = 15+10+5+10+60 = 100 \text{ s}$$

t_p - vrijeme punjenja žlice =15 s,

t_t - vrijeme okretanja u položaj za utovar =10 s,

t_{is} vrijeme istresanja tereta =5 s,

t_o - vrijeme okretanja u položaj za povratak =10 s,

$t_č$ - vrijeme čekanja kamiona =60 s,

k_p - koeficijent punjenja utovarne žlice =0,8

t_i - koeficijent iskorištenja vremena =0,8

Godišnje potrebno vrijeme za utovar odminiranog materijala će biti:

$$t_{god\text{-}o} = Q_{god} \cdot k_r / Q_B = 30772{,}40 \cdot 1{,}5 / 46 = 1003{,}45 \text{ h}$$

Utovar boksita na etaži

Potrebni satni kapacitet iznosi:

$$Q_{pot} = Q_{god\text{-}b} \cdot k_r / t \text{ , } m^3/h \text{ r.m.}$$

$$Q_{pot} = 11539{,}64 \cdot 1{,}5 / 1600 = 10{,}82 \text{ } m^3/h \text{ r.m.}$$

Vrijeme potrebno za utovar boksita na etaži po konturi će biti:

$$t_{god\text{-}b} = Q_{god\text{-}b} \cdot k_r / Q_B = 11539{,}64 \cdot 1{,}5 / 46 = 376{,}29 \text{ h}$$

Prema proračunatim kapacitetima jedan bager, s pretpostavljenim značajkama, dovoljan je da bi se utovarila planirana godišnja količina boksita i odminiranog stijenskog materijala na površinskom kopu (Galić, 2018).

Ukupno vrijeme rada bagera na utovaru

Vrijeme rada bagera na utovaru otkrivke-jalovine i boksita po konturi će biti:

$$T_{b\text{-}god} = t_{god\text{-}o} + t_{god\text{-}b} = 1003{,}45 + 376{,}29 = 1379{,}74 \text{ h}$$

Utovar boksita na deponiji

Na deponiji boksita odakle će se obavljati otprema rude radit će utovarivač.

Potrebni satni kapacitet iznosi:

$Q_{pot} = 5{,}2 \text{ } m^3/h$ r.m.

Kapacitet predloženog utovarivača (6-23) će biti:

$$Q_U = \frac{3600}{t_{c(u)}} \cdot E_2 \cdot k_p \cdot t_i = \frac{3600}{110} \cdot 3 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 = 63 \text{ } m^3/h \qquad \textbf{(6-23)}$$

gdje je:

E_2 - volumen žlice utovarivača, 3 m^3

$t_{c(u)}$ - stvarno vrijeme ciklusa utovara =110 s

$$t_{c(u)}=t_p+t_t+t_{is}+t_o+t_č = 20+15+5+10+60 = 110 \text{ s}$$

t_p - vrijeme punjenja žlice =20 s,

t_t - vrijeme okretanja u položaj za utovar =15 s,

t_{is} - vrijeme istresanja tereta =5 s,

t_o - vrijeme okretanja u položaj za povratak =10 s,

$t_č$ - vrijeme čekanja kamiona =60 s,

k_p - koeficijent punjenja utovarne žlice =0,8

t_i - koeficijent iskorištenja vremena =0,8

Vrijeme potrebno za utovar boksita na deponiju po konturi će biti:

$$t_{god\text{-}u} = Q_{god\text{-}b} \cdot kr \ / \ Q_U = 11539{,}64 \cdot 1{,}5 \ / \ 63 = 274{,}75 \text{ h}$$

gdje je:

$Q_{god\text{-}b}$ - godišnji kapacitet proizvodnje =17309,46 m^3 r.m./god

Q_U - kapacitet predloženog utovarivača =63 m^3/h

Prema proračunatim kapacitetima jedan utovarivač, s pretpostavljenim značajkama, dovoljan je da bi se utovarila planirana godišnja količina boksita na deponiji.

Normativ utroška potrošnog materijala na utovaru jalovine i boksita

Normativi utroška materijala na utovaru jalovine i boksita bagerom prikazani su u tablicama 6-11, 6-12 i 6-13. Normativi su izračunati temeljem dobivenih radnih sati u proračunu kapaciteta i proizvodnje po konturi. U tablicu su uvršteni i radni sati na usitnjavanju izvan gabaritnih komada (Galić, 2018).

