

# Modeliranje granica rezervi i površinskog kopa na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica"

---

Hadžić, Ennio

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*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:169:816299>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij rudarstva

**MODELIRANJE GRANICA REZERV I POVRŠINSKOG KOPA NA  
EKSPLOATACIJSKOM POLJU "CIGANSKA DRAŽICA"**

Diplomski rad

Ennio Hadžić

R206

Zagreb, 2020

MODELIRANJE GRANICA REZERVI I POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU  
"CIGANSKA DRAŽICA"

ENNIO HADŽIĆ

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

Sažetak

U diplomskom radu je prikazan i opisan prijedlog izrade površinskog kopa tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica" kod Delnica s ciljem proračuna rezervi. Opisano je postojeće stanje terena te su navedene osnovne, geološke i klimatske značajke eksploatacijskog polja i područja oko njega. Korištenjem Bentleyevog programa *Power InRoads* izrađen je 3D model terena te 3D model kopa s istražnim poljem, istražnim radovima i rezervama mineralne sirovine. Za kraj je napravljen izračun obujma za proračun rezervi pomoću metode paralelnih presjeka te metode računalnog modeliranja zbog usporedbi dobivenih vrijednosti.

Ključne riječi: Tehničko-građevni kamen, Power InRoads, eksploatacijsko polje, Ciganska Dražica  
Završni rad sadrži: 40 stranica, 6 tablica, 32 slika, 4 priloga i 7 reference  
Jezik izvornika: Hrvatski  
Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb  
Mentori: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNF  
Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNF  
Dr. sc. Vječislav Bohanek, docent RGNF  
Dr. sc. Ana Maričić, docent RGNF

MODELLING OF RESERVE LIMITS AND SURFACE MINE ON THE EXPLOITATION FIELD  
"CIGANSKA DRAŽICA"

ENNIO HADŽIĆ

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

Abstract

This Master's thesis presents and describes proposal for the construction of a surface mine of technical-building stone "Ciganska Dražica" near Delnice with the aim of calculating reserves. The existing condition of the terrain is described and the basic, geological and climatic features of the exploitation field and the area around it are given. Using Bentley's Power InRoads program, a 3D terrain model and a 3D mine model were created with an exploration field, exploration works and mineral reserves. At the end, the volume of reserves was calculated using the parallel section method and the computer modeling method in order to compare these two gained values.

Keywords: Technical-building stone, Power InRoads, exploitation field

Thesis contains: 40 pages, 6 tables, 32 figures, 4 appendixes and 7 references

Original in: Croatian

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

Supervisors: PhD. Ivo Galić, Associate Professor at RGNF

Reviewers: PhD. Ivo Galić, Associate Professor at RGNF  
PhD. Vječislav Bohanek, Assistant Professor MGPE  
PhD. Ana Maričić, Assistant Professor MGPE

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OSNOVNE ZNAČAJKE POVRŠINSKOG KOPA "CIGANSKA DRAŽICA" .....	2
2.1. Zemljopisni položaj, naziv i veličina eksploatacijskog polja .....	2
2.2. Geološke značajke područja .....	5
2.2.1. Stratigrafija .....	5
2.2.2. Tektonika .....	9
2.3. Klimatske značajke područja .....	9
2.4. Hidrogeološke i inženjersko-geološke značajke ležišta .....	10
2.5. Geološke značajke ležišta .....	10
2.5.1. Geološka građa, opis i geneza ležišta .....	10
2.5.2. Tektonika ležišta .....	11
3. PODACI O KOLIČINI, VRSTI I KAKVOĆI TEHNIČKO-GRAĐEVNOG KAMENA.....	12
3.1. Proračun rezervi.....	12
3.2. Kakvoća .....	13
4. IZRADA TRODIMENZIONALNOG MODELA ZAVRŠNIH KONTURA KOPA .	15
4.1. Ulazni podaci – unos situacijske karte.....	15
4.2. Postavljanje elemenata situacijske karte u 3D okruženje .....	17
4.3. Triangulacija površine terena .....	19
4.4. Planirani istražni radovi na eksploatacijskom polju .....	25
4.5. Razvoj i kreiranje završnog stanja kopa .....	26
5. IZRADA PRESJEKA.....	31
6. PRORAČUN OBUJMA REZERVI.....	33
6.1. Proračun obujma metodom paralelnih presjeka .....	33
6.2. Proračun obujma rezervi metodom računalnog modeliranja.....	36
7. ZAKLJUČAK .....	39
8. POPIS LITERATURE .....	40

## POPIS SLIKA

Slika 2-1 Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica", 1:100 000.....	3
Slika 2-2. Satelitska snimka eksploatacijskog polja "Ciganska Dražica", 1:5000.....	4

Slika 2-3 Osnovna Geološka karta SFRJ Delnice, Mjerilo 1:50 000 .....	8
Slika 4-1. Situacijska karta eksploatacijskog polja "Ciganska Dražica" u programu Power InRoads.....	16
Slika 4-2. Pretvaranje situacijske karte iz 2D u 3D sustav .....	16
Slika 4-3. Pokretanje ModZ aplikacije .....	17
Slika 4-5. ModZ aplikacija .....	18
Slika 4-6. Elementi situacijske karte u 3D sustavu .....	18
Slika 4-7. Kreiranje površine terena .....	19
Slika 4-8. Kreiranje površine terena .....	20
Slika 4-9. Učitavanje površine terena.....	20
Slika 4-10. Odabir elemenata za triangulaciju površine terena .....	21
Slika 4-11. Triangulacija .....	21
Slika 4-12. Triangulirana površina terena u 3D sustavu .....	22
Slika 4-13. Izrada perimetra .....	22
Slika 4-14. Izrada perimetra .....	23
Slika 4-15. Naredba Loft Surface .....	23
Slika 4-16. Žični blok-model postojećeg terena.....	24
Slika 4-17. Ispunjeni (smooth) blok-model postojećeg terena .....	24
Slika 4-18. Prikaz razmještaja novih istražnih bušotina i granica rezervi B kategorije .....	26
Slika 4-19. Projektirano stanje s podignutim etažama (2D sustav).....	28
Slika 4-20. Projektirano stanje s podignutim etažama (3D sustav).....	29
Slika 4-21. Shema završne kosine .....	29
Slika 4-22. Triangulirana površina projektiranog stanja .....	30
Slika 4-23. Blok-model projektiranog stanja.....	30
Slika 5-1. Postavljeni presjeci .....	31
Slika 5-2. Postupak izrade presjeka .....	32
Slika 5-3. Primjer iscrtanog presjeka s tumačem .....	32
Slika 6-1. Naredba Triangle Volume-odabir alata.....	36
Slika 6-2. Naredba Triangle Volume-odabir površina .....	37
Slika 6-3. Rezultati proračuna obujma metodom računalnog modeliranja .....	37

## **POPIS TABLICA**

Tablica 3-1. Količina tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica", po klasama i kategorijama u 1 000 m <sup>3</sup> .....	12
Tablica 3-2. Rezultati određivanja fizičko-mehaničkih svojstava.....	13
Tablica 3-3. Rezultati određivanja kemijskog sastava .....	14
Tablica 4-1. Koordinate i duljine bušotina na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica"25	
Tablica 6-1. Proračun obujma mineralnih rezervi .....	34

## **POPIS PRILOGA**

- Prilog 1 – Situacijska karta površinskog kopa "Ciganska Dražica"
- Prilog 2 – Karta rezervi površinskog kopa "Ciganska Dražica"
- Prilog 3 - Karta završnog stanja površinskog kopa "Ciganska Dražica"
- Prilog 4 – Obračunski presjeci

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA

Simbol	Značenje	Jedinica
$P_{sr}$	Srednja površina	$m^2$
O	Obujam	$m^3$
$P_n$	Površina n-tog vertikalnog presjeka	$m^2$
$P_{n+1}$	Površina n+1 vertikalnog presjeka	$m^2$
$l_n$	Udaljenost između n-tog i n+1 presjeka	m
n	Broj presjeka	
r	Ukupni broj blokova (broj presjeka-1)	
I	Broj blokova	
h	Visina etaže	m
H	Visina kosine	m
$\alpha$	Kut nagiba kosine	°
n	Broj etaža	
$\alpha_z$	Kut završne kosine	°
$\alpha_e$	Kut etažne kosine	°
B	Širina etaže (berma)	m
$x_e$	Projekcija etažne kosine	m
$x_g$	Projekcija etažne kosine gornje etaže	m
$x_z$	Projekcija završne kosine	m



## 1. UVOD

Rudarstvo je dio gospodarskog sustava koji se bavi mineralnim sirovinama kao osnovnim predmetom svoga rada. Unutar svog djelokruga rada sadrži niz disciplina koje u objedinjenom obliku imaju zadatak da pronađu najbolji način istraživanja, pridobivanja i oplemenjivanja mineralnih sirovina. Stoga se s pravom za rudarstvo kaže da je multidisciplinarnog značenja.

Projektiranje u rudarstvu važan je čimbenik u razvoju rudarske industrije. Bez unaprijed napravljenog i kvalitetnog projekta, gotovo je nemoguće razviti rudarske radove u skladu s pravilima struke, stoga je potrebno razumijevanje istog da bi se ostvario uspješan produkt, kako podzemne tako i površinske eksploatacije. Projektiranje u rudarstvu, u širem smislu, obuhvaća istraživanje mineralnih sirovina, a u užem smislu organiziranje rudarske proizvodnje, ispitivanje tržišta i nadzor nad izgradnjom pratećih rudarskih objekata. Reprodukcijska (obnavljanje) procesa projektiranja očituje se u pravodobnom unapređenju tehnološkog procesa eksploatacije, obnovi rada napuštenih rudnika, planskom zatvaranju iscrpljenih rudišta te uređenju izmijenjenog krajobraza kroz tehničku i biološku rekultivaciju.

U ovom diplomskom radu biti će prikazan predložak i izrada 3D modela istražnih radova, površinskog kopa i granica rezervi na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica" kod Delnica te proračun bilančnih i izvanbilančnih rezervi dostupnih za daljnju eksploataciju, na temelju dviju metoda obračunavanja obujma mineralnih rezervi. Cilj je bio da se modelira eksploatacijsko polje i usporede dobivene vrijednosti rezervi B kategorije dvjema različitim metodama.

## 2. OSNOVNE ZNAČAJKE POVRŠINSKOG KOPA "CIGANSKA DRAŽICA"

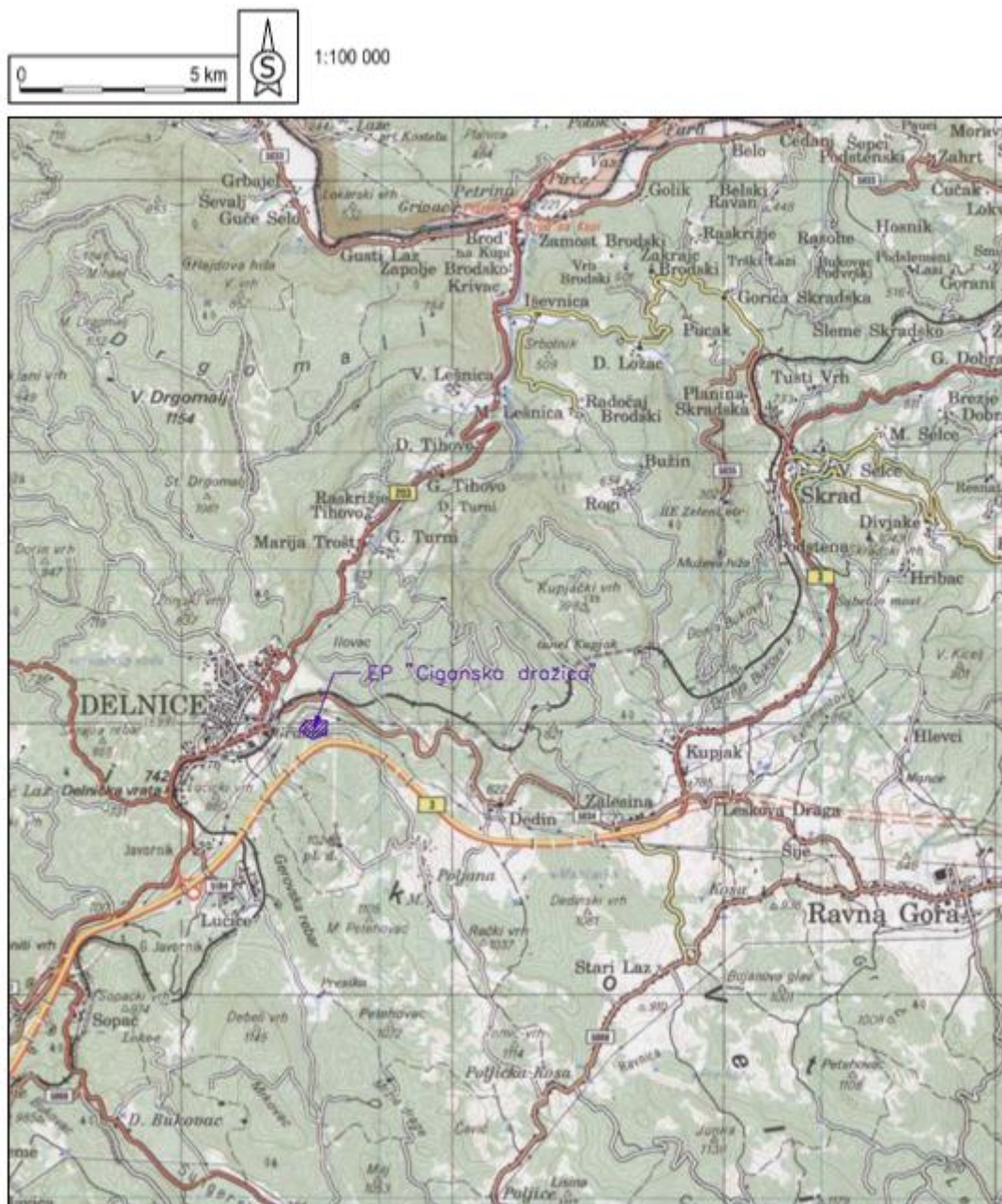
### 2.1. Zemljopisni položaj, naziv i veličina eksploatacijskog polja

Eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica" nalazi se u Primorsko-goranskoj županiji, na području grada Delnica. Udaljeno je oko 700 m istočno od Delnica (Slika 2-1).

Eksploatacijsko polje, površine 8,31 ha, ima oblik nepravilnog peterokuta određenog spojnicama točaka 1, 2, 3, 4 i 5. Koordinate točaka eksploatacijskog polja prikazane su u tablici 2-1.

Tablica 2-1. Koordinate vršnih točaka eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica" (Krašić, 2019).

Oznaka točke	Gauss-Krüger sustav			HTRS96/TM sustav	
	Koordinate točaka		Dužina stranica, m	Koordinate točaka	
	Y	X		E	N
1	5 485 734,00	5 027 891,00	165,69	367 919,08	5 029 743,78
2	5 485 830,00	5 028 026,00		368 017,60	5 029 877,00
3	5 486 154,00	5 028 020,00	198,51	368 341,50	5 029 864,95
4	5 486 130,00	5 027 823,00		368 313,83	5 029 668,38
5	5 485 927,00	5 027 751,00	238,49	368 109,47	5 029 600,16
1	5 485 734,00	5 027 891,00		367 919,08	5 029 743,78



Slika 2-1 Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica", 1:100 000 (Krašić, 2019).

Zemljopisni položaj površinskog kopa je povoljan jer se nalazi u blizini Delnica te je prometno jako dobro povezan. Nalazi uz autocestu A6 koja povezuje grad Rijeku s Delnicama i Karlovcem te Zagrebom preko autoceste A1 (slika 2-2).



*Slika 2-2. Satelitska snimka eksploatacijskog polja "Ciganska Dražica", 1:5000*  
(<https://resources-croatia.giscloud.com/>)

## 2.2. Geološke značajke područja

### 2.2.1. Stratigrafija

Na širem području istraživanja lokaliteta "Ciganska Dražica" mogu se izdvojiti naslage perma, trijasa, jure i kvartara.

#### ***Paleozoik***

##### *Donji i srednji perm ( $P_{1,2}$ )*

Otkrivene naslage donjopermskog i srednjopermskog slijeda utvrđene su sjeverozapadno od Delnica. Predstavljene su dominantno glinenim (shale) i glineno-pješčano-siltnim stijenama s proslojcima i pojasevima grauvaknih pješčenjaka. Slojevitost je dobro izražena. Debljina slojeva je oko 1 cm kod glinenih, a do 5 cm te rjeđe 20 cm kod glineno-pješčanih litoloških varijeteta. Grauvakni pješčenjaci imaju jasnu slojevitost (5-40 cm) s jasno izraženim litološkim granicama prema već opisanim permskim stijenama. Debljina ovih naslaga iznosi oko 1000 m. Analizom polena određeni su oblici karakteristični za perm (Krašić, 2019).

#### ***Mezozoik***

##### *Gornji trijas $T_3$*

Glineno-laporovito-pješčane i dolomitno-pješčane naslage ( $T_3^1$ )

Transgresivno na permske naslage naliježu slojevi klastičnog gornjeg trijasa koji se u donjem dijelu sastoji od konglomeratnih vapnenačkih breča i glinovito-laporovito-pješčanih naslaga s tinjcima. To su glineni peliti, siltozni peliti, siltiti te tinjčaste arkoze. Slojne površine su jasne, a litološke granice su oštre. Kontinuirano se na ove naslage, u gornjem dijelu nastavljaju dolomitno-laporovito-pješčani slojevi bez tinjaca, pločasto uslojeni. Debljina klastičnog slijeda gornjeg trijasa iznosi cca 150 m. Starost naslaga određena je na osnovi sedimentoloških i paleontoloških nalaza (Krašić, 2019).