Tablica 6-10 Normativ utroška materijala na utovaru bagerom za prvu konturu

1. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	25,2	1463,74	36 886	1,315
Motorno ulje	kg	0,504	1463,74	738	0,0263
Diferencijalno ulje	kg	0,126	1463,74	184	0,0066
Ostala maziva	kg	0,0504	1463,74	74	0,0026
Zubi žlice-korpe	1 kom/80 h	0,0125	1463,74	18	0,00065

Tablica 6-11 Normativ utroška materijala na utovaru bagerom za drugu konturu

2. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	25,2	1087,43	26 403	1,133
Motorno ulje	kg	0,504	1087,43	548	0,0227
Diferencijalno ulje	kg	0,126	1087,43	137	0,0057
Ostala maziva	kg	0,0504	1087,43	55	0,0023
Zubi žlice-korpe	1 kom/80 h	0,0125	1087,43	14	0,00056

Tablica 6-12 Normativ utroška materijala na utovaru bagerom za treću konturu

3. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	25,2	861,42	21 708	1,070
Motorno ulje	kg	0,504	861,42	434	0,0214
Diferencijalno ulje	kg	0,126	861,42	109	0,0053
Ostala maziva	kg	0,0504	861,42	43	0,0021
Zubi žlice-korpe	1 kom/80 h	0,0125	861,42	11	0,00053

Napomena: Pri izračunu normativa utovarnih strojeva pretpostavljaju se osnovne potrošnje:

- potrošnja nafte =0,20 kg/kW * 180 kW (snaga motora) * 0,7 (opterećenje)
- potrošnja motornog ulja=2% od potrošnje nafte

- potrošnja diferencijalnog ulja=0,5% od potrošnje nafte
- potrošnja ostalog maziva=0,2 od potrošnje nafte

Normativi za utovar boksita utovarivačem su prikazani u tablicama 6-14, 6-15 i 6-16 (Galić, 2018).

Tablica 6-13 Normativ utroška materijala na utovaru boksita utovarivačem za prvu konturu

1. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	19,6	274,65 0	5 383	0,192
Motorno ulje	kg	0,392	274,65	108	0,0038
Diferencijalno ulje	kg	0,098	274,65	27	0,0010
Ostala maziva	kg	0,0392	274,65	11	0,0004
Zubi žlice-korpe	1 kom/80 h	0,0125	274,65	3	0,00012
Gume	4 kom/1600 h	0,0025	274,65	0,69	0,000024
Lanci	4 kom/1600 h	0,0025	274,65	0,69	0,000024

Tablica 6-14 Normativ utroška materijala na utovaru boksita utovarivačem za drugu konturu

2. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	19,6	230,74	4 523	0,187
Motorno ulje	kg	0,392	230,74	90	0,0037
Diferencijalno ulje	kg	0,098	230,74	23	0,0009
Ostala maziva	kg	0,0392	230,74	9	0,0004
Zubi žlice-korpe	1 kom/80 h	0,0125	230,74	3	0,00012
Gume	4 kom/1600 h	0,0025	230,74	0,58	0,000024
Lanci	4 kom/1600 h	0,0025	230,74	0,58	0,000024

Tablica 6-15 Normativ utroška materijala na utovaru boksita utovarivačem za treću konturu

3. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	19,6	198,79	3 896	0,192
Motorno ulje	kg	0,392	198,79	78	0,0038
Diferencijalno ulje	kg	0,098	198,79	19	0,0010
Ostala maziva	kg	0,0392	198,79	8	0,0004
Zubi žlice-korpe	1 kom/80 h	0,0125	198,79	2	0,00012
Gume	4 kom/1600 h	0,0025	198,79	0,50	0,000024
Lanci	4 kom/1600 h	0,0025	198,79	0,50	0,000024

Napomena: Pri izračunu normativa utovarnih strojeva pretpostavljaju se osnovne potrošnje:

- potrošnja nafte =0,20 kg/kW * 140 kW (snaga motora) * 0,7 (opterećenje)
- potrošnja motornog ulja=2% od potrošnje nafte
- potrošnja diferencijalnog ulja=0,5% od potrošnje nafte
- potrošnja ostalog maziva=0,2 od potrošnje nafte

TRANSPORT

Transport će se izvoditi kamionom, snage motora 250 kW, nosivosti 25 t te volumena sanduka 10 m^3 (najmanje).

Brzina kretanja transportnog sredstva će biti pod opterećenjem prosječno 10 km/h, a bez opterećenja prosječno 20 km/h.

Boksit i jalovina će se odvoziti u više smjerova:

1. Transport odminiranog materijala, od etaže do odlagališta (unutarnji transport)
2. Transport boksita do deponije (unutarnji transport)
3. Transport boksita od deponije do kupaca (vanjski transport)

Proračun potrebnih kapaciteta unutarnjeg transporta

U proračunu transporta uzima se u obzir samo unutarnji transport dok će vanjski transport obavljati treća lica i nije predmet ovog rada. Potrebni satni kapacitet unutarnjeg transporta iznosi:

$$Q_{pot\text{-}t} = (Q_{god\text{-}o} + Q_{god\text{-}b}) \cdot k_r / t \text{ , } m^3/h \text{ r.m.}$$

$$Q_{pot\text{-}t} = (30772{,}40+11539{,}64) \cdot 1{,}5 / 1600 = 39{,}67 \text{ m}^3\text{/h r.m.}$$

Kapacitet predloženog kamiona (6-24) će biti:

$$Q_T = (3\,600/t_{c(t)}) \cdot E_O \cdot k_p \cdot t_i = (3\,600/754) \cdot 10 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 = 30{,}6 \text{ m}^3\text{/h} \quad \textbf{(6-24)}$$

E_O - raspoloživi volumen sanduka kamiona, 8 m^3

k_p - koeficijent punjenja utovarne žlice rastresitom masom =0,8

$t_{c(t)}$ - stvarno vrijeme ciklusa transporta

$t_{c(t)} = t_{ut} + t_{pu} + t_{pr} + t_{is}$

$t_{c(t)} = 626 + 72 + 36 + 20 = 754$ s

t_{ut} - vrijeme utovara kamiona, 626 s (iz proračuna bagera)

t_{pu} - vrijeme vožnje punog kamiona

$t_{pu} = X / v_1 = 0{,}2 / 10 = 0{,}02$ h =72 s

t_{pr} - vrijeme vožnje praznog kamiona

$t_{pr} = X / v_2 = 0{,}2 / 20 = 0{,}01$ h =36 s

t_{is} - vrijeme istovara kamiona, 20 s

v_1 - brzina punog kamiona =10 km/h

v_2 - brzina praznog kamiona =20 km/h

X - izračunana transportna dužina (prosječna) = 20 m

t_i - koeficijent iskorištenja vremena =0,8

Vrijeme potrebno za unutarnji transport po konturi iznosi:

$$t_{god\text{-}t} = (Q_{god\text{-}o} + Q_{god\text{-}b}) \cdot k_r / Q_T = 42312{,}04 \cdot 1{,}5 / 30{,}6 = 2074 \text{ h}$$

Prema proračunatom kapacitetu potrebno je uposliti 1 kamion, s pretpostavljenim značajkama, da bi se transportirala planirana godišnja količina jalovine i boksita.

Odabir strojeva za unutarnji transport jalovine i boksita

Usvaja se kamion slijedećih tehničkih karakteristika:

- Snaga pogona min. 250 kW

- Volumen sanduka min 10 m3

- Nosivost kamiona min 25 t

Po svojim tehničkim karakteristikama zadovoljavaju kamoni / demperi tvornice: Caterpillar, Liebher, Komatsu, Volvo, Mercedes i/ili drugih proizvođača sličnih tehničkih karakteristika.

Normativ utroška potrošnog materijala na transportu jalovine i boksita

Normativi utroška materijala na transportu jalovine i boksita prikazani su u tablicama 6.17., 6.18., i 6.19. Normativi su izračunati temeljem dobivenih radnih sati u proračunu kapaciteta i godišnje proizvodnje (Galić, 2018).