### Dolomiti ( $T_3^{2+3}$ )

Kontinuirano na opisane naslage slijede vršni dolomiti s megalodontima. Litološka granica prema klastičnom podinskom dijelu naslaga je oštra. Slojevitost je jasna s lijepo izdiferenciranim slojnim površinama. Debljina slojeva kreće se od 5 do 100 cm. Debljina tih dolomita, kao vršnog dijela gornjotrijaskih naslaga iznosi oko 300 m. Starost je određena na osnovi superpozicijskog položaja i paleontoloških nalaza (Krašić, 2019).

### Donja jura ( $J_1$ ) lijas

Naslage lijasa utvrđene su na relativno velikoj površini šireg područja istraživanja. Predstavljene su dolomitima s lećama vapnenaca ( $J_1^{1,2}$ ) te vapnencima i dolomitima u izmjeni ( $J_1^{2,3}$ ). Konkordantni su s podinskim slojevima trijasa. Slojevitost im je manje-više dobro izražena. Debljina im je oko 100, odnosno 450 m (Krašić, 2019).

### Srednja jura ( $J_2$ ) doger

Dogerski slojevi utvrđeni su sjeverno od Delnica i imaju relativno malo rasprostranjenje. Konkordantno naliježu na vršne lijaske mrljaste vapnence ( $J_1^{3,4}$ ) koji međutim na ovom području nisu prisutni na površini. Sastoje se od vapnenaca u kojima se rjeđe mogu zapaziti slojne glineno-laporovite prevlake. Slojevitost je relativno dobro izražena, a debljina slojeva od 40 do 100 cm. Ukupna debljina stijena dogerskog pojasa kao cjeline je oko 600 m. Starost ovog kompleksa naslaga određena je na temelju rezultata paleontoloških istraživanja (Krašić, 2019).

### Gornja jura ( $J_3$ ) malm

Od naslaga gornje jure na površini su prisutni samo donjomalmski i srednjemalmski vapnenci i dolomiti ( $J_3^{1,2}$ ). Slijede kontinuirano na doger. Karakterizirane su drugačijom strukturnom građom, kao i masovnom pojavom kladokoropsisa. Slojevitost je lijepo izražena i jasno uočljiva. Većina stijena ima debljinu slojeva do 40 cm, dok je kod manjeg

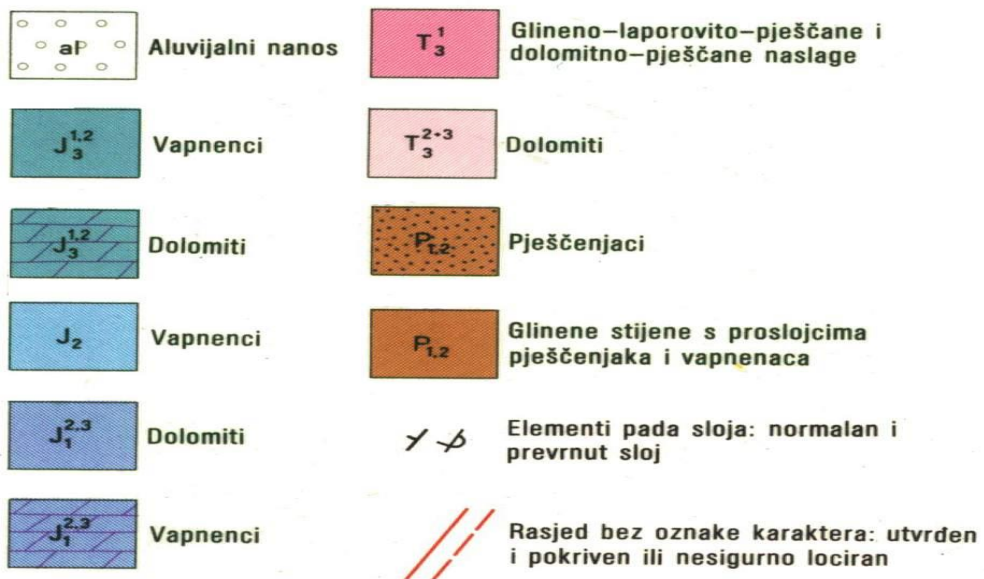
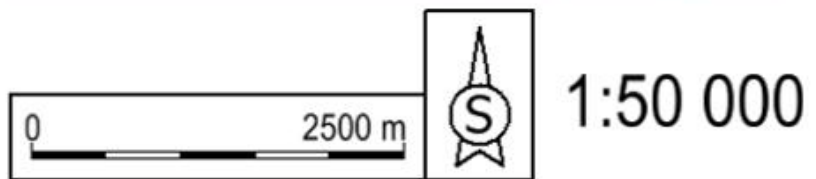
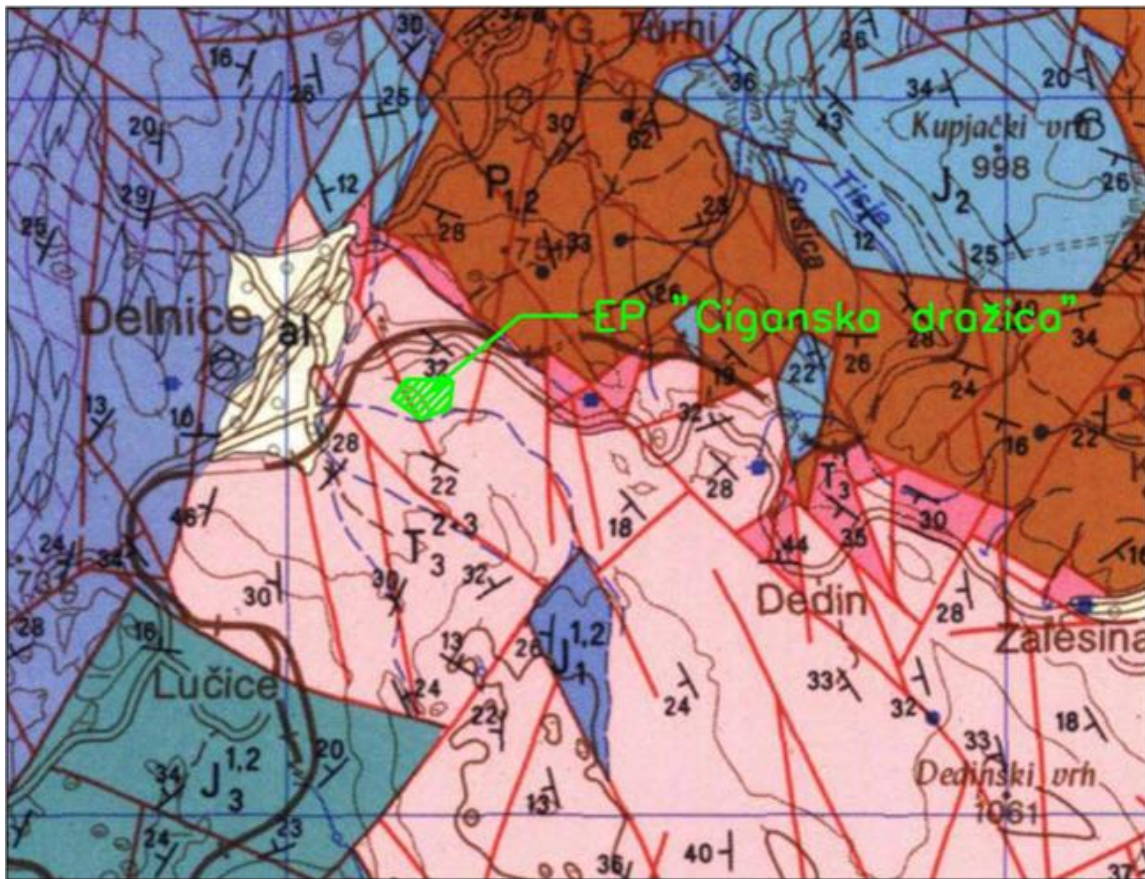
dijela debljina 20 cm. Starost je također određena na temelju paleontoloških nalaza (Krašić, 2019).

### ***Kenozoik***

#### *Kvartar (Q)*

##### Aluvijalni nanosi (A1)

Aluvijalni sedimenti vezani su za morfološku zaravan Delnica. Debljina im je varijabilna, a kreće se od 0,5, preko 2 do najviše 4 m. Izgrađeni su od ulomaka valutica, pijesaka, gline te humusno-glinenog materijala varijabilne postotne zastupljenosti od mjesta do mjesta (Krašić, 2019).



Slika 2-3 Osnovna Geološka karta SFRJ Delnice, Mjerilo 1:50 000 (Savić i Dozet,1984).



### 2.2.2. Tektonika

Šire područje ležišta dolomita dio je Gorskokotarsko-goteničke strukturne jedinice, odnosno u užem smislu Anti forme kote 751. Ona se nalazi sjeveroistočno od Delnica. U sjevernom dijelu izgrađena je od glinenih i pješčanih naslaga donjeg i srednjeg perma, dok su u južnom krilu klastiti i dolomiti gornjeg trijasa. Sjeveroistočno krilo nešto je strmije od jugozapadnog na kojem se nalazi ležište. Rasipanje strmih nagiba slojeva uzrokovano je transverzalnim, lokalnim rasjedima. Generalno uzevši pružanje te strukture je sjeverozapadnog do jugoistočnog pravca. U sjeverozapadnom dijelu odsječena je delničkim rasjedom s čije su zapadne strane prisutne naslage jure, dok je u pravcu sjever-sjeveroistok intenzivnije iskidana te graniči s tihovskom alohtonom jedinicom (Krašić, 2019).

### 2.3. Klimatske značajke područja

Eksploatacijsko polje "Ciganska Dražica" nalazi se u gorskom dijelu Primorsko-goranske županije gdje prevladava snježno-šumska klima. Temperatura najhladnijeg mjeseca je niža od  $-3^{\circ}\text{C}$ , dok su ljeta s mjesečnom temperaturom najtoplijeg mjeseca ispod  $22^{\circ}\text{C}$ . Tlo je pokriveno dugotrajnim snježnim pokrivačem. Oborina je jednoliko razdijeljena na cijelu godinu, ali najsušniji dio pada u toplo godišnje doba (Šteko, 2019).

Ostatak Županije ima umjereno toplu vlažnu klimu, koju karakteriziraju topla ljeta (mjesečna temperatura najtoplijeg mjeseca ispod  $22^{\circ}\text{C}$ ) i ravnomjerna raspodjela oborine (Šteko, 2019).

Glavni vjetrovi na tom području su bura i jugo a od posebnog negativnog značaja za ležište su snijeg i magla. Duži periodi sa snježnim pokrivačem i maglom djeluju otežavajuće na rad površinskog kopa (Krašić, 2019).

## **2.4. Hidrogeološke i inženjersko-geološke značajke ležišta**

Ležište dolomita "Ciganska Dražica" nalazi se u dolomitnom, ne sasvim tipičnom krškom području. Prema hidrogeološkim značajkama, dolomiti se ovdje mogu svrstati negdje između jurskih vapnenaca i paleozojskih glinenih stijena. Naime, za razliku od jurskog tipičnog krša gdje zbog velike raspucalosti stijene i velikog broja vrtača riječna mreža nije razvijena, odnosno nepropusnih i beznačajno raspucanih paleozojskih stijena gdje imamo dobro razvijenu riječnu mrežu sa stalnim vodotocima, gornjotrijaski dolomiti imaju dobro razvijenu riječnu mrežu, ali bez stalnih vodotoka. Vodotoci su bujičnog karaktera, što je posljedica relativno dobre kompaktnosti i gustoće dolomitne stijene. Nivo podzemne vode u dolomitima znatno je dublje od nivoa koji bi mogao imati utjecaj na ležište. Osim bujičnog toka koji će se pojavljivati u jarku na južnom rubu ležišta, u ležištu se može očekivati procjeđivanje oborinskih voda kroz slojne plohe u ležište. Zbog relativno visokog hipsometrijskog položaja ležišta, količina procijeđene vode neće bitno negativno utjecati na povoljne hidrogeološke značajke ležišta (Kradić, 2019).

Osnovni pečat kamenoj masi u inženjersko-geološkom smislu daju izražena slojevitost u kombinaciji s pukotinskim sustavom, čiji su prostorni elementi prikazani u potpoglavlju o tektonici ležišta. Najizrazitiji su diskontinuiteti slojevitosti i na nju okomite rasjedne pukotine u rasjednoj zoni posebno u istočnom dijelu ležišta, dok se u zapadnom dijelu s tim diskontinuitetima značajno javljaju i pukotine paralelne s pružanjem slojeva. Međusobno kombinirani spomenuti diskontinuiteti mogu nepovoljno utjecati u odnosu na eventualne radne i završne kosine u površinskom kopu (pogotovo u rasjednoj zoni i na zapadu ležišta), a mogu imati i negativan utjecaj na koso bušenje u smjeru jugozapada (Kradić, 2019).

## **2.5. Geološke značajke ležišta**

### **2.5.1. Geološka građa, opis i geneza ležišta**

Područje ležišta "Ciganska Dražica" nalazi se na jugozapadnim obroncima već spomenute antiformalne strukture. Izgrađuju ga vršni gornjotrijaski dolomiti, koji su ovdje znatne debljine i rasprostranjenosti. Na dva mjesta – krajnjem zapadnom i krajnjem istočnom dijelu – otvoreni su kopovi veličine cca 150x100 m (zapadni), odnosno 90x100 m (istočni) koji se prema potrebama povremeno eksploatiraju. U njima su mjereni i svi geološki strukturni elementi. Ostala površina terena pokrivena je humusom, a mjestimično je neravna s odlomcima i manjim blokovima dolomita. Nema mogućnosti za mjerenje strukturnih elemenata. Debljina humusnog pokrivača nije velika (oko 0,20 m) (Krašić, 2019).

Po sastavu to su mikrokristalasti dolomiti svijetlosive do sive boje. Pod udarcem čekića vrlo se teško paralelopipedno raspadaju duž mikroprslina. Prema ranijim istraživanjima u dolomitima su osim mjestimice registriranih presjeka megalodontida određene i foraminifere *Involutina (Ajlotortus) communis* te Triasina hatkeni, na osnovi kojih je potpuno određena njihova kronostratigrafska pripadnost. Ove stijene nastale su dijagenetskim procesima i dolomitizacijom matičnog karbonatnog materijala koji je taložen u plitkovodnom morskom ambijentu (Krašić, 2019).

#### 2.5.2. Tektonika ležišta

Tektonske značajke ležišta relativno su jednostavne. Slojevitost je lijepo izražena. Na otvorenim frontama površinskog kopa izmjereni su elementi pada i pružanja slojeva. Pravac pružanja varira od 130-310° do 145-325°. Pad se kreće od 40-55°. Na slojnim plohama ponegdje su utvrđene vrlo tanke glineno-laporovite slojne prevlake (Krašić, 2019).

### 3. PODACI O KOLIČINI, VRSTI I KAKVOĆI TEHNIČKO-GRAĐEVNOG KAMENA

#### 3.1. Proračun rezervi

Na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica" eksploatira se tehničko-građevni kamen. Rezerve mineralne sirovine izračunate su metodom paralelnih vertikalnih presjeka. Ležište je uvršteno u prvu skupinu i prvu podskupinu ležišta tehničko-građevnog kamena.

Izračunate rezerve svrstane su prema Pravilniku o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi, sukladno zajedničkim kriterijima, te posebnim kriterijima koji su propisani za tehničko-građevni kamen u B i C<sub>1</sub> kategoriju (Kordić, 2005).

Količine tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica" prikazan su u tablici 3-1.

Tablica 3-1. Količina tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica", po klasama i kategorijama u 1 000 m<sup>3</sup> (preuzeto iz Kordić, 2005).

Klasa Kategorija	Ukupne rezerve			Eksploatacijski gubici, %	Eksploatacijske rezerve
	Bilančne	Izvanbilančne	Ukupne		
1	2	3	4	5	6
A					
B	359,12	46,61	405,73	3	348,34
C <sub>1</sub>	345,56	449,56	795,12	3	335,20
A+B+C <sub>1</sub>	704,68	496,17	1 200,85	3	683,54

### 3.2. Kakvoća

Kakvoća tehničko-građevnog kamena sa eksploatacijskog polja "Ciganska Dražica" prikazana je u tablici 3-2.

Tablica 3-2. Rezultati određivanja fizičko-mehaničkih svojstava (preuzeto iz Kordić, 2005).