Tablica 6.16 Normativ utroška materijala na transportu jalovine i boksita za prvu konturu

1. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	40	2 074	82 960	2,959
Motorno ulje	kg	0,8	2 074	1 659	0,0592
Diferencijalno ulje	kg	0,2	2 074	415	0,0148
Ostala maziva	kg	0,08	2 074	166	0,00592
Gume	6 kom/3500 h	0,00171	2 074	4	0,000127

Tablica 6.17 Normativ utroška materijala na transportu jalovine i boksita za drugu konturu

2. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	40	1 508	59 337	2,496
Motorno ulje	kg	0,8	1 508	1 207	0,0499
Diferencijalno ulje	kg	0,2	1 508	302	0,0125
Ostala maziva	kg	0,08	1 508	121	0,00499
Gume	6 kom/3500 h	0,00171	1 508	3	0,000107

Tablica 6.18 Normativ utroška materijala na transportu jalovine i boksita za treću konturu

3. KONTURA

Vrsta materijala	**Jedinična mjera**	**Satni utrošak Jedin.mjera/h**	**Ukupno vrijeme h/god**	**Ukupni utrošak Jedin.mjera/kont.**	**Normativ Jed.mj./t**
Nafta	kg	40	1 191	47 645	2,348
Motorno ulje	kg	0,8	1 191	953	0,0470
Diferencijalno ulje	kg	0,2	1 191	238	0,0117
Ostala maziva	kg	0,08	1 191	95	0,00470
Gume	6 kom/3500 h	0,00171	1 191	2	0,000101

Napomena: pri izračunu normativa pretpostavlja se:

potrošnja nafte = 0,20 kg/kW * 250 kW (prosj. snaga motora) * 0,8 (opterećenje)

potrošnja motornog ulja = 2 % od potrošnje nafte

potrošnja diferencijalnog i hidrauličnog ulja = 0,5 % od potrošnje nafte

potrošnja ostalog maziva = 0,2 % od potrošnje nafte

6.3. **Proračun amortizacije**

Za potrebe proračuna troškova konture kopa, moraju se uzeti u obzir i troškovi amortizacije. Troškovi amortizacije se računaju za svaki pojedini stroj, te će se na kraju zbrojiti. Za potrebe proračuna potrebno je vrijednost samog stroja, broj radnih sati stroja i ukupno vrijeme za jedan radni vijek samoga stroja.

Radni vijek stroja se računa tako da se pomnoži broj radnih sati u danu, sa brojem efektivnih radnih dana u godini, i broj godina kroz koje će se stroj isplatiti, po formuli:

N_{rv}- radni vijek stroja

N_d- dnevni broj radnih sati, 8 sati

N_g – efektivni broj radnih dana u godini, 200 dana

N_a- broj godina amortizacije, 10 godina

$$N_{rv} = N_d \cdot N_g \cdot N_a = 8 \cdot 200 \cdot 10 = 16000 \text{ h}$$

Radni vijek za sve strojeve će biti jednak, dakle 16 000 sati.

Potrebno je izračunati koeficijent amortizacije za svaki stroj, a to se računa po formuli:

K_a – koeficijent amortizacije

T_i –broj radnih sati pojedine faze kopa određene konture

N_{rv} – radni vijek stroja

$$K_a = T_i / N_{rv}$$

Nakon proračuna koeficijenta amortizacije, još je potrebno proračunati stvarni trošak amortizacije za pojedini stroj. To se računa tako da se umnože koeficijenti amortizacije sa vrijednošću pojedinog stroja po formuli:

T_a – troškovi amortizacije za pojedini stroj

K_a – koeficijent amortizacije

V_{st} – vrijednost pojedinog stroja

$$T_a = K_a \cdot V_{st}$$

Troškovi amortizacije po konturama prikazani su u tablicama 6-20, 6-21 i 6-22.

Tablica 6-19 Prikaz amortizacije za prvu konturu

Vrsta strojeva i opreme	Vrijednost stroja	Broj sati	Radni vijek stroja	Koef. Amortizacije	Trošak amortizacije
	EUR	h	h		EUR
Bušilica i kompresor	75 000	440	16 000	0,027489375	2061,703125
Kamion	200 000	2 225	16 000	0,1390625	27812,5
Utovarivač	120 000	1 497	16 000	0,09353625	11224,35
Bager s hidraul. čekićem	200 000	168	16 000	0,0105	2100
Buldozer	200 000	491	16 000	0,0306875	6137,5
Autocisterna za gorivo	100 000	263	16 000	0,0164375	1643,75
Kontejner stambeni	5 000	1 600	16 000	0,1	500
Ukupno	900 000	6 683			51 479,803

Tablica 6-20 Prikaz amortizacije za drugu konturu

Vrsta strojeva i opreme	Vrijednost stroja	Broj sati	Radni vijek stroja	Koef. Amortizacije	Trošak amortizacije
	EUR	h	h		EUR
Bušilica i kompresor	75 000	320	16 000	0,019990625	1499,296875
Kamion	200 000	1 388	16 000	0,08677625	17355,25
Utovarivač	120 000	1 017	16 000	0,063589375	7630,725
Bager s hidraul. čekićem	200 000	129	16 000	0,0080625	1612,5
Buldozer	200 000	443	16 000	0,0276875	5537,5
Autocisterna za gorivo	100 000	221	16 000	0,0138125	1381,25
Kontejner stambeni	5 000	1 600	16 000	0,1	500
Ukupno	900 000	5 119			35 516,521

Tablica 6-21 Prikaz amortizacije za treću konturu

Vrsta strojeva i opreme	Vrijednost stroja	Broj sati	Radni vijek stroja	Koef. Amortizacije	Trošak amortizacije
	EUR	h	h		EUR
Bušilica i kompresor	75 000	253	16 000	0,015785625	1183,921875
Kamion	200 000	1 051	16 000	0,065695	13139
Utovarivač	120 000	811	16 000	0,05071375	6085,65
Bager s hidraul. čekićem	200 000	88	16 000	0,0055	1100
Buldozer	200 000	411	16 000	0,0256875	5137,5
Autocisterna za gorivo	100 000	172	16 000	0,01075	1075
Kontejner stambeni	5 000	1 600	16 000	0,1	500
Ukupno	900 000	4 386			28 221,071

6.4. **Prikaz ukupnih troškova za pojedinu konturu i odabir optimalne konture**

Nakon što su određene vrijednosti boksita za pojedine konture, proračunati normativi za pojedine faze kopa (bušenje, miniranje, ripovanje, utovar boksita i otkrivke, transport), i proračunati troškovi amortizacije, mogu se izračunati ukupni troškovi, odnosno proizvodna cijena boksita za pojedinu konturu. Sveukupni troškovi su prikazani u tablicama 6-23, 6-24 i 6-25 (Galić, 2018).

Tablica 6-22 Ukupni troškovi eksploatacije boksita za prvu konturu

	Vrsta troškova	**Jedinica mjere (J.M.)**	**Utrošak jedin. Mj.**	**Vrijednost jedin. mj.** EUR/J. mj.	**UKUPNI UTROŠAK** EUR/kontura	**CIJENA BOKSITA** EUR/t
OSOBNI DOHODAK		sat	27 540	4	**110 160**	**3,93**
Energenti	Nafta	kg	148 961	1,20	178 753	6,37
	Motor. Ulje	kg	2 979	2	5 958	0,21
	Diferen. Ulje	kg	745	5	3 725	0,13
	Ostala maziva	kg	298	5	1 490	0,05
Ostali materijal	Bušaća kruna	kom	11	1 000	10 560	0,38
	Bušaća šipka	kom	6	1 500	9 240	0,33
	Bušaći čekić	kom	1	1 500	1 590	0,06
	Eksploziv	kg	16 606	4	66 424	2,37
	Električni detonator	kom	11	3	33	0,00
	Neelektrični detonator	kom	455	3	1 365	0,05
	Busteri	kom	455	5	2 275	0,08
	Usporivači (konektori)	kom	228	5	1 140	0,04
	Zubi žlice-korpe	kom	22	150	3 300	0,12
	Gume za utovarivač	kom	0,69	1 500	1 035	0,04
	Lanci	kom	0,69	1 500	1 035	0,04
	Gume za kamion	kom	4	500	2 000	0,07
UKUPNO					**289 923**	**10,34**
Održavanje i obnavljanje	Amortizacija (10%/god))	EUR	51 480	1	51 480	1,84
	Rezervni dijelovi (6% od Am.)	EUR	3 089	1	3 089	0,11
	Invest. i tek. Održav. (3% od Am)	EUR	1 544	1	1 544	0,06
UKUPNO					**56 113**	**2,00**
Invest. i završni rad.	Istražni radovi	EUR/R.V.	77 600	1,00	77 600	2,77
	Izrada tehničke dokument.	EUR/R.V.	10 000	1,00	10 000	0,36
	Ishođenje dozvola i rješenja	EUR/R.V.	2 500	1,00	2 500	0,09
	Pripremni radovi za eksploat.	EUR/R.V.	2 500	1,00	2 500	0,09
	Sanacija terena, 1%UP	EUR/R.V.	5 608	1,00	5 608	0,20
UKUPNO					**98 208**	**3,50**
Naknade	Renta, 2,5%	EUR	20 000	1	20 000	0,71
	Šumarija, 0,5%	EUR	8 000	1	8 000	0,29
UKUPNO					**28 000**	**1,00**
SVEUKUPNO					**582 404**	**20,8**