	Vrsta određivanja	Određivano prema	Rezultati određivanja
II.1.1. II.1.1.1.	Čvrstoća na tlak - u suhom stanju	HRN B.B8.012	maks.= 141,5 MPa min.= 110,7 MPa a.sred. = 120,4 MPa
II.1.1.2.	- u vodom zasićenom stanju		maks.= 130,2 MPa min.= 85,4 MPa a.sred.= 100,7 MPa
II.1.1.3.	- nakon smrzavanja		maks.= 120,0 MPa min.= 67,3 MPa a. sred.= 85,5 MPa
II.1.2.	Upijanje vode pri atmosferskom tlaku	HRN B.B8.010	= 0,59 % (mas.)
II.1.3.	Obujamska masa	HRN B.B8.032	= 2 690 kg/m <sup>3</sup>
II.1.4.	Gustoća	HRN B.B8.032	= 2 800 kg/m <sup>3</sup>
II.1.5.	Stupanj gustoće	HRN B.B8.032	= 0,971
II.1.6.	Apsolutna poroznost	HRN B.B8.032	= 3,93 %
II.1.7.	Otpornost prema kristalizaciji soli (5 ciklusa, metodom otopine Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	HRN B.B8.044	gubitak mase: = 1,77 % (mas.) postojan

II.1.8.	Otpornost na smrzavanje (25 ciklusa)	HRN B.B8.001	gubitak mase: = 0,59 % (mas.) postojan
II.1.9.	Otpornost na habanje (Metoda Böhme)	HRN B.B8.015	19,0 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>
II.1.10.	Otpornost na drobljenje i habanje (Metoda Los Angeles)	HRN B.B8.045	Koeficijent L <sub>A</sub> = Gradacija B.... 36,2 % Gradacija C.... 30,2 %

S obzirom da se dostavljeni uzorak sastoji od dva makroskopski različita varijeteta, jedan je laminirano-slojevite (B – 728/ 1), a drugi je homogene (B -728/2) teksture, kemijski sastav određen je za oba uzorka. Mineralni sastav kamena izračunat je iz rezultata dobivene analize (Tablica 3-3) (Kordić, 2005).

Tablica 3-3. Rezultati određivanja kemijskog sastava (preuzeto iz Kordić, 2005).

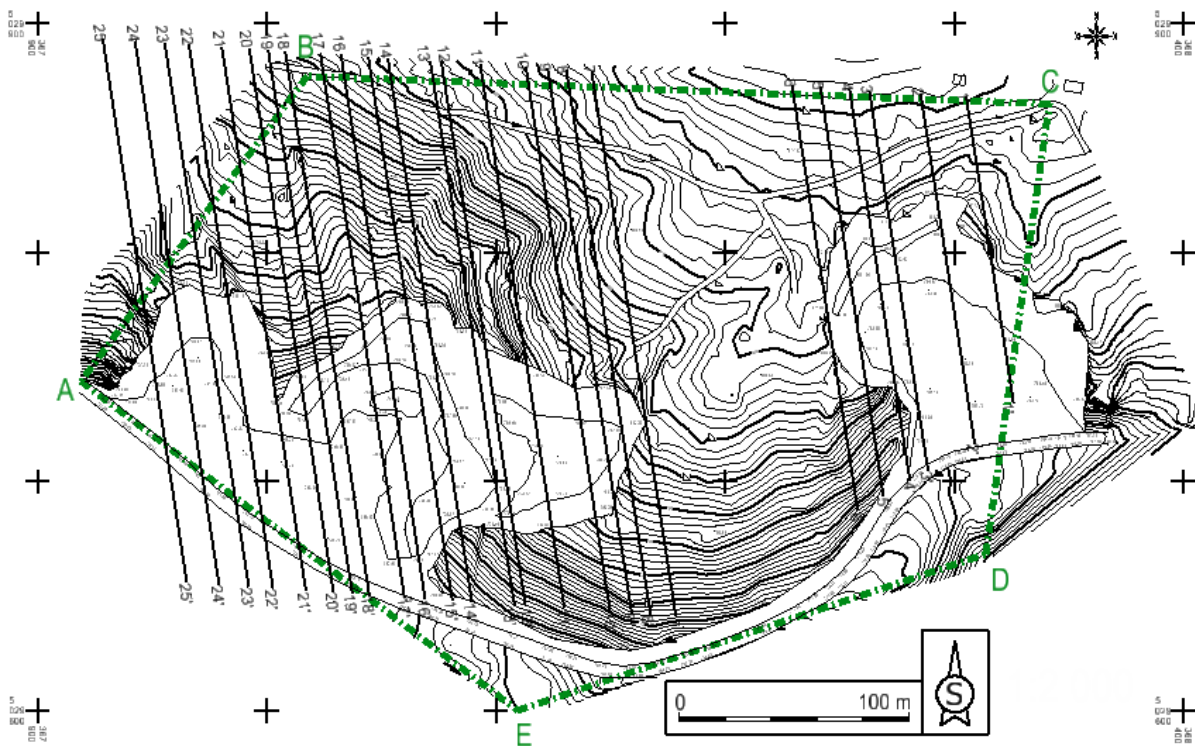
Kemijski parametar (određeno prema HRN B.B8.070)	B – 728/1 Udio, (mas. %)	B – 728/2 Udio, (mas. %)
Gubitak žarenjem na 1000 <sup>0</sup> C	47,01	43,81
Silicijev dioksid, SiO <sub>2</sub> + netopivi ostatak	0,16	0,16
Željezni oksid, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,00
Aluminijev oksid, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,06
Kalcijev oksid, CaO	30,85	51,93
Magnezijev oksid, MgO	21,48	3,71
Sumporni trioksid, SO <sub>3</sub>	0,10	0,02
Natrijev oksid, Na <sub>2</sub> O	0,04	0,07
Kalijev oksid, K <sub>2</sub> O	0,01	0,00
UKUPNO:	99,80	99,76
Ukupni kloridi izraženi kao Cl <sup>-</sup>	0,0047	0,0053
Proračunato iz kemijske analize		
Mineralni sastav kamena:		
Kalcit, CaCO <sub>3</sub>	1,73	81,21
Dolomit, MgCO <sub>3</sub> * CaCO <sub>3</sub>	97,25	16,97
CaO koji nije vezan u karbonate	0,82	1,27

#### 4. IZRADA TRODIMENZIONALNOG MODELA ZAVRŠNIH KONTURA KOPA

##### 4.1. Ulazni podaci – unos situacijske karte

Za izradu ovog diplomskog rada korišten je Bentley računalni servis, točnije program *Power InRoads*, koji se pokazao izrazito povoljnim za projektiranje u rudarstvu. Izrada 3D modela terena zahtjeva potrebu za određenim ulaznim parametrima, u ovom slučaju geodetsku digitaliziranu kartu postojeće situacije kopa, u dvodimenzionalnom sustavu. Osnova za izradu situacijske karte je Elaborat o rezervama tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica" iz 2005. Nakon pokretanja programa *InRoads*, otvara se situacijska karta postojećeg stanja koja sadrži slijedeće ulazne podatke (slika 4-1):

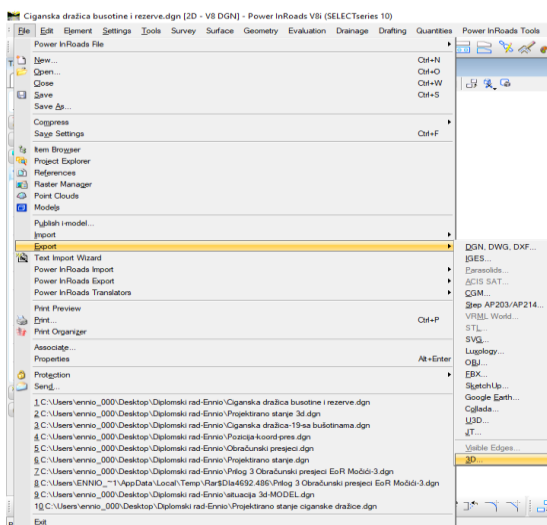
- Slojnice terena
- Geodetske točke
- Oznake visina geodetskih točaka
- Pristupne ceste
- Granicu eksploatacijskog polja s vršnim točkama
- Mrežu koordinatnih križića



Slika 4-1. Situacijska karta eksploatacijskog polja "Ciganska Dražica" u programu Power InRoads

Nakon učitavanja situacijske karte izrađuje se novi dokument, koji se u ovom slučaju sprema u 3D obliku, kako bi postojeću situaciju mogli prikazati iz 2D sustava u 3D sustav. To postizemo slijedećom naredbom (slika 4-2):

**File → Export → 3D**



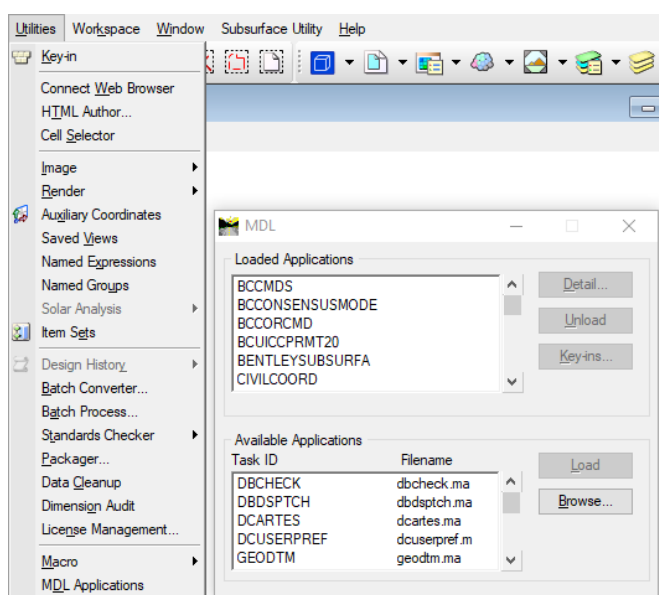
Slika 4-2. Pretvaranje situacijske karte iz 2D u 3D sustav



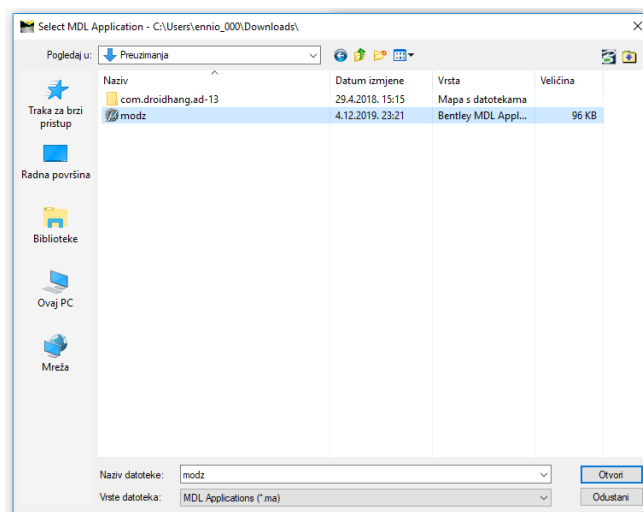
## 4.2. Postavljanje elemenata situacijske karte u 3D okruženje

Kada se učita situacijska karta, elementi su postavljeni u dvodimenzionalni oblik, stoga im je potrebno dodati još jednu dimenziju. Svaki element će imati X,Y i Z koordinate, što je osnova za izradu 3D modela stanja površinskog kopa. Kako bi se elementi podignuli u prostor, koristi se MDL aplikacija ModZ. Aplikacija ModZ preuzeta je sa službene stranice Bentley servisa te se pokreće na slijedeći način (slika 4-3 i 4-4):

### Utilities → MDL Applications → ModZ → Load

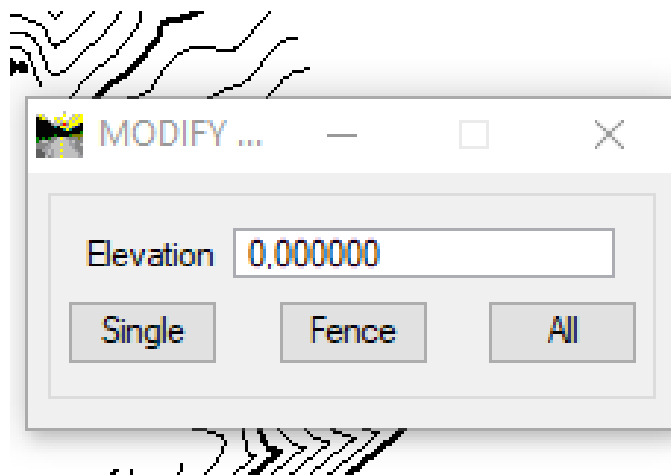


Slika 4-3. Pokretanje ModZ aplikacije



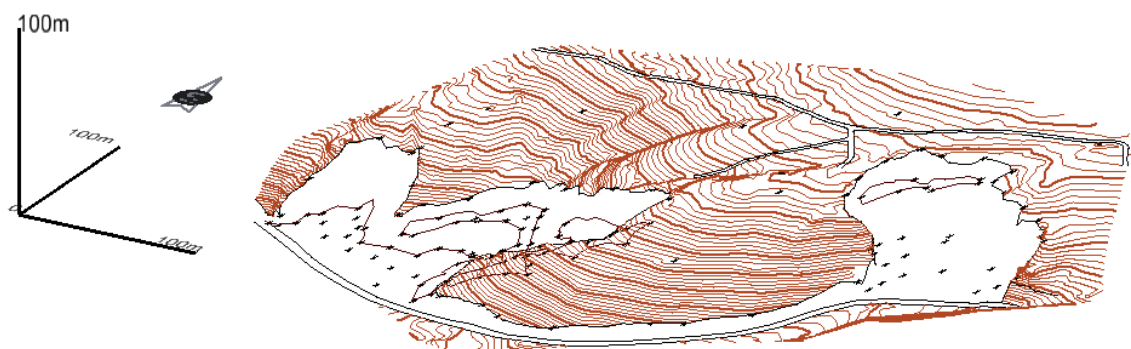
Slika 4-4. Pokretanje ModZ aplikacije

Kada se ModZ aplikacija učita, u zadani prozor se upisuje odgovarajuća visina pojedinog elementa koji želimo podizati te odaberemo opciju **Single** (slika 4-5).



Slika 4-5. ModZ aplikacija

Nakon što se svi elementi podignu na određenu visinu (Z), dobije se realni trodimenzionalni oblik terena kao što je prikazano na slici (4-6):



Slika 4-6. Elementi situacijske karte u 3D sustavu

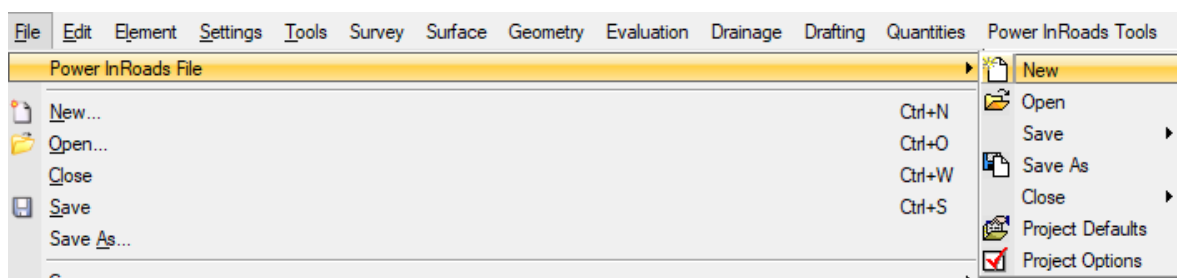
### 4.3. Triangulacija površine terena

Triangulacija predstavlja model za generiranje mrežnog i konturnog modela u rudarskim računalnim programima. Čini ga niz trokuta formiranih na bazi referentnih točaka, kota terena (izohipsa) i bušotina. Triangulacijom se predstavljaju površine terena, krovine ili podine sloja, rudnog tijela, površinskog kopa i sl. (Galić i Farkaš, 2011).

Kako bi se određena površina uspješno triangulirala, potrebno je odabrati samo one elemente ili slojeve (levele) koji će biti dio triangulirane površine, dok se ostali leveli gase. U ovom slučaju su triangulirani leveli koji sadrže slojnice (3D), put, ceste, pokos i rudarske radove jer svi ovi elementi čine površinu terena.

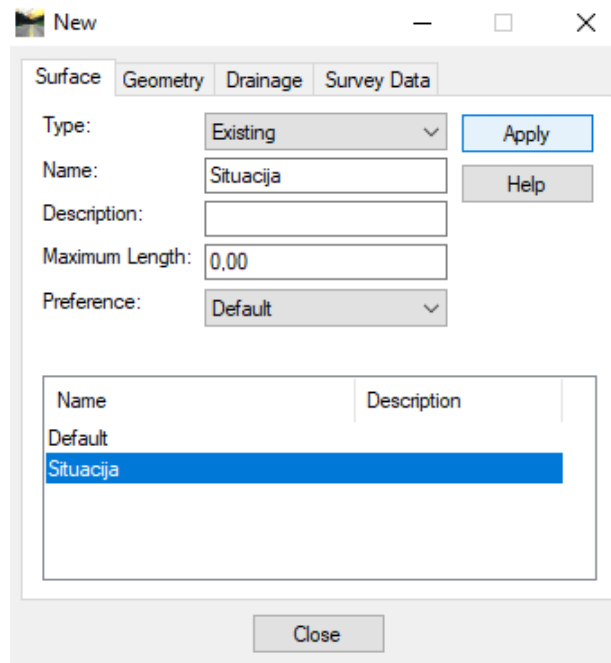
Nakon što su odabrani leveli uključeni i selektirani, koristi se postupak kreiranja površine terena (slika 4-7 i 4-8):

#### Power Inroads → new → surface



Slika 4-7. Kreiranje površine terena

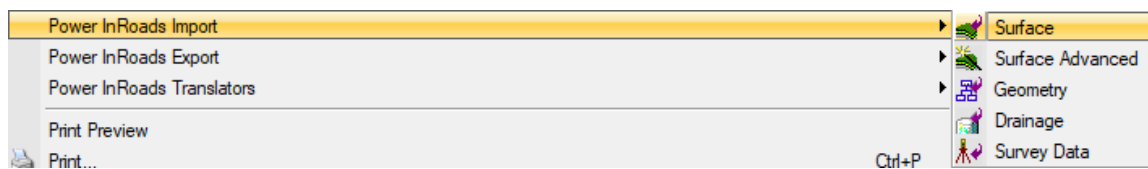
Potrebno je upisati ime površine i pritisnuti naredbu **Apply**.