Tablica 6-23 Ukupni troškovi eksploatacije boksita za drugu konturu

	Vrsta troškova	Jedinica mjere (J.M.)	Utrošak jedin. Mj.	Vrijednost jedin. mj. EUR/J. mj.	UKUPNI UTROŠAK EUR/kontura	CIJENA BOKSITA EUR/t
OSOBNI DOHODAK		sat	22 042	4	**88 168**	**3,65**
Energenti	Nafta	kg	109 442	1,20	131 330	5,43
	Motor. Ulje	kg	2 249	2	4 298	0,18
	Diferen. Ulje	kg	562	5	2 810	0,12
	Ostala maziva	kg	225	5	1 125	0,05
Ostali materijal	Bušaća kruna	kom	8	1 000	7 680	0,32
	Bušaća šipka	kom	4	1 500	6 720	0,28
	Bušaći čekić	kom	1	1 500	1 155	0,05
	Eksploziv	kg	12 047	4	48 189	1,99
	Električni detonator	kom	7	3	21	0,00
	Neelektrični detonator	kom	252	3	756	0,03
	Busteri	kom	252	5	1 260	0,05
	Usporivači (konektori)	kom	114	5	570	0,02
	Zubi žlice-korpe	kom	17	150	2 550	0,11
	Gume za utovarivač	kom	0,58	1 500	870	0,04
	Lanci	kom	0,58	1 500	870	0,04
	Gume za kamion	kom	3	500	1 284	0,05
UKUPNO					**211 468**	**8,75**
Održavanje i obnavljanje	Amortizacija (10%/god))	EUR	36 092	1	36 092	1,49
	Rezervni dijelovi (6% od Am.)	EUR	2 165	1	2 165	0,09
	Invest. i tek. Održav. (3% od Am)	EUR	1 083	1	1 083	0,04
UKUPNO					**39 340**	**1,63**
Invest. i završni rad.	Istražni radovi	EUR/R.V.	77 600	1,00	77 600	3,21
	Izrada tehničke dokument.	EUR/R.V.	10 000	1,00	10 000	0,41
	Ishođenje dozvola i rješenja	EUR/R.V.	2 500	1,00	2 500	0,10
	Pripremni radovi za eksploat.	EUR/R.V.	2 500	1,00	2 500	0,10
	Sanacija terena, 1%UP	EUR/R.V.	4 835	1,00	4 835	0,20
UKUPNO					**97 435**	**4,03**
Naknade	Renta, 2,5%	EUR	20 000	1	20 000	0,83
	Šumarija, 0,5%	EUR	8 000	1	8 000	0,33
UKUPNO					**28 000**	**1,16**
SVEUKUPNO					**464 631**	**19,2**

Tablica 6-24 Ukupni troškovi eksploatacije boksita za treću konturu

	Vrsta troškova	Jedinica mjere (J.M.)	Utrošak jedin. Mj.	Vrijednost jedin. mj. EUR/J. mj.	UKUPNI UTROŠAK EUR/kontura	CIJENA BOKSITA EUR/t
OSOBNI DOHODAK		sat	19 200	4	**76 800**	**3,79**
Energenti	Nafta	kg	91 264	1,20	109 517	5,40
	Motor. Ulje	kg	1 825	2	3 650	0,18
	Diferen. Ulje	kg	456	5	2 280	0,11
	Ostala maziva	kg	183	5	915	0,05
Ostali materijal	Bušaća kruna	kom	6	1 000	6 060	0,30
	Bušaća šipka	kom	4	1 500	5 310	0,26
	Bušaći čekić	kom	1	1 500	915	0,05
	Eksploziv	kg	9 237	4	36 947	1,82
	Električni detonator	kom	7	3	21	0,00
	Neelektrični detonator	kom	262	3	786	0,04
	Busteri	kom	262	5	1 310	0,06
	Usporivači (konektori)	kom	130	5	650	0,03
	Zubi žlice-korpe	kom	13	150	1 950	0,10
	Gume za utovarivač	kom	0,50	1 500	750	0,04
	Lanci	kom	0,50	1 500	750	0,04
	Gume za kamion	kom	2	500	1 000	0,05
UKUPNO					**172 810**	**8,52**
Održavanje i obnavljanje	Amortizacija (10%/god))	EUR	28 796	1	28 796	1,42
	Rezervni dijelovi (6% od Am.)	EUR	1 728	1	1 728	0,09
	Invest. i tek. Održav. (3% od Am)	EUR	864	1	864	0,04
UKUPNO					**31 388**	**1,55**
Invest. i završni rad.	Istražni radovi	EUR/R.V.	77 600	1,00	77 600	3,82
	Izrada tehničke dokument.	EUR/R.V.	10 000	1,00	10 000	0,49
	Ishođenje dozvola i rješenja	EUR/R.V.	2 500	1,00	2 500	0,12
	Pripremni radovi za eksploat.	EUR/R.V.	2 500	1,00	2 500	0,12
	Sanacija terena, 1%UP	EUR/R.V.	4 058	1,00	4 058	0,20
UKUPNO					**96 658**	**4,76**
Naknade	Renta, 2,5%	EUR	20 000	1	20 000	0,99
	Šumarija, 0,5%	EUR	8 000	1	8 000	0,39
UKUPNO					**28 000**	**1,38**
SVEUKUPNO					**405 656**	**20,0**

Nakon što su dobiveni ukupni troškovi za pojedine konture, uz prethodno određene vrijednosti boksita za pojedine konture, može se prijeći na određivanje optimalne konture kopa, što je i tema ovog rada. Prihode, troškove i dobit prikazat ćemo u tablici 6-26.

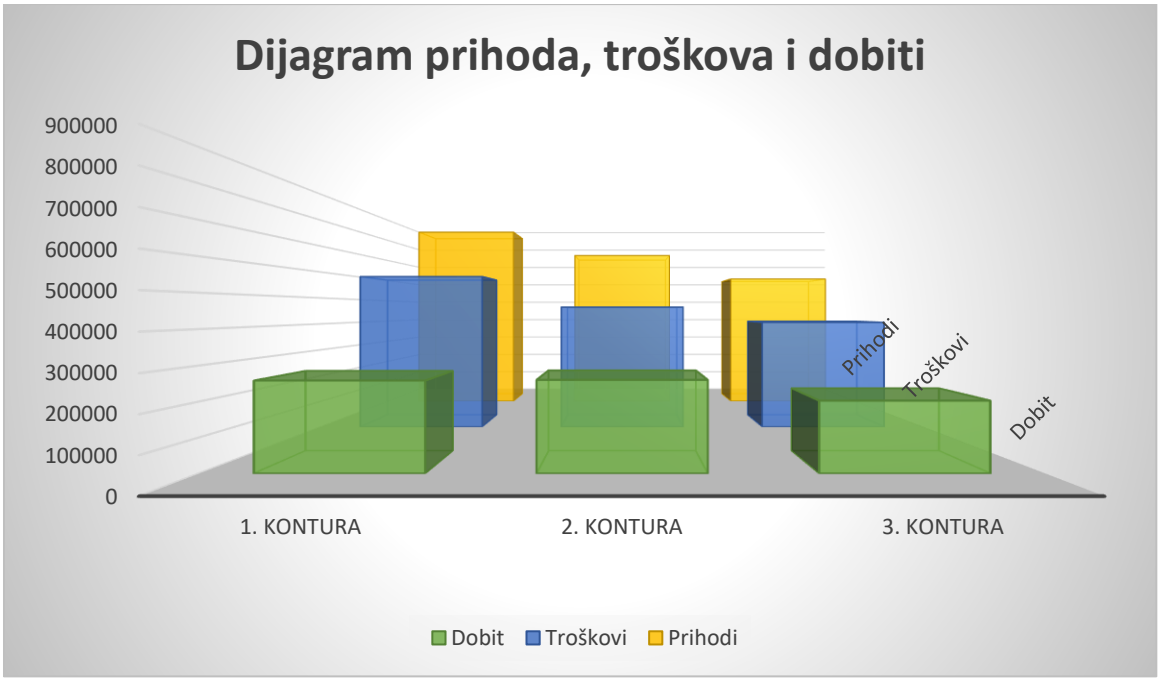
Tablica 6.25 Prikaz optimalne konture kopa