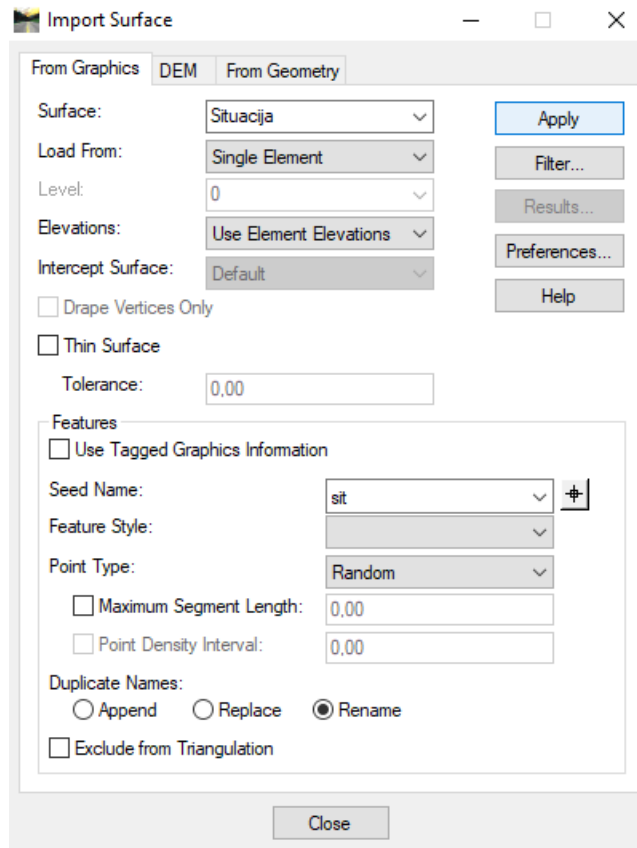
Slika 4-8. Kreiranje površine terena

Nakon što je površina kreirana treba je učitati slijedećim postupkom (slika 4-9 i 4-10):

**File → Power InRoads Import → Surface**

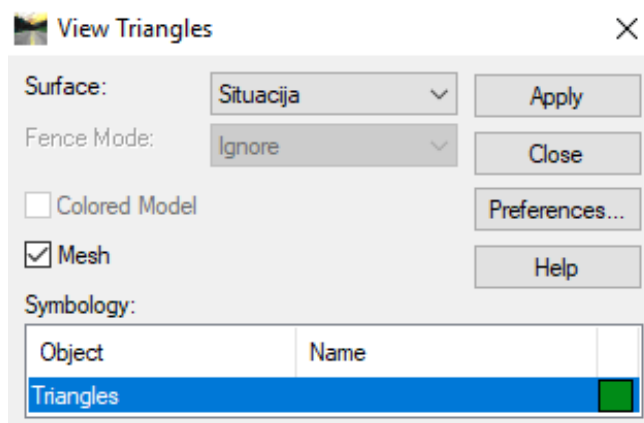


Slika 4-9. Učitavanje površine terena



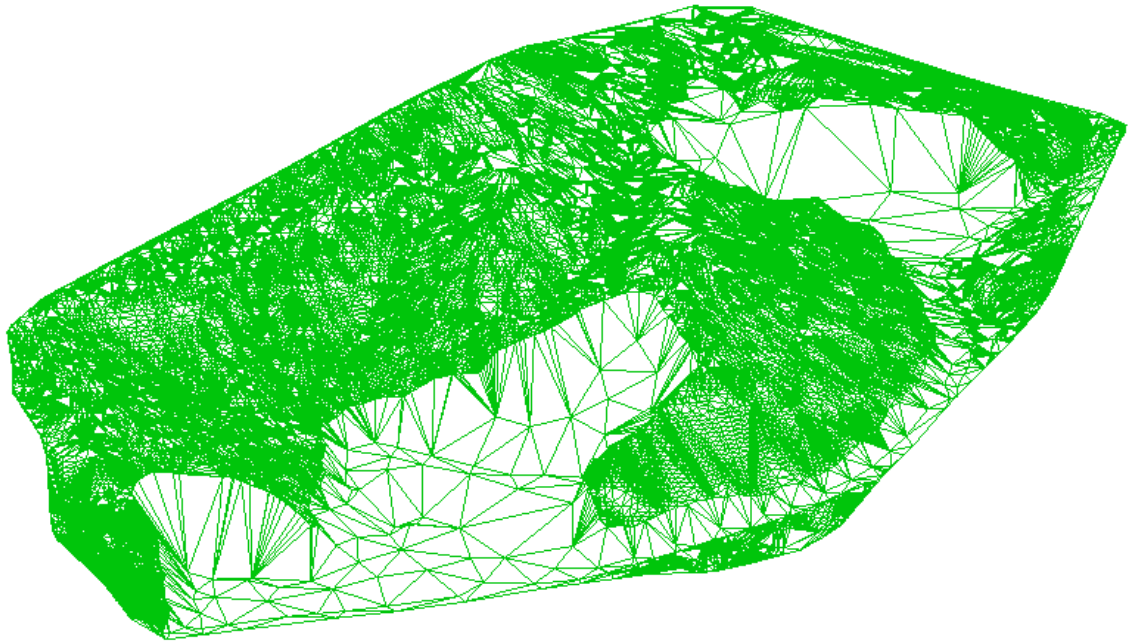
Slika 4-10. Odabir elemenata za triangulaciju površine terena

Zatim slijedi postupak triangulacije terena. Nakon što se odaberu željeni atributi (Preferences), pritisnemo naredbu **Apply** i prikazat će se triangulirana površina terena (slika 4-11).



Slika 4-11. Triangulacija

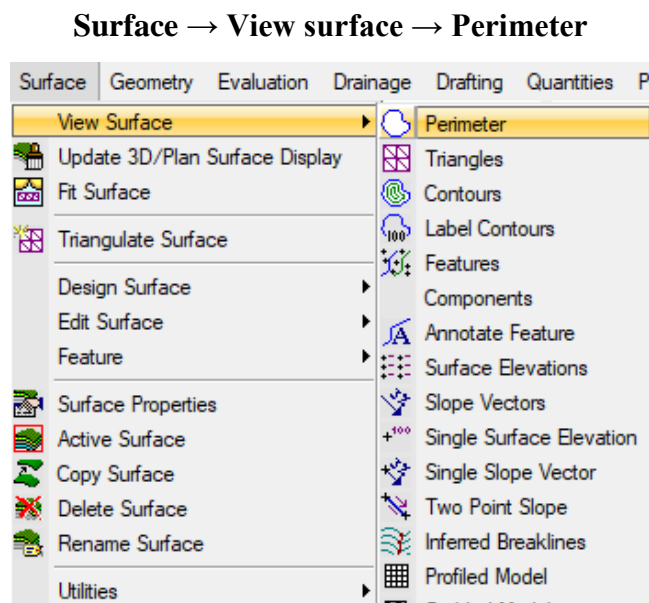
Dobivena triangulirana površina terena prikazana je na slici 4-12.



Slika 4-12. Triangulirana površina terena u 3D sustavu

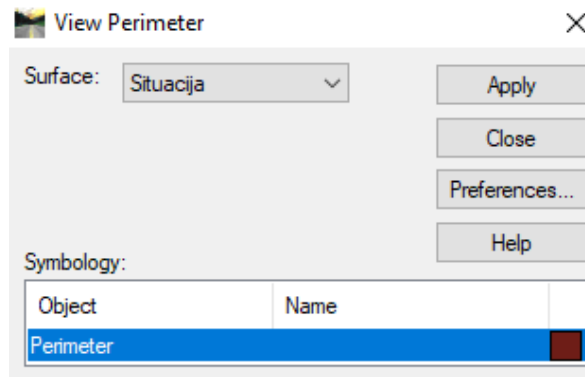
Nakon toga potrebno je kreirati blok-model terena.

Dobivena površina se postavi odnosno zarotira u **Top View** način pogleda. Površina se prikaže, a zatim slijede naredbe (slika 4-13 i 4-14):



Slika 4-13. Izrada perimetra

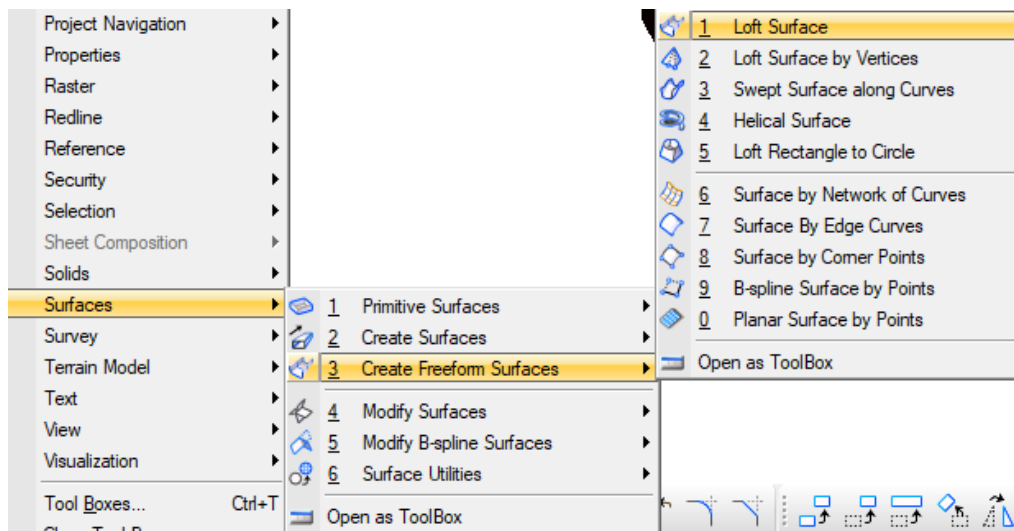
Zatim se odabire željena boja i level (*Preferences*) te potvrda s naredbom **Apply**.



Slika 4-14. Izrada perimetra

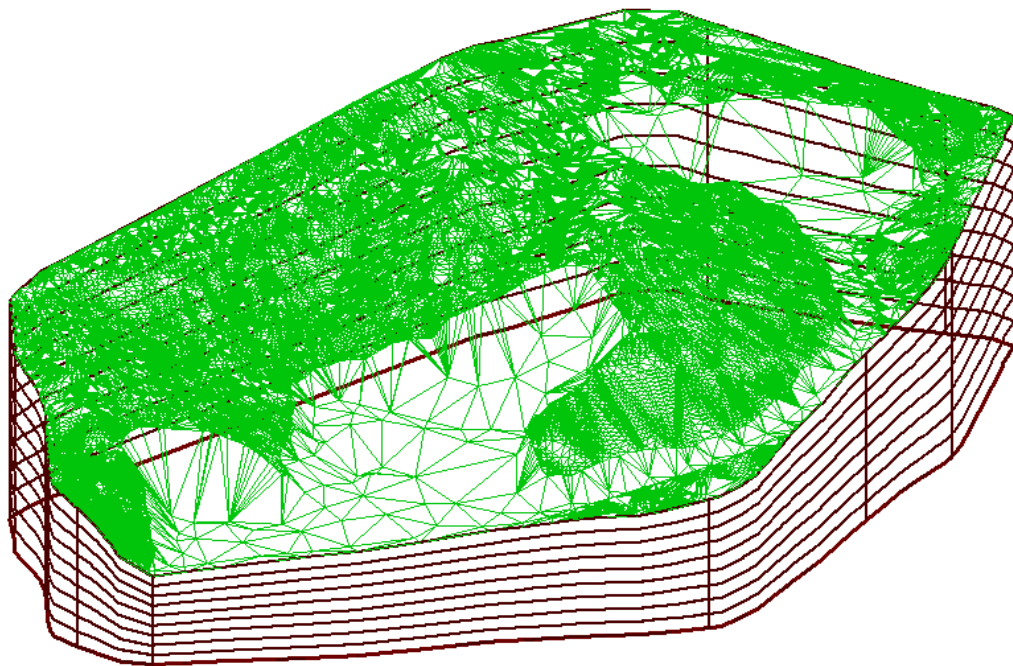
Dobiveni perimetar je potrebno kopirati u istu točku. Zatim ga pomoću ModZ aplikacije spustiti na nižu visinu, u ovom slučaju  $Z = -40$  m. Izrada blok-modela se dovršava pomoću naredbe **Loft** (slika 4-15):

**Tools** → **Surface** → **Create freeform surface** → **Loft surface**



Slika 4-15. Naredba Loft Surface

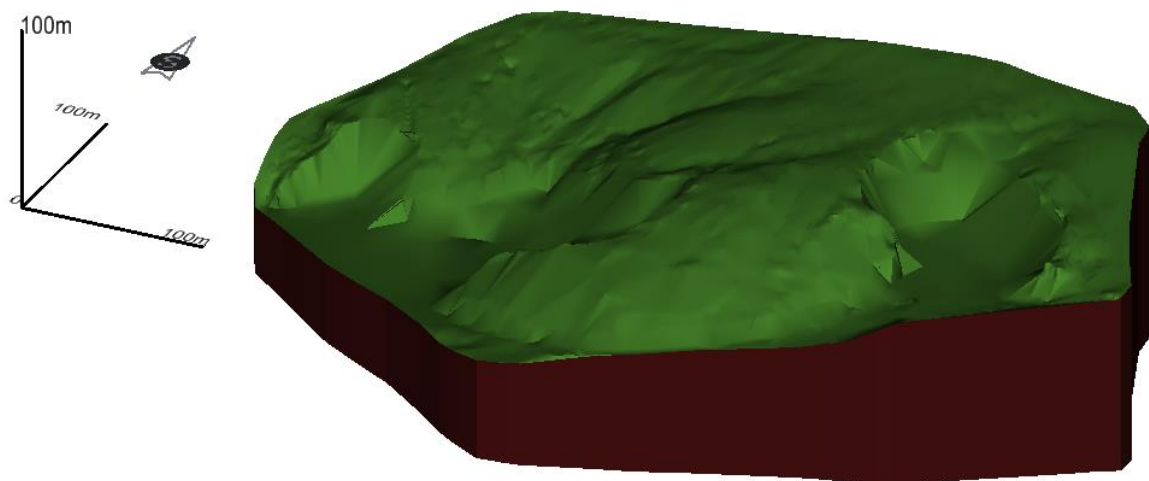
Dobiveni blok-model i krajnji izgled je prikazan na slici 4-16.



Slika 4-16. Žični blok-model postojećeg terena

Da se dobije realističniji prikaz postojećeg terena (slika 4-17), koristi se naredba:

**Display styles → smooth with shadows**



Slika 4-17. Ispunjeni (smooth) blok-model postojećeg terena



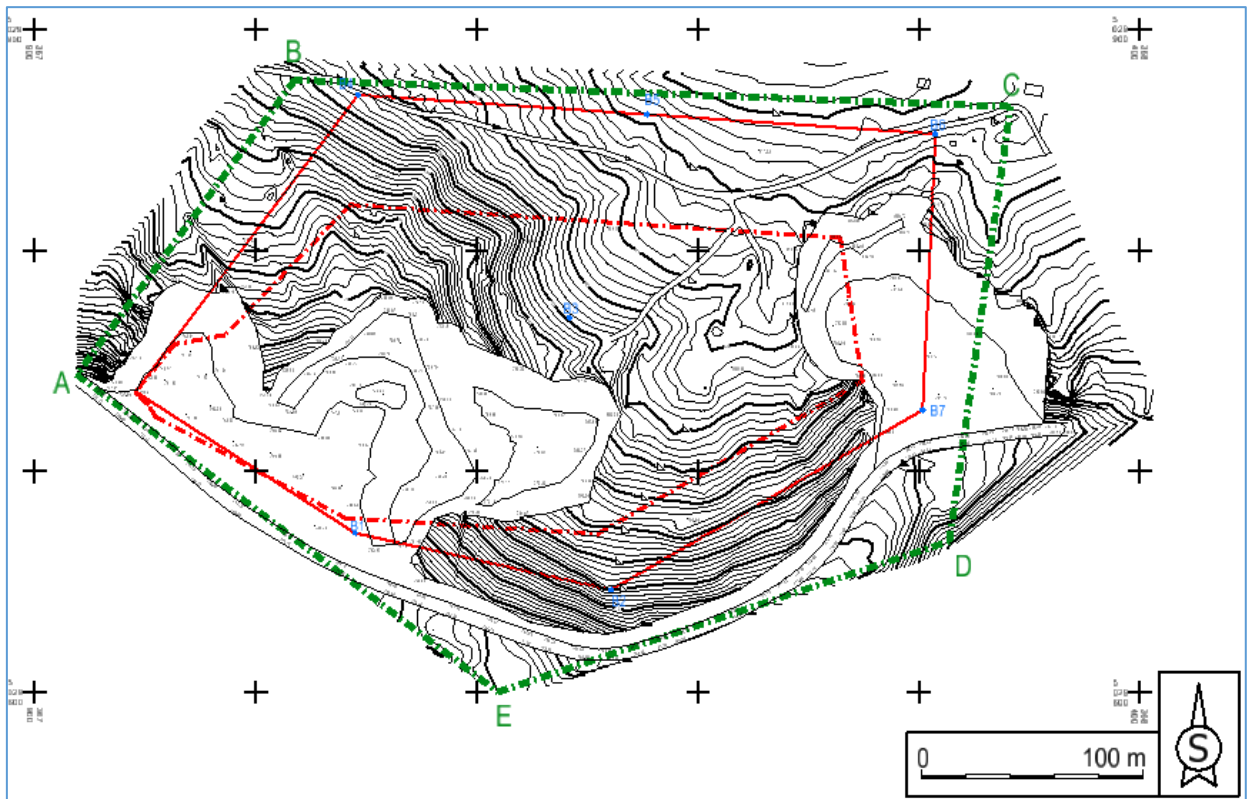
#### 4.4. Planirani istražni radovi na eksploatacijskom polju

Prema Pravilniku o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina (Narodne novine broj 46/2018), postavljeni su istražni radovi na temelju uobičajenih metoda istraživanja i detaljnog geološkog pregleda ležišta. Najveća udaljenost između istražnih radova za prvu skupinu B-kategorije rezervi iznosi 200 m te je to i osnova za utvrđivanje novih rezervi tehničko-građevnog kamena. U ovom slučaju potrebno je napraviti 7 istražnih bušotina do nivoa +740 m n.m. na cijelom eksploatacijskom polju. Koordinate bušotina i njihove duljine prikazana se u Tablici 4-1.

Tablica 4-1. Koordinate i duljine bušotina na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica"

<b>Bušotine</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>d (m)</b>
<b>B1</b>	368 044,80	5 029 672,09	26,51
<b>B2</b>	368 160,77	5 029 646,41	39,93
<b>B3</b>	368 141,94	5 029 769,51	60,44
<b>B4</b>	368 046,20	5 029 870,23	57,14
<b>B5</b>	368 176,86	5 029 861,41	75,88
<b>B6</b>	368 307,52	5 029 852,60	77,35
<b>B7</b>	368 301,72	5 029 727,67	41,38

Na slici 4-18. prikazan je prijedlog razmjesta novih istražnih radova te granice bilančnih i izvan bilančnih rezervi na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica" (Narodne novine broj 46/2018).



Slika 4-18. Prikaz razmještaja novih istražnih bušotina i granica rezervi B kategorije

#### 4.5. Razvoj i kreiranje završnog stanja kopa

Temeljem postojeće situacije površinskoga kopa tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica" te prijedloga novih istražnih radova i granica rezervi, izrađuje se plan razvoja kopa i kreira završno stanje. Završno stanje obuhvaća postupak izrade etaža.

Prvi korak je izrada etaža u 2D prikazu, zatim podizanje tih etaža na pripadajuću visinu (3D sustav), a nakon toga izrada blok-modela kao i za početnu situaciju. Nakon izrade etaža, određuje se završna kontura kopa koja prati slojnice. Za izradu etaža potrebni su sljedeći parametri:

- Kut nagiba etažne kosine,  $\alpha_e$  (°)
- Kut nagiba završne kosine,  $\alpha_z$  (°)
- Širina završne etaže,  $B$  (m)
- Projekciju etažne kosine,  $x_e$  (m)

- Projekciju završne kosine,  $x_z$  (m)
- Tangens kuta etažne kosine,  $\text{tg } \alpha_e$
- Tangens kuta završne kosine,  $\text{tg } \alpha_z$
- Broj etaža,  $n$

Širina radnih etaža iznosi 7 metara, kut nagiba etažne kosine  $\alpha_e$  iznosi  $70^\circ$ , a kut nagiba završne kosine  $\alpha_z$  je  $55^\circ$ , a ostale parametre odredimo izračunom. Broj etaža iznosi 5.

Projekcija etažne kosine računa se prema slijedećoj formuli:

(4-1)

$$x_e = \frac{h}{\text{tg} \alpha_e}$$

Gdje je:

$x_e$  – projekcija etažne kosine (m)

$h$  – visina etaže (m)

$\text{tg } \alpha_e$  – tangens kuta etažne kosine

Ako visina etaže iznosi  $h = 15$  m, a nagib etažne kosine  $70^\circ$ , projekcija etažne kosine iznosi 5,46 m.

Nakon toga slijedi izračun projekcije završne kosine. Projekcija završne kosine računa se prema formuli:

(4-2)

$$x_z = \frac{H}{\text{tg} \alpha_z}$$

Gdje je:

$x_z$  – projekcija završne kosine (m)

$H$  – ukupna visina (m)

$\text{tg } \alpha_z$  – tangens kuta završne kosine

Ako ukupna visina iznosi  $H = 79$  m, a nagib završne kosine  $55^\circ$ , projekcija završne kosine iznosi 55,32 m.

Širina etaže računa se prema slijedećoj formuli:

(4-3)

$$B = \frac{x_z - x_e \cdot (n - 1) - x_e}{n - 1}$$

Gdje je:

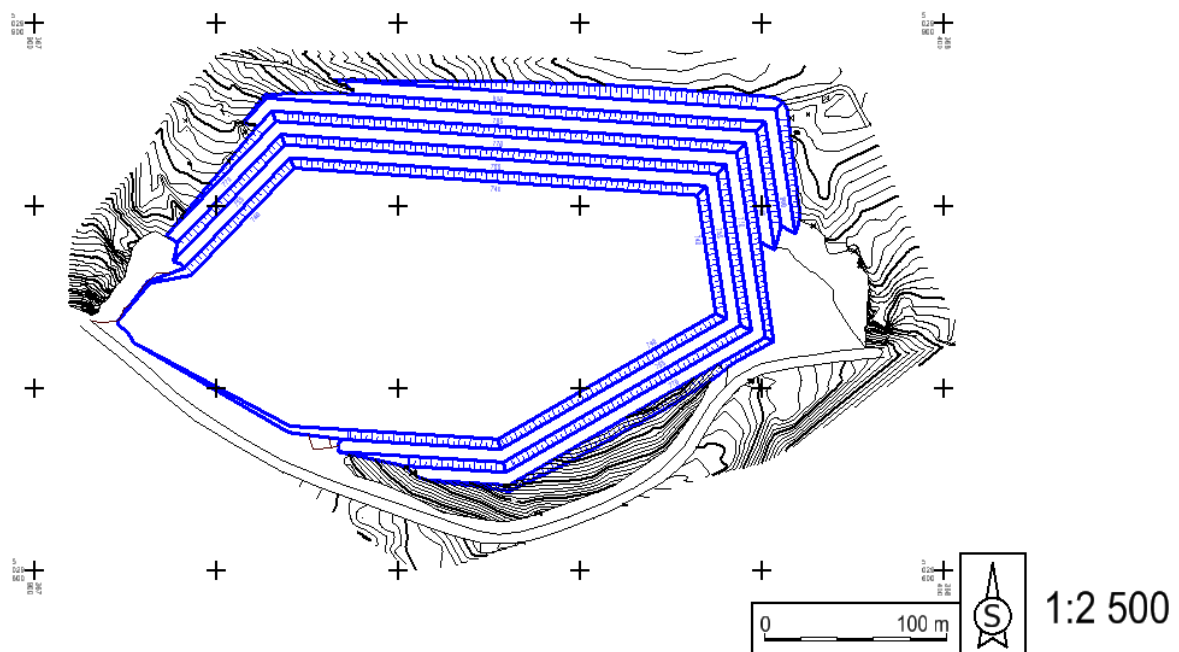
$x_z$  – projekcija završne kosine (m)

$x_e$  – projekcija etažne kosine (m)

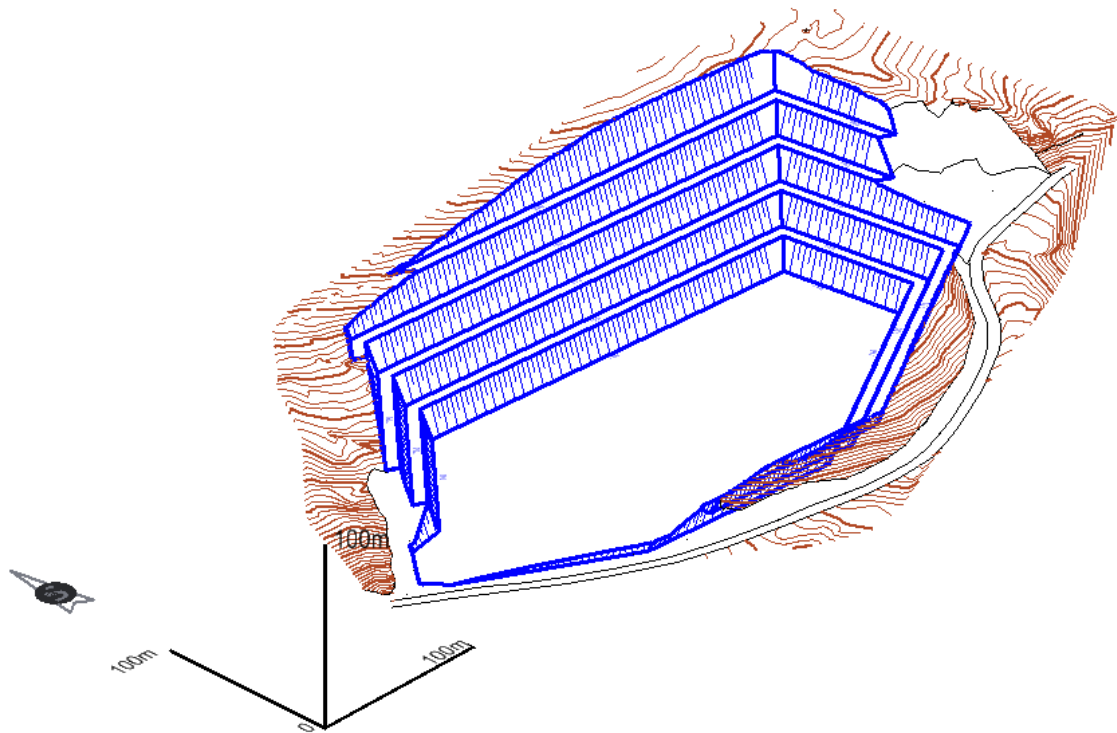
$n$  – broj etaža

Izračunata širina etaže iznosi 7 metara.

Projektirano stanje s podignutim etažama prikazano je na slici 4-19 i 4-20.

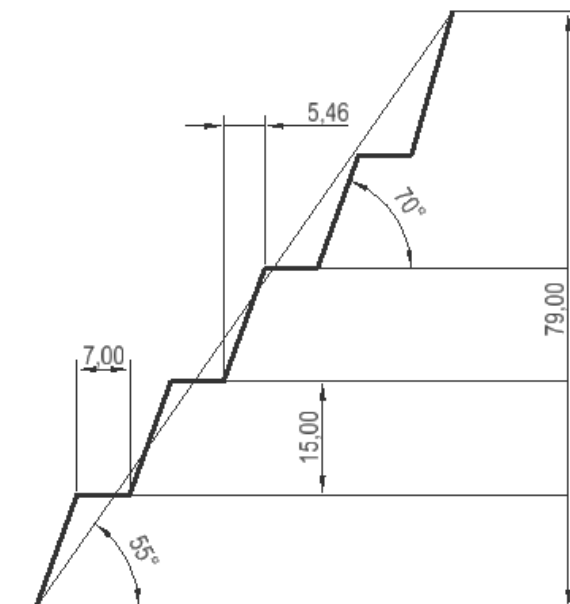


Slika 4-19. Projektirano stanje s podignutim etažama (2D sustav)



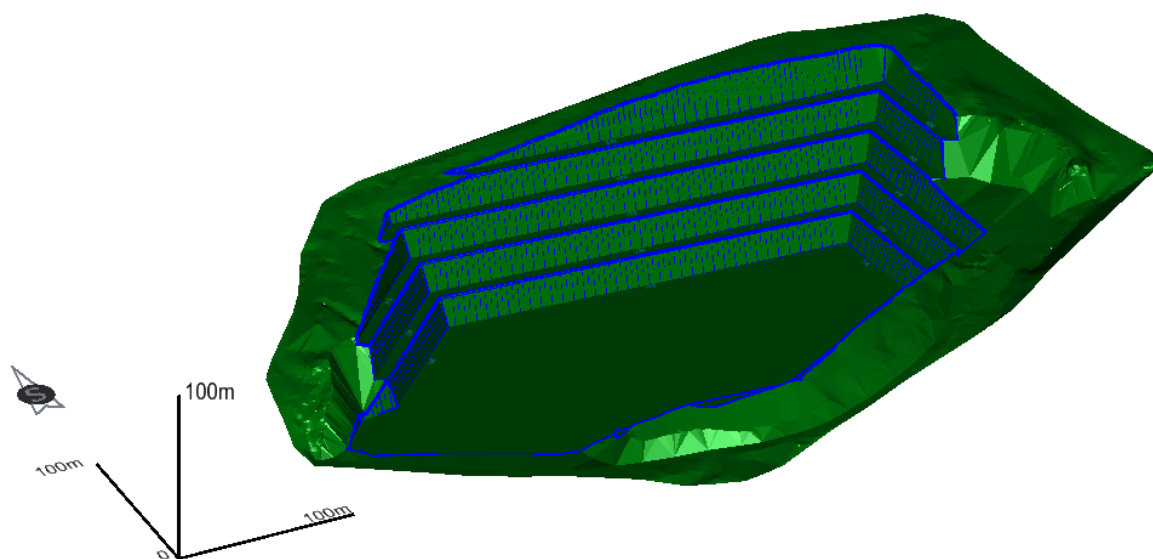
Slika 4-20. Projektirano stanje s podignutim etažama (3D sustav)

Shema završne kosine projektirane situacije prikazana je na slici 4-21.

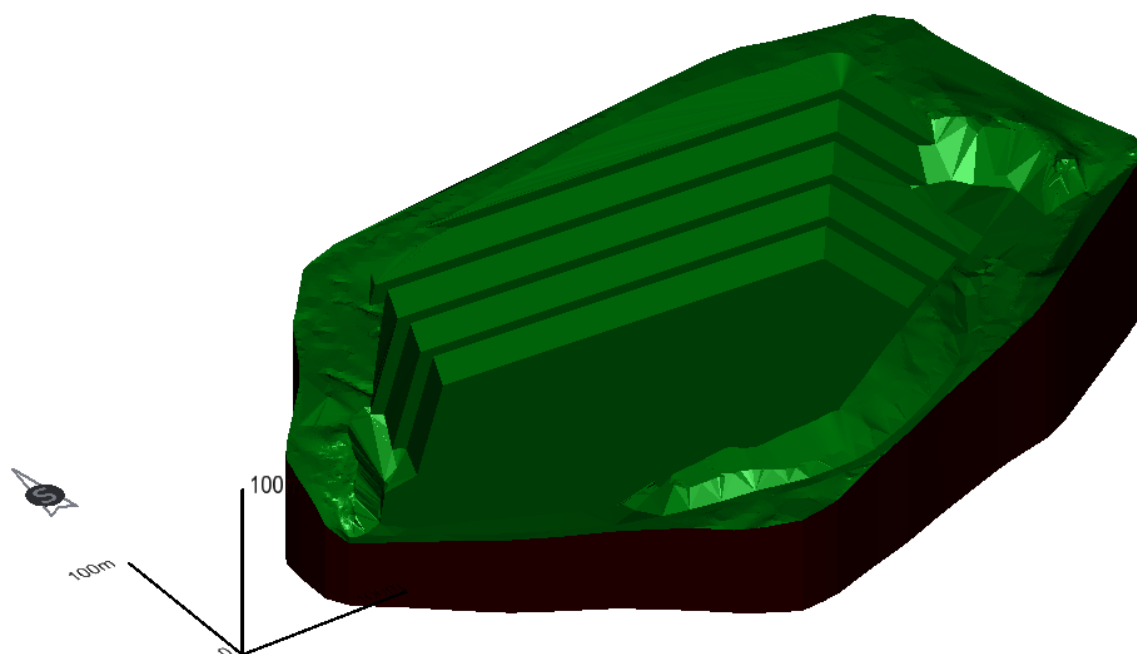


Slika 4-21. Shema završne kosine

Nakon podizanja etaža, slijedi postupak izrade blok-model projektiranog stanja na isti način kao i kod izrade blok-modela terena iz poglavlja 4-2. (Slike 4-22. i 4-23.).



*Slika 4-22. Triangulirana površina projektiranog stanja*

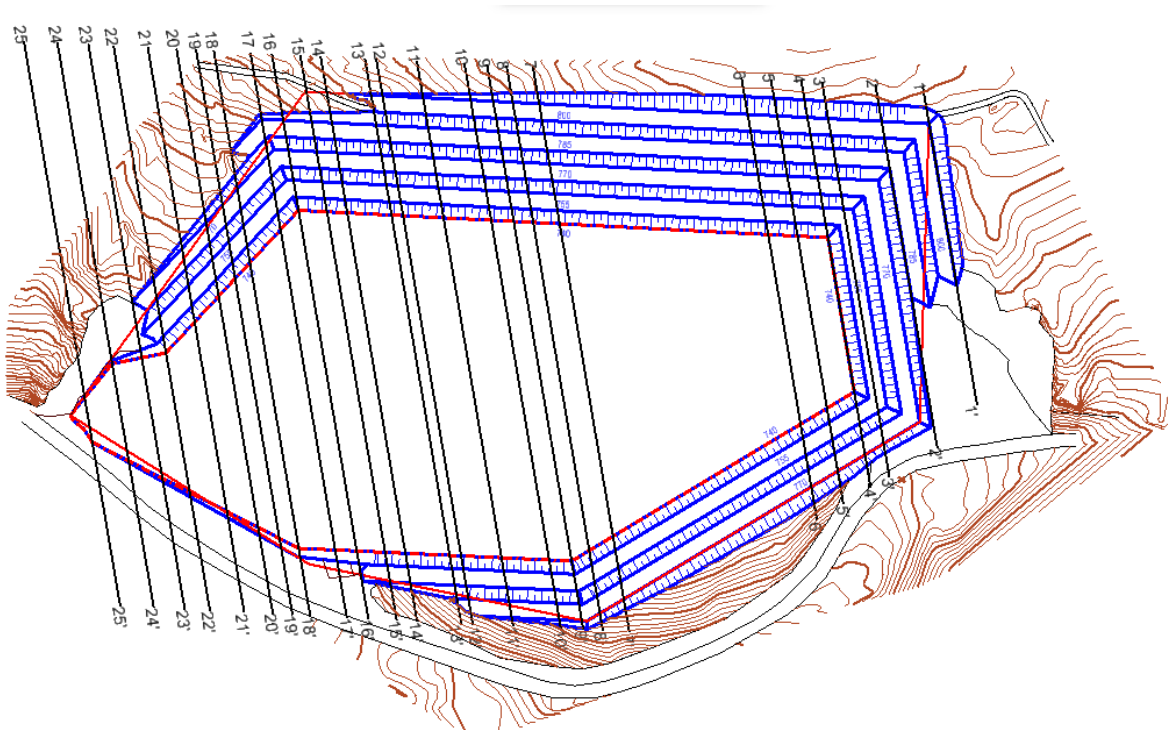


*Slika 4-23. Blok-model projektiranog stanja*

## 5. IZRADA PRESJEKA

Postupak izrade presjeka potreban je kako bi se proračunale bilančne i izvanbilančne rezerve. S obzirom na klasu, rezerve mineralne sirovine se dijele na bilančne i izvan bilančne. Bilančne rezerve su rezerve koje se mogu rentabilno eksploatirati postojećim tehnologijama, dok su izvan bilančne one koje najčešće ostaju u završnim kosinama i zaštitnim stupovima i ne mogu se u određenom trenutku rentabilno eksploatirati (NN 46/2018).

Postupak započinje tako da se napravi nova 2D datoteka u koju se učitava nova situacija (projektirano stanje) u obliku reference. Zatim se pomoću naredbe **Place line** postavi početni presjek, a onda pomoću naredbe **Move Parallel** se ta linija kopira paralelno za određenu udaljenost tako da presjeci prekriju čitavu površinu terena (Slika 5-1.). Presjeke je potrebno postaviti na dijelovima na kojima su vidljive promjene nagiba i oblika terena te kontura površinskog kopa. Presjeci se označavaju slovima ili brojevima, primjerice presjek 1-1', 2-2', 3-3', ovisno o broju presjeka.

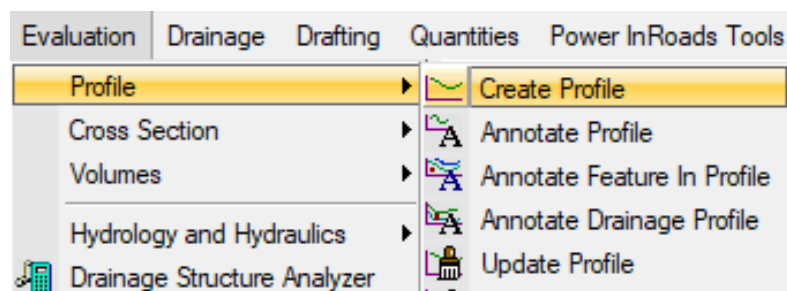


Slika 5-1. Postavljeni presjeci

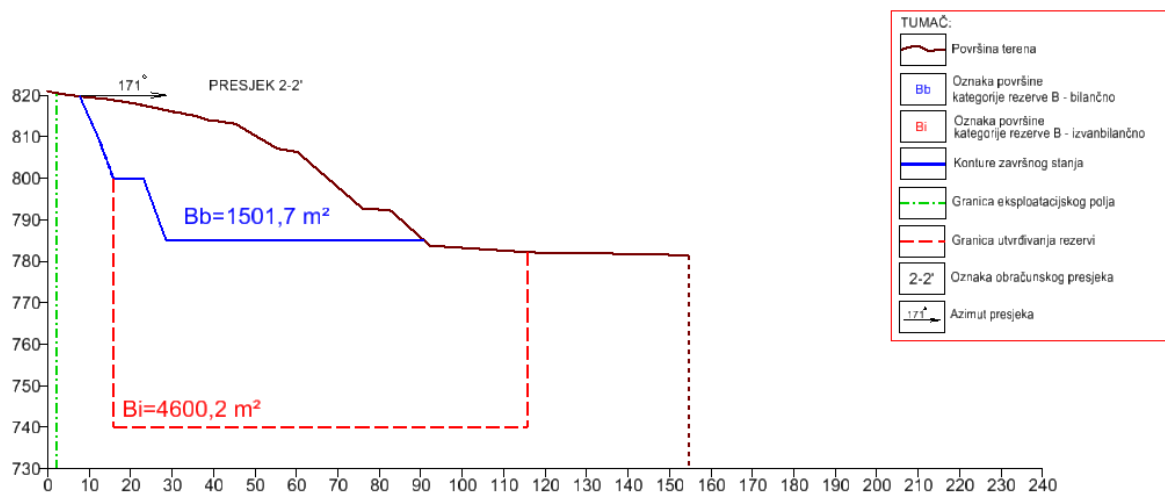
Postupak izrade presjeka obavlja se sljedećim naredbama (slika 5-2):

### Evaluation → Profile → Create profile

Kako bi dobili iscrtane presjeke potrebno je prilagoditi postavke. Dobiveni presjeci prikazuju različite površine (bilančne i izvan bilančne rezerve) koje se planimetriraju a rezultati se obrađuju prema metodi paralelnih presjeka. Primjer iscrtanog presjeka se nalazi na slici 5-3.



Slika 5-2. Postupak izrade presjeka



Slika 5-3. Primjer iscrtanog presjeka s tumačem



## 6. PRORAČUN OBUJMA REZERVI

### 6.1. Proračun obujma metodom paralelnih presjeka

Metoda proračuna obujma koja se koristi u ovom diplomskom radu je metoda paralelnih presjeka (Galić, 2017). Za svaki od presjeka iz poglavlja 5. izračunata je površina, zatim je potrebno dobiti srednju površinu susjednih blokova pomoću slijedećih formula:

(6-1)

$$P_{sr} = \frac{P_n + P_{n+1} + \sqrt{P_n \times P_{n+1}}}{3}$$

Formula za izračunavanje obujma blokova:

(6-2)

$$O_{n...n+1} = P_{sr} \times l_{n...n+1} = \frac{P_n + P_{n+1} + \sqrt{P_n \times P_{n+1}}}{3} \times l_{n...n+1}$$

Ukupni obujam računamo prema izrazu:

(6-3)

$$O = \sum_{i=1}^r O_i$$

Gdje je:

$O$  – ukupni obujam ( $m^3$ )

$P_{sr}$  – srednja površina ( $m^2$ )

$P_n$  – površina n-tog vertikalnog presjeka ( $m^2$ )

$P_{n+1}$  – površina n+1 vertikalnog presjeka ( $m^2$ )

$l_n$  – udaljenost između n-tog i n+1 presjeka (m)

$n$  – broj presjeka

$r$  – ukupni broj blokova (broj presjeka-1)

$i$  – broj blokova

Za proračun obujma mineralnih rezervi na eksploatacijskom polju korišten je računalni program Excel, u kojem se formira proračunska tablica, unesu ulazni podaci te izračuna obujam prema formulama. Proračun obujma prikazan je u tablici 6-1.

Tablica 6-1. Proračun obujma mineralnih rezervi

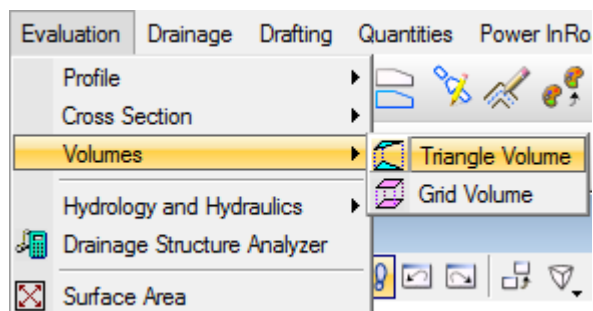
<b>B kategorija – ukupni obujam</b>					
<b>Presjek</b>	<b>Blok</b>	<b>POVRŠINA, <math>m^2</math></b>		<b>Udaljenost presjeka <math>l, m</math></b>	<b>Obujam <math>Ob=P_{sr} * l</math>  <math>m^3</math></b>
		<b><math>P_{pres.}</math></b>	<b><math>P_{sr}</math></b>		
1-1'	I	855,3	1163,4	19,50	22687,05
2-2'		1501,7			
2-2'	II	1501,7	2953,6	21,90	64683,08
3-3'		4701,8			
3-3'	III	4701,8	5487,7	8,50	46645,87
4-4'		6313,2			
4-4'	IV	6313,2	6890,9	12,44	85723,27
5-5'		7485,3			
5-5'	V	7485,3	8162,9	12,04	98281,91
6-6'		8859,9			

6-6'	VI	8859,9	9862,4	85,47	842935,1
7-7'		10900,0			
7-7'	VII	10900,0	10719,30	10,83	116089,97
8-8'		10539,6			
8-8'	VII	10539,6	10316,75	8,00	82534,03
9-9'		10095,5			
9-9'	IX	10095,5	9800,28	9,23	90456,61
10-10'		9508,0			
10-10'	X	9508,0	8841,94	19,52	172594,62
11-11'		8192,2			
11-11'	XI	8192,2	7401,33	16,60	122862,14
12-12'		6637,7			
12-12'	XII	6637,7	6377,30	4,70	29973,32
13-13'		6120,4			
13-13'	XIII	6120,4	5405,37	18,14	98053,50
14-14'		4720,6			
14-14'	XIV	4720,6	4479,22	8,33	37311,90
15-15'		4242,1			
15-15'	XV	4242,1	3957,11	11,63	46021,16
16-16'		3678,8			
16-16'	XVI	3678,8	3454,52	8,82	30468,90
17-17'		3235,0			
17-17'	XVII	3235,0	2964,92	14,98	44414,46
18-18'		2702,8			
18-18'	XVIII	2702,8	2582,78	7,25	18725,19
19-19'		2464,6			
19-19'	XIX	2464,6	2335,84	8,04	18780,14
20-20'		2209,4			
20-20'	XX	2209,4	1942,55	11,77	22863,77
21-21'		1687,4			
21-21'	XXI	1687,4	1106,67	14,03	15526,55
22-22'		614,4			
22-22'	XXII	614,4	372,82	10,33	3851,24
23-23'		175,6			
23-23'	XXIII	175,6	121,08	12,68	1535,29
24-24'		73,8			
24-24'	XXIV	73,8	39,26	13,75	539,80
25-25'		13,0			
<b>UKUPNO</b>					<b>2 113 558,87</b>

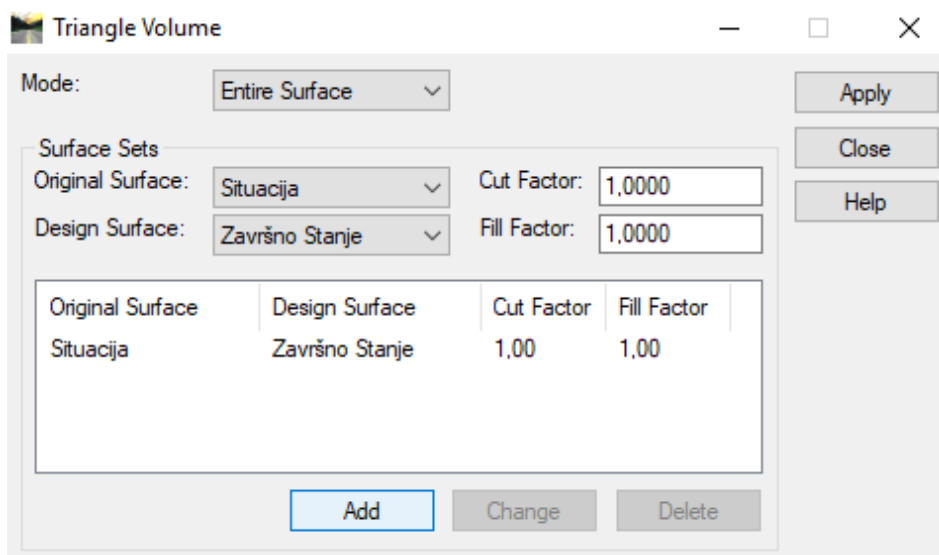
Prema metodi paralelnih presjeka ukupni obujam za utvrđivanje bilančnih rezervi na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica" iznosi 2 113 559 m<sup>3</sup>.

## 6.2. Proračun obujma rezervi metodom računalnog modeliranja

Druga metoda kojom smo izmjerili obujam mineralnih rezervi je metoda računalnog modeliranja. Obujam je izračunat korištenjem računalnog programa *Power InRoads*. Najprije se unesu podaci iz istražnih bušotina i rudarskih radova, zatim se napravi 3D simulacija položaja bušotina i rudarskih radova, kao i topografije terena i model kontura ležišta. Prvu površinu predstavlja topogafski model terena (engl. *original surface*), a drugu površinu model završnog stanja (projektirano stanje) odnosno granice kopa (engl. *design surface*). Svrha programa je zbrojiti-integrirati diferencijalne vrijednosti obujma između modeliranih površina pomoću naredbe **Triangle Volume**. (Slike 6-1. i 6-2.)

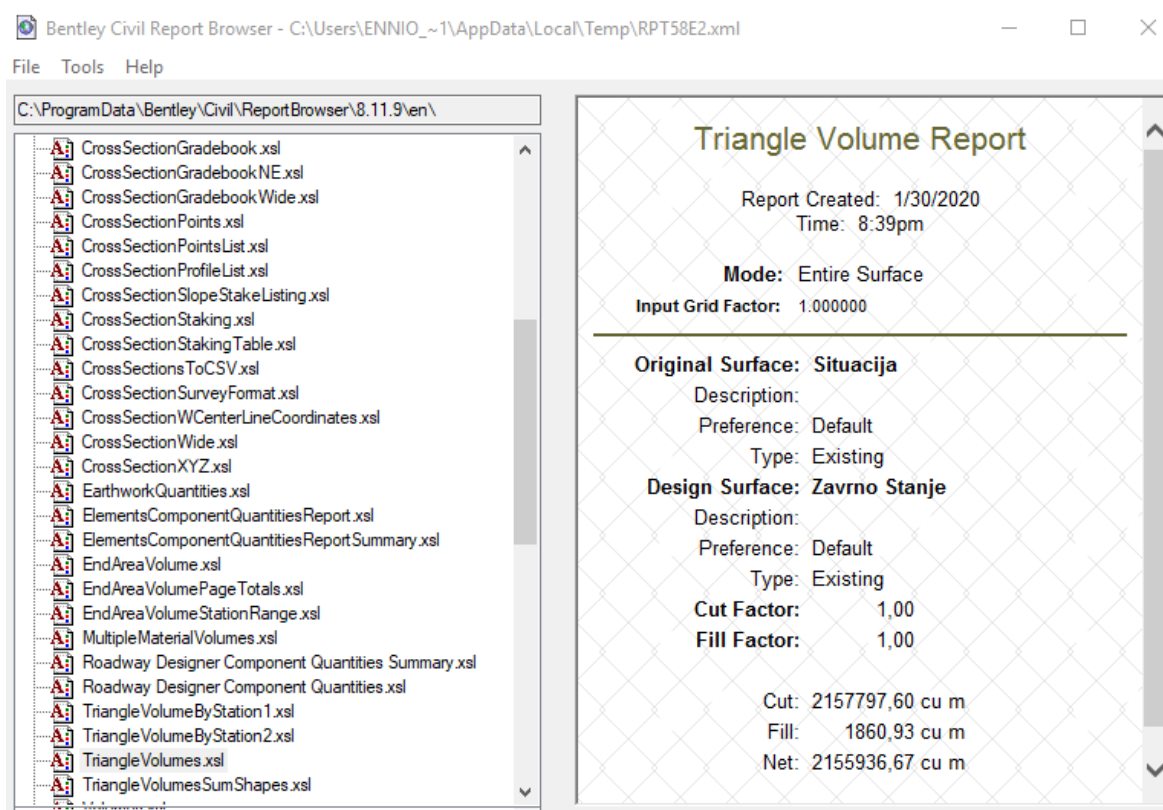


Slika 6-1. Naredba *Triangle Volume*-odabir alata



Slika 6-2. Naredba Triangle Volume-odabir površina

Rezultati proračuna obujma metodom računalnog modeliranja prikazani su na slici 6-3.



Slika 6-3. Rezultati proračuna obujma metodom računalnog modeliranja

Na slici 6-3. prikazane su vrijednosti Cut, Fill i Net. Cut ( $2\,157\,798\text{ m}^3$ ) izražava obujam otkopanog materijala dok Fill ( $1861\text{ m}^3$ ) izražava obujam nasipnog materijala. Vrijednost Net ( $2\,155\,937\text{ m}^3$ ) predstavlja razliku između vrijednosti Cut i Fill izraženih u

kubičnim metrima. Ta razlika u stvarnosti predstavlja odstupanje programa prilikom kreiranja 3D modela zbog manje gustoće geodetskih točaka. Ta se vrijednost zanemaruje jer iznosi manje od 1 % (Soldo i Šetka, 2016).

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu prikazano je i opisano korištenje modernih računalnih programa za izradu trodimenzionalnih modela ležišta i površinskog kopa tehničko-građevnog kamena. Korištenje suvremenih računalnih programa olakšava i pojednostavljuje složene poslove rudarskog inženjera. U ovom radu je korišten je Bentley-ev program *Power InRoads* na primjeru eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena "Ciganska Dražica" u blizini Delnice.

Obuhvaćen je trodimenzionalni prikaz eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamenog s početnom situacijom samog terena i planiranih rudarskih radova za projektirano stanje površinskog kopa. Napravljen je proračun obujma rezervi primjenom dviju metoda; metode računalnog modeliranja i metode paralelnih presjeka.

Obujam za proračun bilančnih rezervi na temelju metode paralelnih presjeka iznosi 2 113 559 m<sup>3</sup>, dok je metodom računalnog modeliranja dobivena vrijednost 2 155 937 m<sup>3</sup>. Na temelju usporedbe ovih dviju vrijednosti dobivenih dvjema različitim metodama, primjećujemo da odstupanje iznosi oko 2%. Takvo odstupanje je izuzetno prihvatljivo jer u rudarskoj praksi maksimalno odstupanje za B-kategoriju rezervi iznosi 20%. Odstupanje bi se moglo dodatno smanjiti povećanjem broja presjeka.

Na kraju, sa sigurnošću se može potvrditi da je primjena računalnih programa u rudarskoj struci od velikog značaja radi postizanja točnosti, brzine i jednostavnosti pri modeliranju ležišta i rudarskih radova te konačno pri različitim proračunima rezervi i ekonomskih vrijednosti.

## 8. POPIS LITERATURE

Galić, I. i Farkaš, B. 2011. *Interna skripta Primijenjeni računalni programi*. Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Krasić, O. 2018. *Zahtjev za izdavanje odobrenja za dodatno istraživanje tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica", Delnice*.

Kordić, S. 2005. *Elaborat o rezervama tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Ciganska Dražica", Split*.

Narodne novine br. 46/2018 *Pravilnik o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina*, Zagreb: Narodne novine d.d.

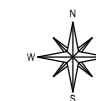
Soldo, I. i Šetka, I. 2016. *Projektiranje u rudarstvu*. Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Savić, D. i Dozet, S. 1984. *Osnovna Geološka karta SFRJ Delnice*

Šteko V. 2017. *Program zaštite zraka, ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskih promjenama u primorsko-goranskoj županiji za razdoblje 2019.-2022. Projekt*. Zagreb: Zelena infrastruktura d.o.o.

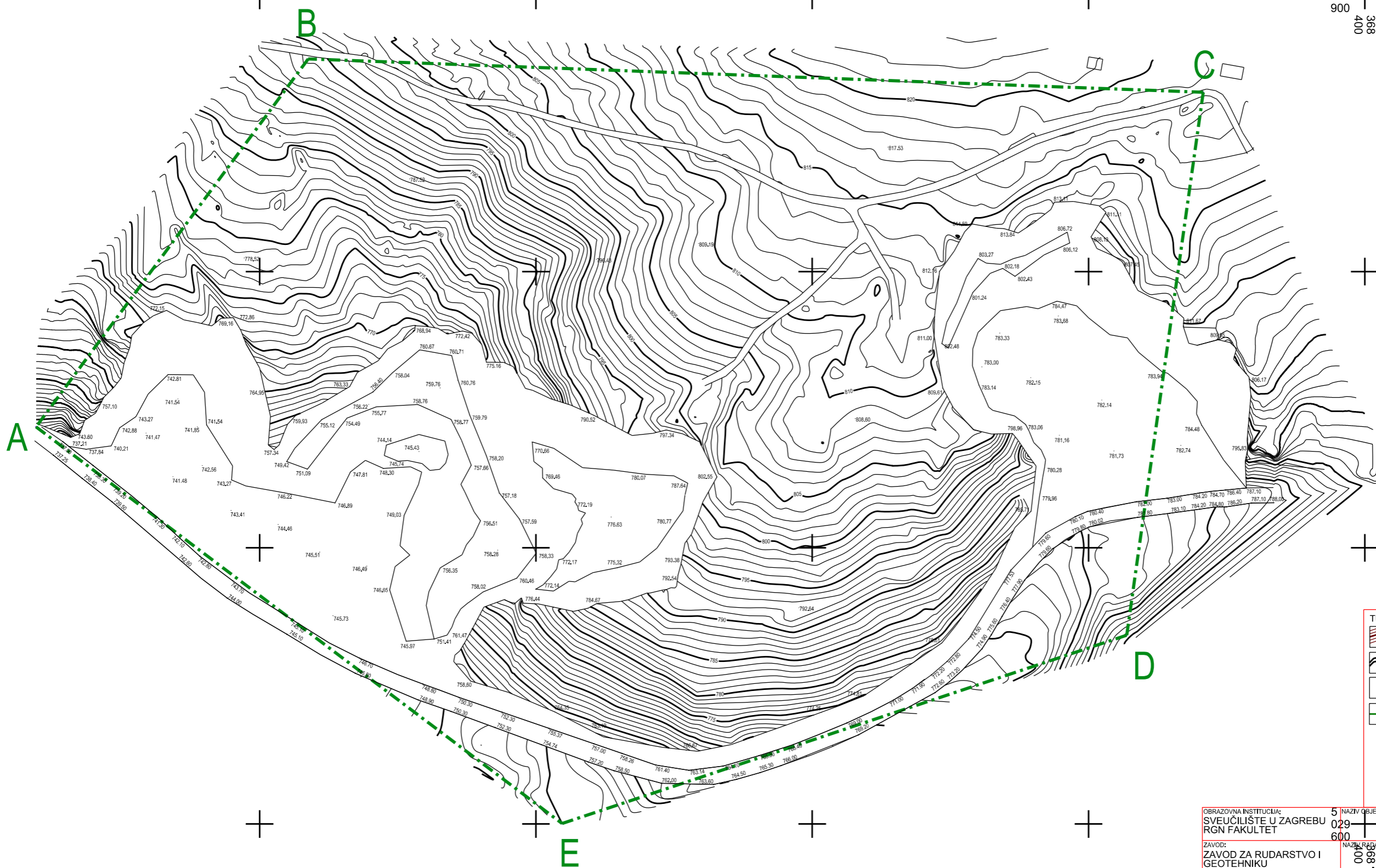
Mineral resources in Croatia. URL: <https://resources-croatia.giscloud.com/> (17.1.2020)





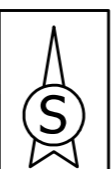
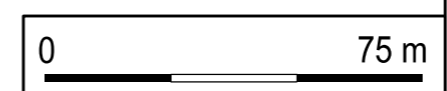
5  
029  
900  
367

5  
029  
900  
400  
368



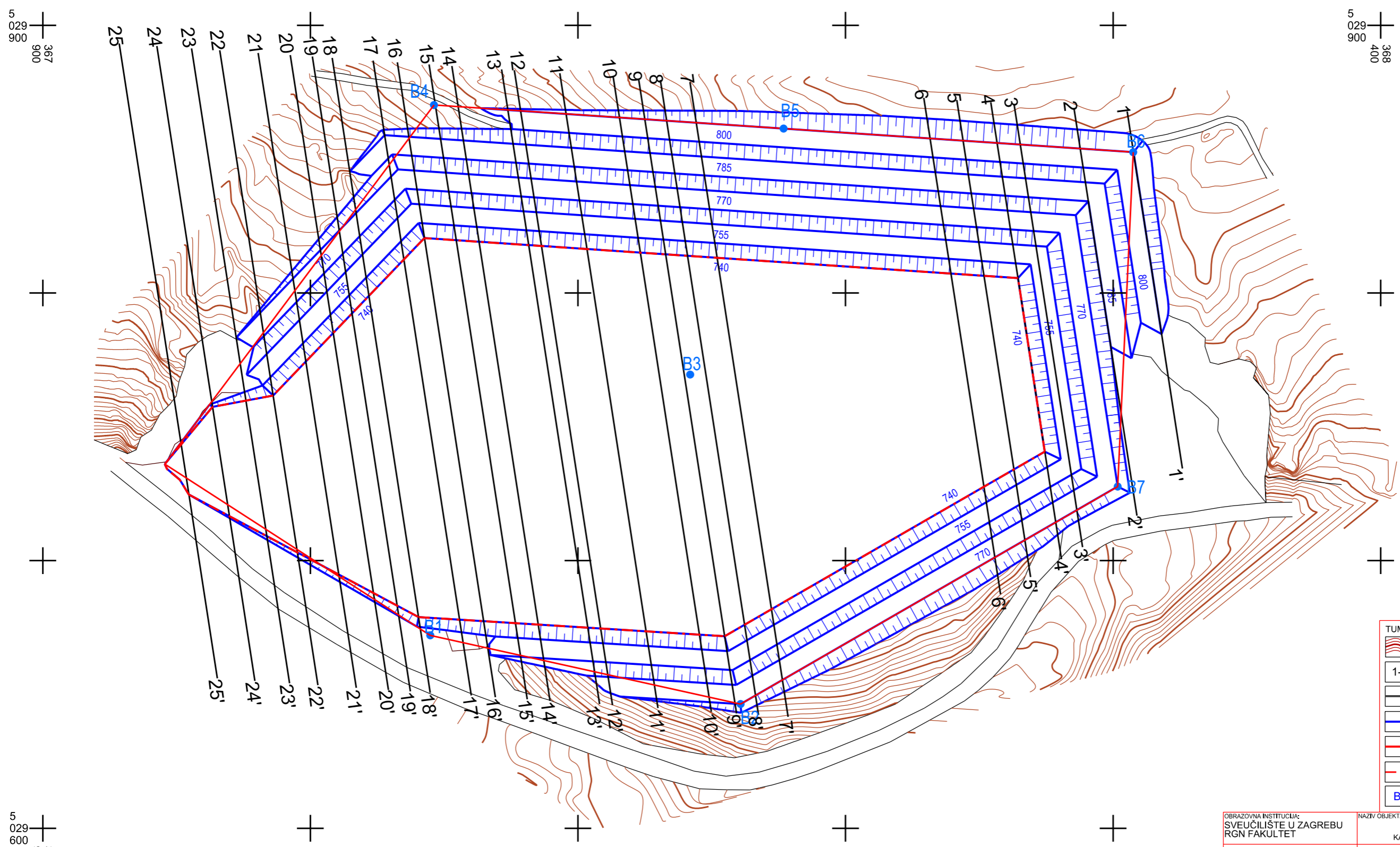
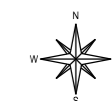
5  
029  
600  
367  
900

- TUMAČ:**
- Slojnice
  - Ceste i put
  - Koordinatni križić
  - Granica eksploatacijskog polja



1:1 500

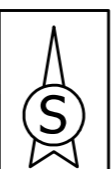
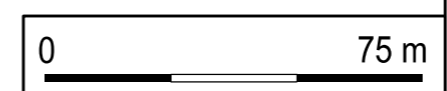
OBRAZOVNA INSTITUCIJA: SVEUČILIŠTE U ZAGREBU RGN FAKULTET		5 029 600	NAZIV OBJEKTA: EKSPLOATACIJSKO POLJE TEHNIČKO-GRAĐEVNOG KAMENA "CIGANSKA DRAŽICA"	008 368	DATUM: 14.02. 2020.
ZAVOD: ZAVOD ZA RUDARSTVO I GEOTEHNIKU		NAZIV RADA: MODELIRANJE GRANICA REZERV I POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU „CIGANSKA DRAŽICA“			
VODITELJ: Izv. prof. Ivo Galić, dipl. ing. rud.					
STUDENT: Ennio Hadžić					
MJERILO: 1:1500	NAZIV PRIOGA: SITUACIJSKA KARTA			PRILOG: 1	



TUMAČ:

	Slojnice
	Oznaka presjeka
	Presjeci
	Elaže
	Granice B rezervi
	Završna kosina
	Oznaka presjeka

OBRAZOVNA INSTITUCIJA: SVEUČILIŠTE U ZAGREBU RGN FAKULTET	NAZIV OBJEKTA: EKSPLOATACIJSKO POLJE TEHNIČKO-GRAĐEVNOG KAMENA "CIGANSKA DRAŽICA"	DATUM: 14.02. 2020.
ZAVOD ZA RUDARSTVO I GEOTEHNIKU	MODELIRANJE GRANICA REZERV I POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU „CIGANSKA DRAŽICA“	
VODITELJ: Izv. prof. Ivo Galić, dipl. ing. rud.		
STUDENT: Ennio Hadžić		
MJERILO: 1:1500	NAZIV PRILOGA: KARTA REZERV I	PRILOG: 2



1:1 500

5  
029  
900  
367

5  
029  
900  
368

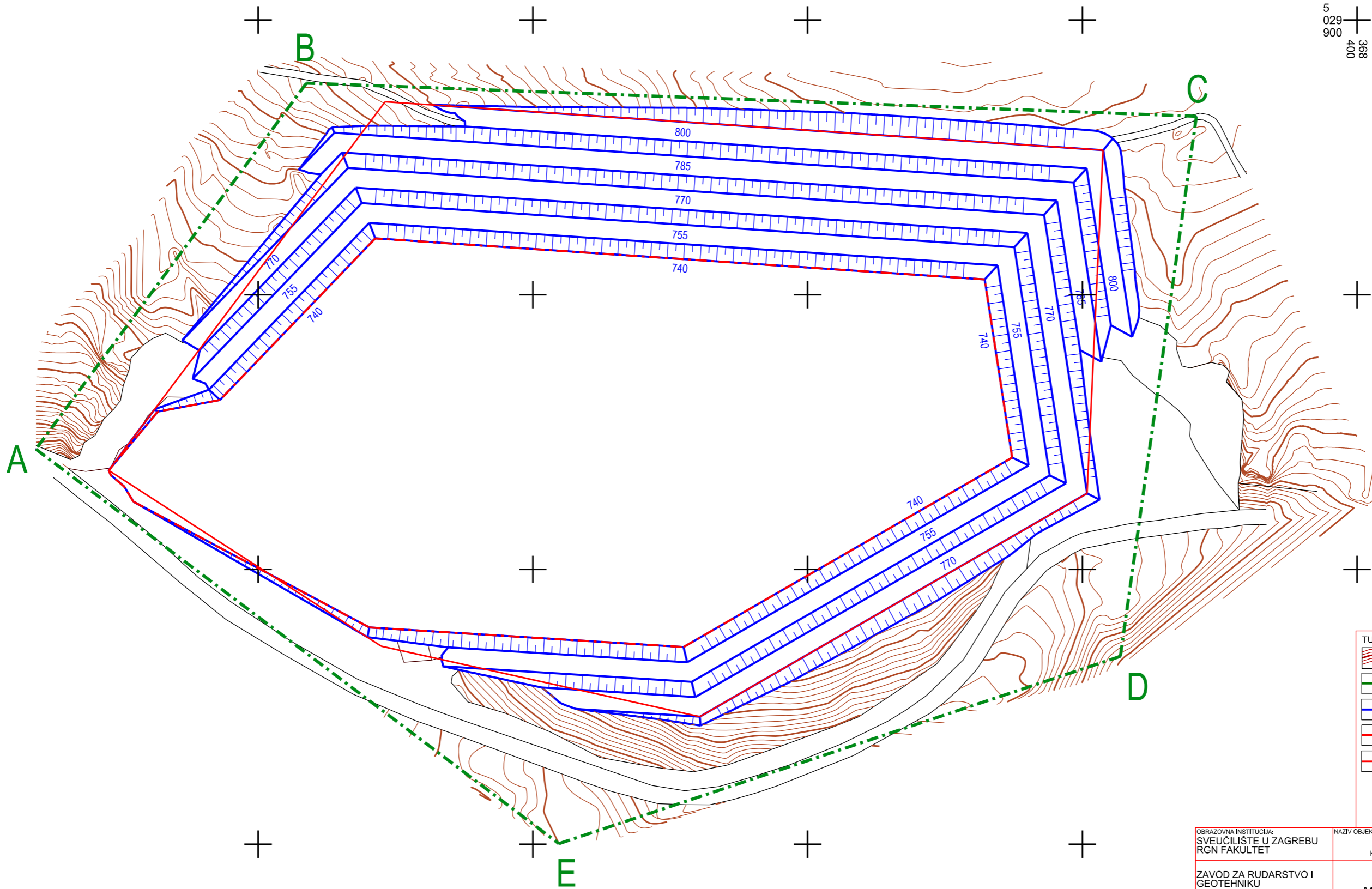
5  
029  
600  
367



5  
029  
900  
367

5  
029  
900  
400  
368

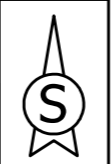
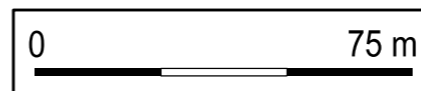
5  
029  
600  
367  
900



TUMAČ:

	Slojnice
	Granice eksploatacijskog polja
	Etaže
	Granice B rezervi
	Završna kosina

OBRAZOVNA INSTITUCIJA: SVEUČILIŠTE U ZAGREBU RGN FAKULTET	NAZIV OBJEKTA: EKSPLOATACIJSKO POLJE TEHNIČKO-GRAĐEVNOG KAMENA "CIGANSKA DRAŽICA"	DATUM: 14.02. 2020.
ZAVOD ZA RUDARSTVO I GEOTEHNIKU	MODELIRANJE GRANICA REZERV I POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU „CIGANSKA DRAŽICA“	
VODITELJ: Izv. prof. Ivo Galić, dipl. ing. rud.		
STUDENT: Ennio Hadžić		
MJERILO: 1:1500	NAZIV PRILOGA: KARTA ZAVRŠNOG STANJA	PRILOG: 3

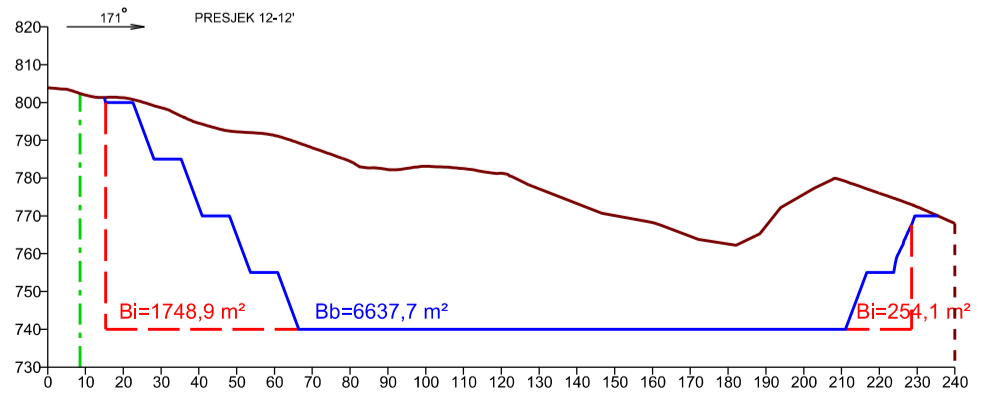
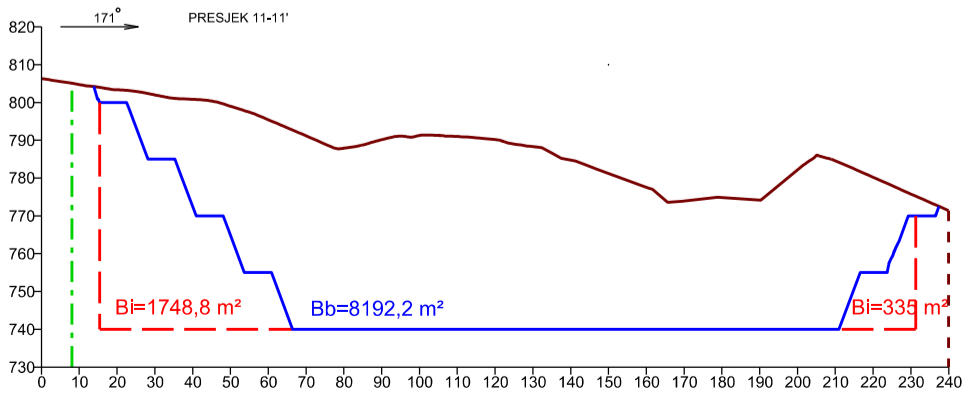
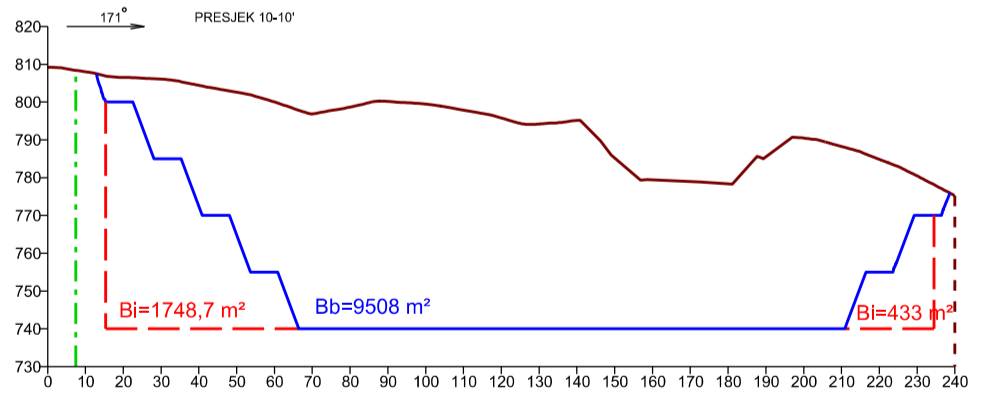
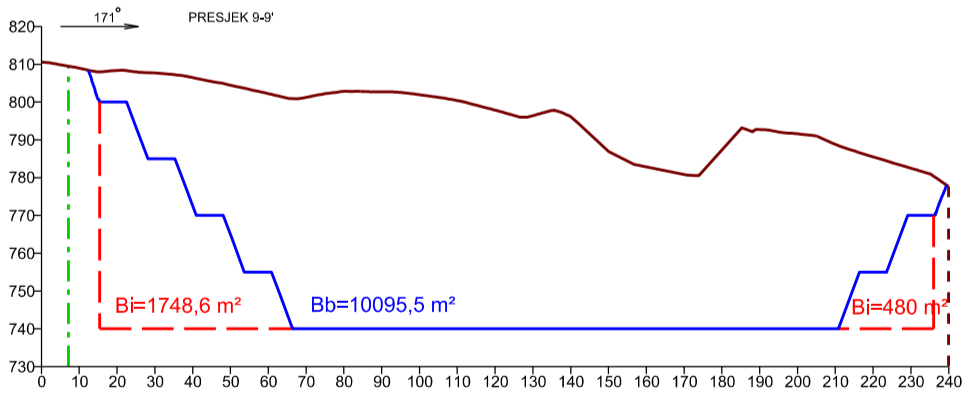
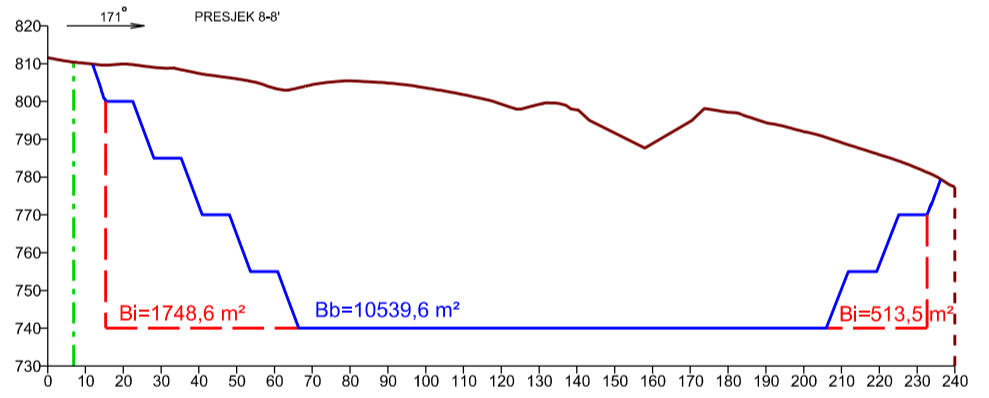
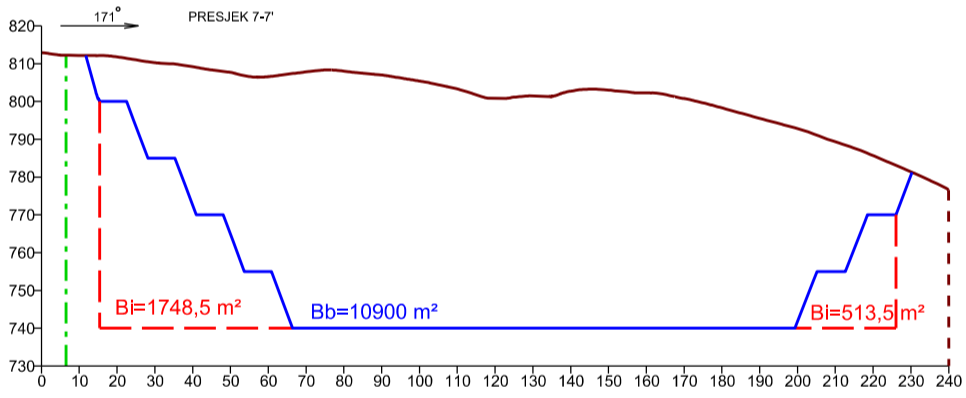
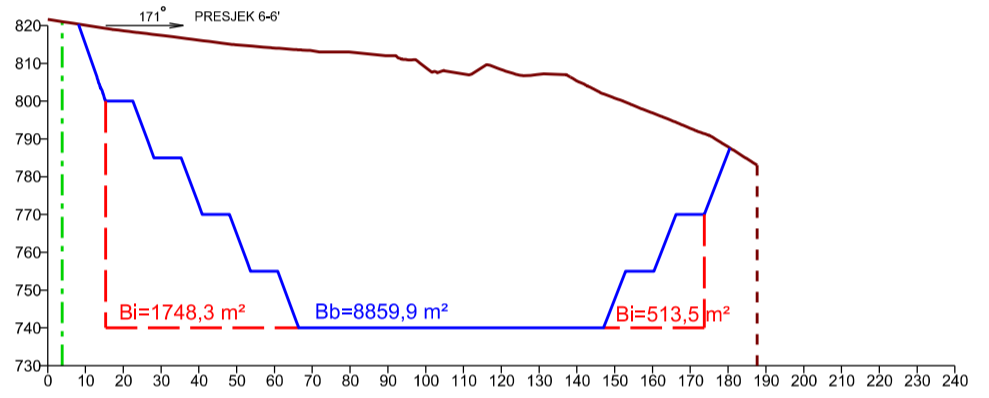
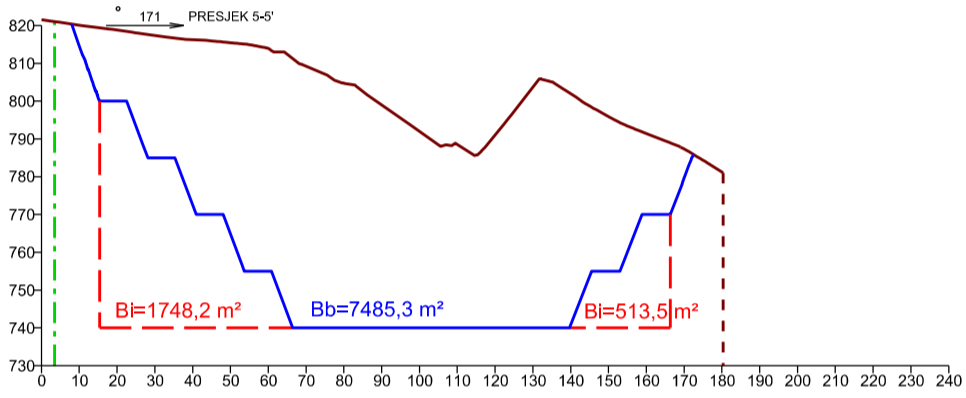
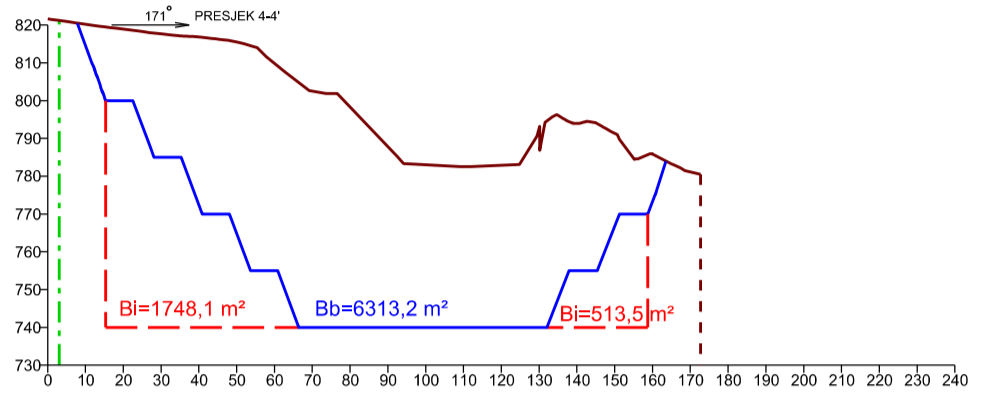
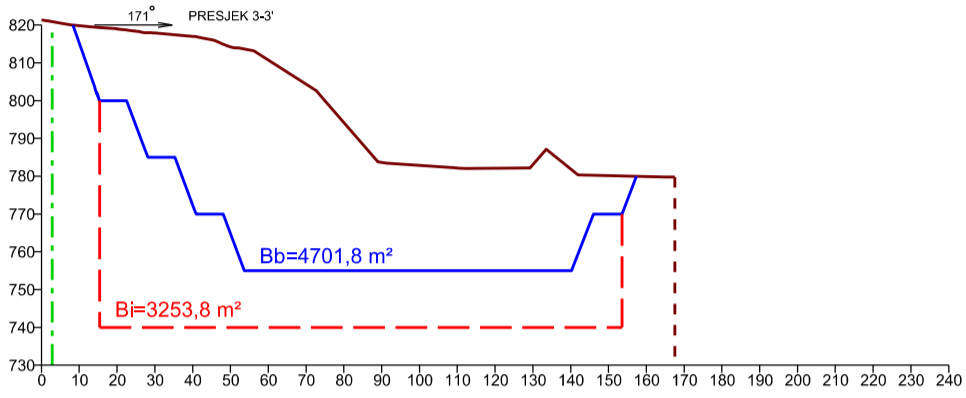
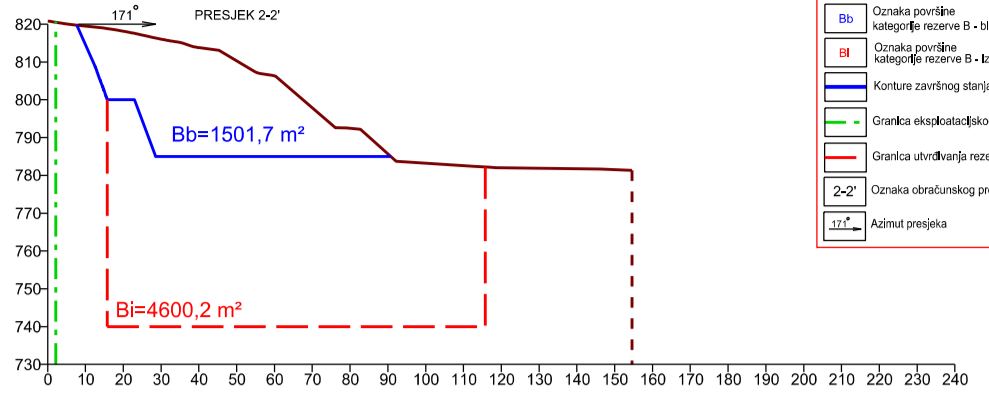
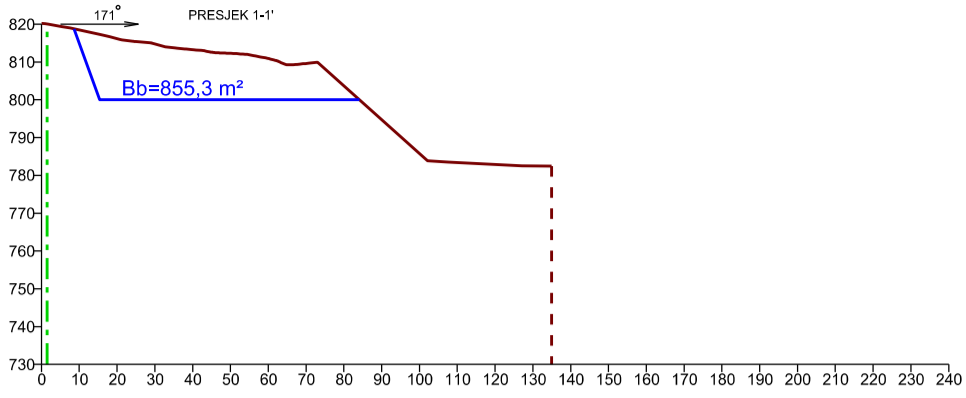


1:1 500

OBRAZOVNA INSTITUCIJA: <b>SVEUČILIŠTE U ZAGREBU RGN FAKULTET</b>		NAZIV OBJEKTA: <b>EKSPLOATACIJSKO POLJE TEHNIČKO-GRAĐEVNOG KAMENA "CIGANSKA DRAŽICA"</b>	DATUM: <b>14.02. 2020.</b>
ZAVOD: <b>ZAVOD ZA RUDARSTVO I GEOTEHNIKU</b>		NAZIV RADA:  <b>MODELIRANJE GRANICA REZERVI I POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU „CIGANSKA DRAŽICA“</b>	
VODITELJ: <b>Izv. prof. Ivo Galić, dipl. ing. rud.</b>			
STUDENT: <b>Ennio Hadžić</b>			
MJERILO: <b>1:2000</b>	NAZIV PRILOGA: <b>OBRAČUNSKI PRESJECI</b>	PRILOG: <b>4</b>	

TUMAČ:

	Površina terena
	Oznaka površine kategorije rezerve B - bitančno
	Oznaka površine kategorije rezerve B - izvanbitančno
	Konture završnog stanja
	Granica eksploatacijskog polja
	Granica utvrđivanja rezervi
	Oznaka obračunskog presjeka
	Azimet presjeka



OBRAZLOŽENJE: SVEUČILIŠTE U ZAGREBU RGN FAKULTET	NAZIV OBJEKTA: EKSPLOATACIJSKO POLJE "CIGANSKA DRAŽICA"	DATA: 14.02. 2020.	<b>TUMAČ:</b> 
ZAVOD: ZAVOD ZA RUDARSTVO I GEOTEHNIKU	NAZIV RADA: MODELIRANJE GRANICA REZERVE I POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU "CIGANSKA DRAŽICA"		
VOĐITELJ: Izv. prof. Ivo Galić, dipl. ing. rud.			
STUDIJENT: Ervin Hadžić			
MJERLO: 1:2000	OBRAČUNSKI PRESJECI	PRELOG: 5	