Kontura	Prihodi po konturi /EUR	Troškovi po konturi /EUR	Zarada po konturi/EUR
1.	841 239,90	582 404	258 835,9
2.	725 285,07	464 631	260 654,07
3.	608 656,68	405 656	203 000,68

Komentar dobivenih rezultata:

Nakon određivanja kontura, proračuna volumena boksita i otkrivke, kao i proizvodne cijene boksita za svaku konturu, te odrađenog proračuna ukupnih prihoda i troškova, dolazimo do odabira idealne konture kopa, a to je u ovom slučaju druga kontura. Korištenjem CAD programa možemo lakše projektirati kop, te jednostavnije odrediti i proračunati optimalnu konturu kopa. Prikaz optimalne konture se vidi na dijagramu 6-1.

Slika 6-1. Prikaz prihoda, troškova i dobiti



7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu obrađeno je površinsko ležište boksita L-1 Skakavac, kojemu je opisan geografski položaj, geologija i tektonika šireg područja. Opisane su tradicionalne i suvremene metode projektiranja, s naglaskom na metodu pomičnih kosina.

Korištene su topografske karte, koje uz podatke iz istražnog bušenja, daju sliku o položaju mineralne sirovine boksita. Opisan je postupak triangulacije, kao i izrade bušotina te rudnih tijela. Opisana je izrada završnih kontura pod kutom završne kosine.
Program Power InRoads, kojeg smo koristili u ovom radu, uvelike nam je olakšao modeliranje i vizualizaciju samih postupaka projektiranja kopa, od modela stanja, izrade rudnog tijela, određivanja granica druge i treće konture kopa, kao i određivanja kuta završne kosine kopa i količina boksita i jalovine za svaku pojedinu konturu.
Također je opisan proračun proizvodne cijene boksita za svaku etapu proračuna. Pobliže je pojašnjeno određivanje troškova amortizacije, te određivanje ukupnih troškova za svaku pojedinu konturu, prikazanu u tablicama, koristeći Microsotf Excel.

Nakon prikaza prihoda i rashoda za svaku pojedinu konturu, određena je optimalna kontura kopa, a to je druga kontura. Ovim radom je dokazano da projektiranjem možemo odrediti povoljniju mogućnost eksploatacije mineralne sirovine, uz maksimalizaciju dobiti, što je u konačnici i cilj projektiranja u rudarstvu.

8. **LITERATURA**

DRAGIČEVIĆ, I., GALIĆ, I., PAVIČIĆ, I., CRNOJA, F., BELJAK, G. 2017. *Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenog boksita na ležištu L-1 u području Skakavca (Jajce-BiH)*, Zagreb: Geo-eco ing

GALIĆ, I., 2018. *Glavni rudarski projekt eksploatacije boksita u ležištu L-1 na području „Skakavac“,* Zagreb*:* Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Broj projekta : 251-70-11-17-1

GALIĆ, I., 2001. „*Projektiranje u rudarstvu uz primjenu namjenskih programa“,* magistarski rad, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

MOJIĆEVIĆ M. i LAUŠEVIĆ M. 1962.-1967. *OGK, List MOSTAR (33-23)* , Sarajevo :Institut za geološka istraživanja

SOLDO.I, ŠETKA. I, 2016. „*Projektiranje u rudarstvu - upute za izradu programa u Bentley Power InRoadsu“,* Zagreb: Rudarsko-geološko naftni fakultet

ŠIŠKO,A. 2018. „*Prijedlog sanacije površinskog kopa arhitektonsko- građevnog kamena „Kusačko brdo“ kod Širokog Brijega“*, diplomski rad, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet