Modeliranje područja Jedrinje u cilju istraživanja i eksploatacije ležišta arhitektonsko-građevnog kamena

Kovačević, Andrej

Undergraduate thesis / Završni 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:169:501587

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

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

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij rudarstva

MODELIRANJE PODRUČJA „JEDRINJE“ U CILJU ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA

Završni rad

Andrej Kovačević

R4310

Zagreb, 2020.

KLASA: 602-04/20-01/165
URBROJ: 251-70-03-20-3
U Zagrebu, 07.09.2020.

Andrej Kovačević, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/165, UR.BROJ: 251-70-11-20-1 od 13.05.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

MODELIRANJE PODRUČJA „JEDRINJE“ U CILJU ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Ivo Galić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Doc. dr. sc. Dubravko Domitrović

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Završni rad

MODELIRANJE PODRUČJA „JEDRINJE“ U CILJU ISTRAŽIVANJA I EKSPLOTACIJE LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA

Andrej Kovačević

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

Sažetak

U završnom radu je opisan postupak izrade trodimenzionalnog modela terena i ležišta krednih vanpnenaca kao arhitektonsko-građevnog kamena područja „Jedrinje“ te proračun rezervi ležišta. Modeliranje ležišta i proračun rezervi obavljen je primjenom programa „OpenRoads Designer“ i „Power InRoads“.

Ključne riječi: Jedrinje, OpenRoads Designer, Power InRoads, vapnenac, arhitektonsko-građevni kamen

Završi rad sadrži: 39 stranica, 8 tablica, 20 slika i 8 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

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

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

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor, RGNF
Dr. sc. Davor Pavelić, redoviti profesor RGNF
Dr. sc. Tomislav Korman, docent RGNF

Datum obrane: 11. rujna 2020., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OPĆI PODATCI O PODRUČJU 2
2.1. Geografski položaj 2
2.2. Klimatske značajke 3
2.3. Geološke značajke 3
3. IZRADA 3D MODELA PODRUČJA ″JEDRINJE″ 6
3.1. Triangulacija 3D modela terena 9
4. IZRADA MODELA LEŽIŠTA I ISTRAŽNIH RADOVA 11
4.1. Kategorizacija rezervi 11
4.2. Istraživanje ležišta 13
4.3. Završna kosina kopa 15
5. PRORAČUN REZERVI LEŽIŠTA 17
5.1. Metoda računalnog modeliranja 17
5.2. Metoda vertikalnih paralelnih presjeka 19
5.2.1. Triangulacija u programu ″Power InRoads″ 19
5.2.2. Proračun rezervi 21
6. ZAKLJUČAK 30
7. LITERATURA 31
PRILOZI

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Topografska karta s istražnim prostorom ″Jedrinje″, M 1:25 000 2
Slika 2-3a. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Mostar (Mojičević i Laušević, 1970), uvećano M 1:25 000. 4
Slika 2-3b. Legenda OGK SFRJ 1:100 000, list Mostar (Mojićević i Laušević, 1970). 4
Slika 3-a. Prikaz padajućeg izbornika ″Attack tools″ 6
Slika 3-b. Prikaz naredbe ″Raster Manager″ 7
Slika 3-c. Naredba ″Place Point or Stream Curve″ 7
Slika 3-d. Prikaz topografske karte s iscrtanim slojnicama, M 1:25 000 8
Slika 3-e. Slojnice područja ″Jedrinje″ 8
Slika 3-1a. Prikaz postupka triangulacije u ″OpenRoads Designer″ 9
Slika 4-2a. Prikaz granica rezervi i istražnih radova. 14
Slika 4-2b. Prikaz granica rezervi, istražnih radova i slojnica područja ″Jedrinje″ 14
Slika 4-3a. Prikaz završne kosine kopa s granicama rezervi 16
Slika 4-3b. Prikaz granice rezervi područja ″Jedrinje″ u tlocrtu, M1:15 000 16
Slika 5-1a. Prikaz trianguliranih modela kategorija rezervi 17
Slika 5-1b. Izbornik naredbe ″Analyze Volume″. 18
Slika 5-2-1. Triangulirani model područja ″Jedrinje″ 20
Slika 5-2-2a. Prikaz presjeka na karakterističnim točka 21
Slika 5-2-2b. Prikaz naredbe ″Measure Area″ 22

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Koordinate istražnog prostora "Jedrinje" 3
Tablica 4-2. Maksimalna udaljenost između istražnih radova 13
Tablica 5-1. Tablični prikaz obujma ležišta 19
Tablica 5-2-2a. Prikaz obujma stijene za dobivanje bilančnih rezervi A kategorije..... 24
Tablica 5-2-2b. Prikaz obujma stijene za dobivanje bilančnih rezervi B kategorije..... 25
Tablica 5-2-2c. Prikaz obujma stijene za dobivanje bilančnih rezervi C_1 kategorije..... 26
Tablica 5-2-2d. Prikaz obujma stijene za dobivanje izvanbilančnih rezervi B kategorije . 27
Tablica 5-2-2e. Prikaz obujma stijene za dobivanje izvanbilančnih rezervi C1 kategorije 28

POPIS PRILOGA

PRILOG br. 1 Situacijska karta s kategorijama rezervi M1:6000 32
PRILOG br. 2 Obračunski presjeci M1:5000 33

1. UVOD

U rudarstvu, trodimenzionalno modeliranje daje nam različite tipove računalnih modela uz pomoć kojih se prikazuju ležišta i rudarski radovi.

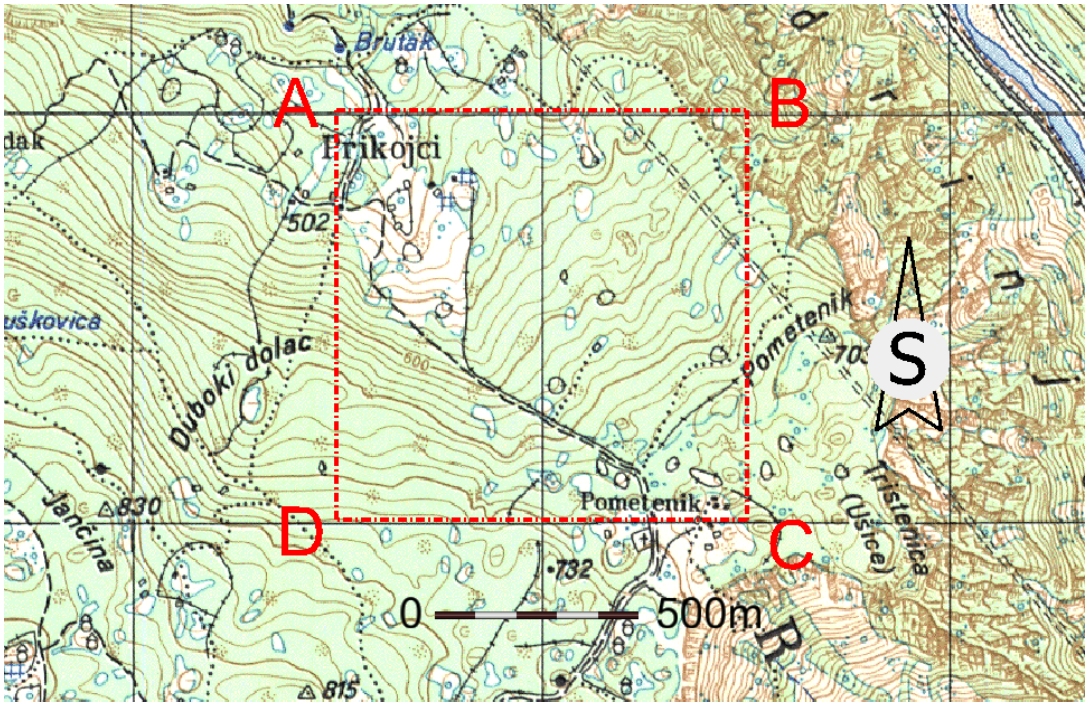
U ovom završnom radu opisan je postupak modeliranja područja ″Jedrinje″ u cilju istraživanja i eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena, izrada istražnih radova, granice rezervi, te proračun obujma bilančnih i izvanbilančnih rezervi uz pomoć metode paralelnih vertikalnih presjeka i metode računalnog modeliranja. Postupak modeliranja ostvaren je u programima ″Bentley Microstation″, ″OpenRoad Designer″ i ″InRoads″.

2. OPĆI PODATCI O PODRUČJU

2.1. Geografski položaj

Ležište arhitektonsko-građevnog kamena ″Jedrinje″ nalazi se u Hercegovačko-neretvanskoj županiji, petnaestak kilometara zračne linije sjeverno od grada Mostara. Područje pripada platou Pometenika, izdignuto iznad kanjona rijeke Neretve. Kroz stijenski masiv prolazi tunel ″Jedrinje″, kao dio trase željezničke pruge Sarajevo – Ploče (Langof i Talić, 2009).

Zemljopisni položaj istražnog područja ″Jedrinje″ prikazan je u programu ″OpenRoads Designer“ na slici 2-1.



Slika 2-1. Topografska karta s istražnim prostorom ″Jedrinje″, M 1:25 000

Istražni prostor zauzima površinu od 1 010 024 m^2, a omeđena je vršnim točkama od A do D. Koordinate vršnih točaka te njihove međusobne udaljenosti prikazane su tablicom 2-1.

Tablica 2-1. Koordinate istražnog prostora "Jedrinje"

Vršna točka	Koordinate		Udaljenost (m)	
	Y	X		
A	4 815 008	6 483 512	A-B	1 006
B	4 815 008	6 484 518	B-C	1 004
C	4 814 004	6 484 518	C-D	1 006
D	4 814 004	6 483 512	D-A	1 004
Površina istražnog prostora		**101,00 ha**		

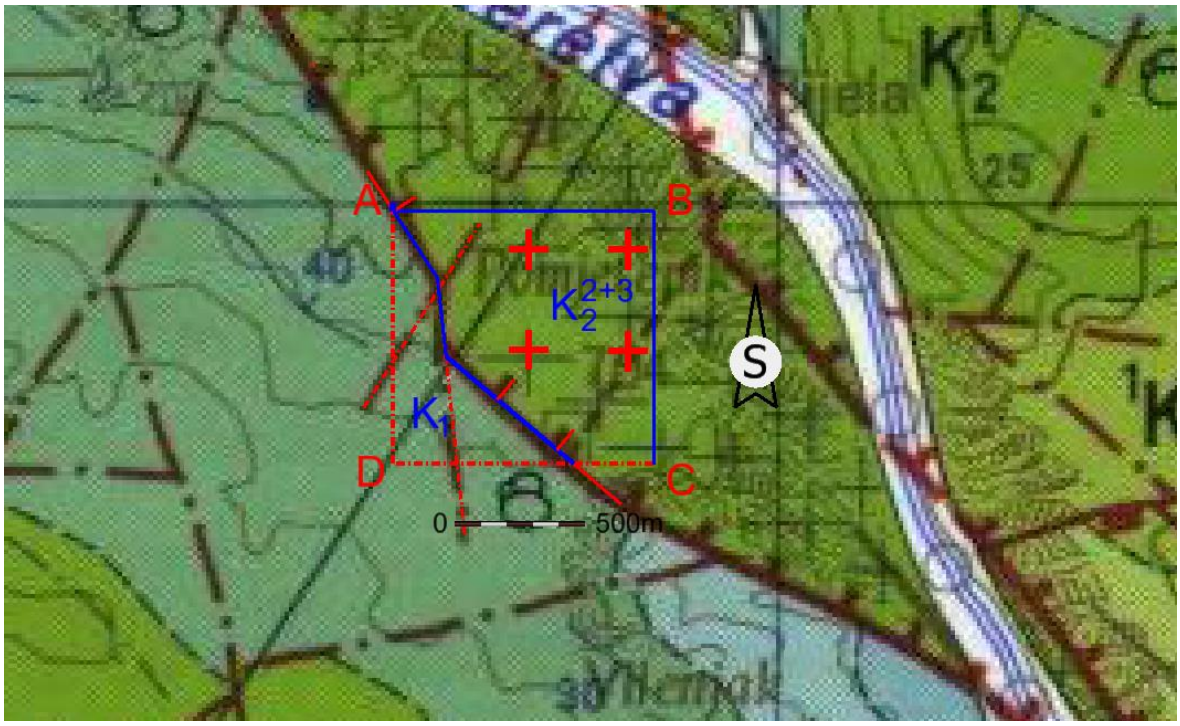
2.2. Klimatske značajke

Klimatski uvjeti koji karakteriziraju promatrano i okolno područje ″Jedrinje″ obilježeni su na dugim i suhim ljetima te blagim i kišnim zimama. Ovakvi uvjeti vrlo su pogodni za površinsku eksploataciju tijekom cijele godine. Godišnja količina padalina iznosi od 1000 do 1500 mm. (Plećaš, 2016).

2.3. Geološke značajke

Temeljem Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Mostar (Mojičević i Laušević, 1970), utvrđeno je da na širem području prevladavaju sedimentne stijene krede predstavljene masivnim i uslojenim vapnencima i dolomitima. Utvrđena je starost donje i gornje krede.

Na slici 2-3 prikazana je OGK SFRJ 1:100 000, list Mostar (Mojičević i Laušević, 1970), s ucrtanim elementima: istražnim prostorom ″Jedrinje″, navlakom, reversnim rasjedom i kartiranim jedinicama istražnog prostora.



Slika 2-3a. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Mostar (Mojičević i Laušević, 1970), uvećano M 1:25 000.

Legenda kartiranih jedinica

Slika 2-3b. Legenda OGK SFRJ 1:100 000, list Mostar (Mojićević i Laušević, 1970).

Donja kreda (K_1)

S geološke karte lista Mostar uočavamo da u istražnom prostoru, na jednom dijelu, prevladavaju dobrouslojeni vapnenci i dolomiti koji su izdvojeni kao donjokredni. Vapnenci su smeđosive boje, često tankouslojeni do pločasti. Budući da su navedeni vapnenci lako upadljivi zbog svoje dobre uslojenosti, mogu se lako razlikovati od ostalih sedimentnih stijena.

Jedne od karakteristika ležišta arhitektonsko-građevnog kamena su cjelovitost i ujednačenost stijenske mase u ležištu koja omogućava vađenje velikih pravilnih blokova, što nije slučaj za vapnence donje krede (Dunda i dr., 2001). Debljina njihovih slojeva uglavnom varira i kreće se u granicama od 5-70 cm.

Turon-senon (K_2^{2+3})

Na istražnom području ″Jedrinje″ najviše dominiraju vapnenci starosti turon-senon (K_2^{2+3}), koji uslijed velikih tektonskih deformacija, nisu podvrgnuti detaljnijim istraživanjima. Vapnenci na ovome području, koji su odvojeni plavom granicom na slici 2-3a, uočljivi su po svijetlosivoj i bijeloj boji prekristaliziranih varijeteta.

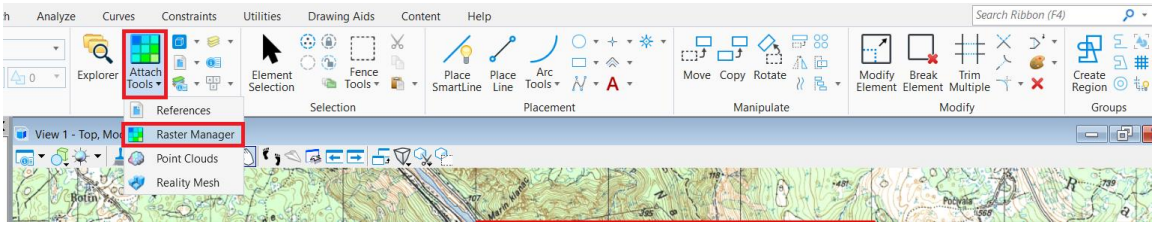
Za razliku od vapnenaca donje krede, ovi vapnenci vrlo su pogodni za eksploataciju kao arhitektonsko-građevnog kamena jer ih karakterizira masivnost i bankovitost. Zbog ovih svojstava, izrada istražnih radova bit će usmjerena na ove vapnence. Debljina vapnenaca iznosi oko 450 m.

Slika 2-3c. Fotografija ležišta

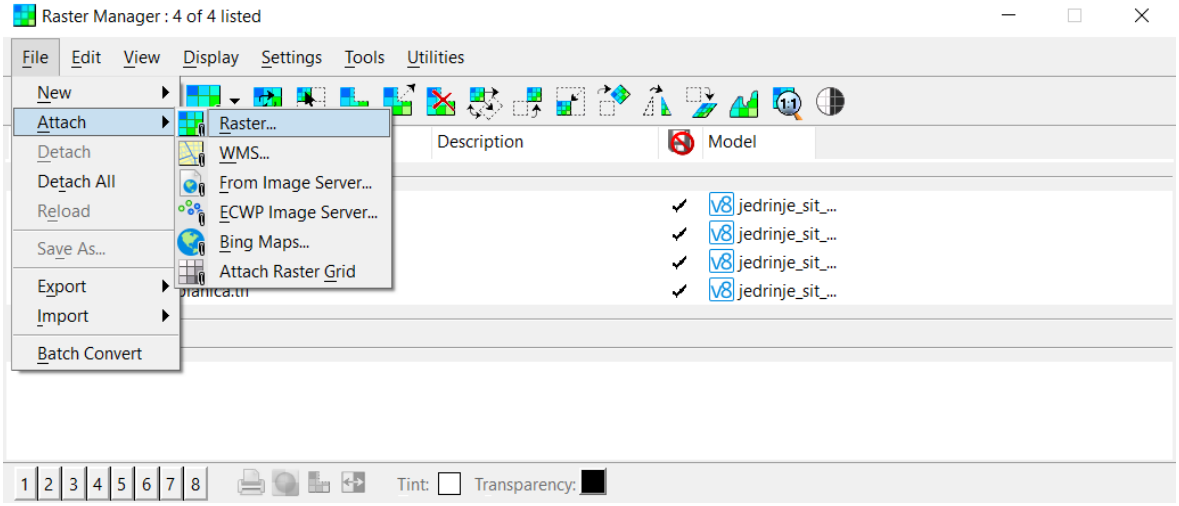
3. IZRADA 3D MODELA PODRUČJA ″JEDRINJE″

Formiranje 3D modela terena odvija se u Microstationu. Osnovni korak za modeliranje ležišta su skenirane topografske i geološke karte koje je potrebno ″ubaciti″ u Microstation (Gavran, 2014). Za modeliranje područja ″Jedrinje″ korištene s topografske karte list Mostar i Jablanica, M 1:25 000, osnovna geološka karta, list Mostar, M 1:100 000. Za modeliranje šireg područja ″Jedrinje″ također je korištena topografska karta list Mostar M1:100 000, za modeliranje okolnog dijela doline rijeke Neretve kao i tunela ″Jedrinje″.

U programu ″Bentley Microstationu″, topografsku kartu postavljamo pomoću naredbe Raster Manager, koja se na glavnoj izbornoj traci u padajućem izborniku ″Attach tools″, što je prikazano na slici 3-a. Za lakše pronalaženje ″Attach tools-a″ može se koristi i prečac istovremenim pritiskom ″Q i 2″na tipkovnici. Nakon što smo otvorili naredbu, otvara nam se novi prozor u kojem otvaramo ″File - Attach – Raster″ (slika 3.b) i odaberemo topografske karte ″blok-42-Jablanica″ te ″blok-47-Mostar″ (Serdarušić, 2016).

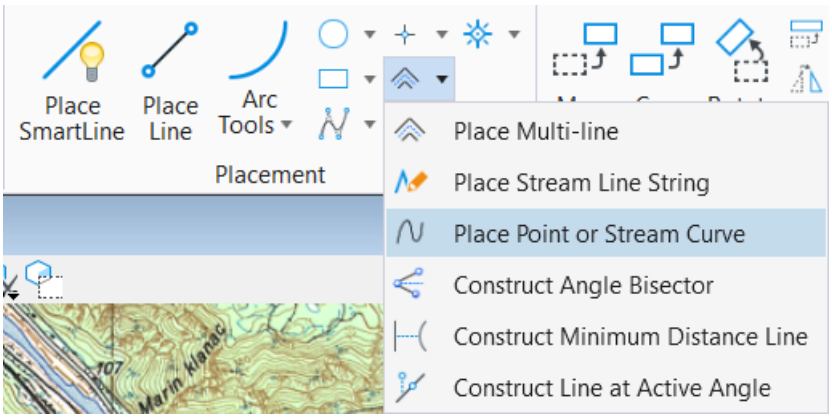


Slika 3-a. Prikaz padajućeg izbornika ″Attack tools″

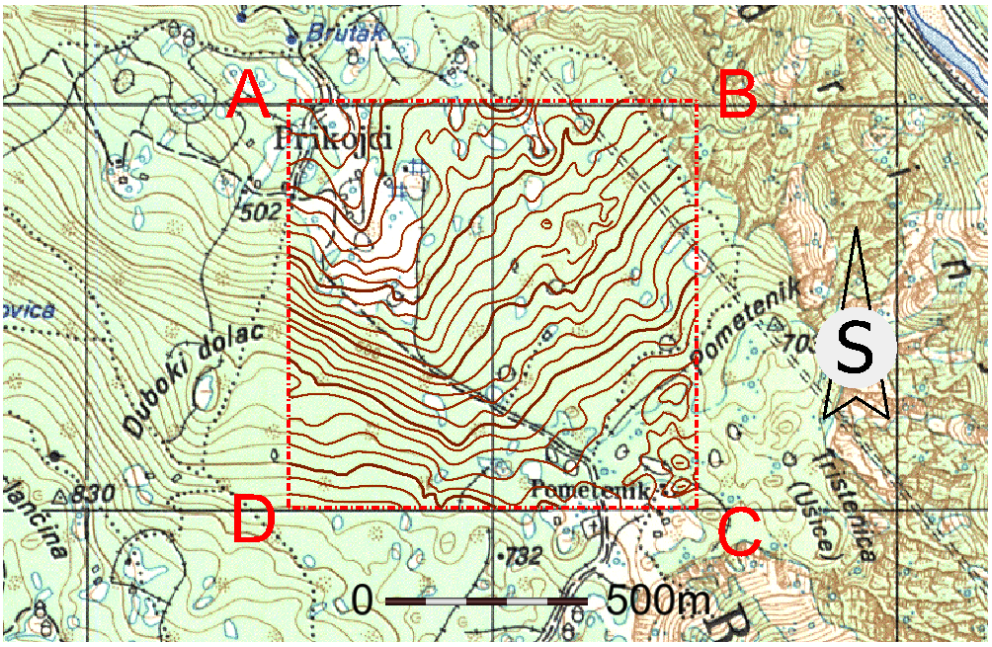


Slika 3-b. Prikaz naredbe ″Raster Manager″

Sljedeći korak je iscrtavanje slojnica, odnosno crta istih nadmorskih visina. Za izradu slojnica uporabljena je naredba ″Place Point or Stream Curve″. Na slici 3-c. prikazano je pronalaženje naredbe, dok je na slici 3-d prikazano iscrtano područje ″Jedrinje″.

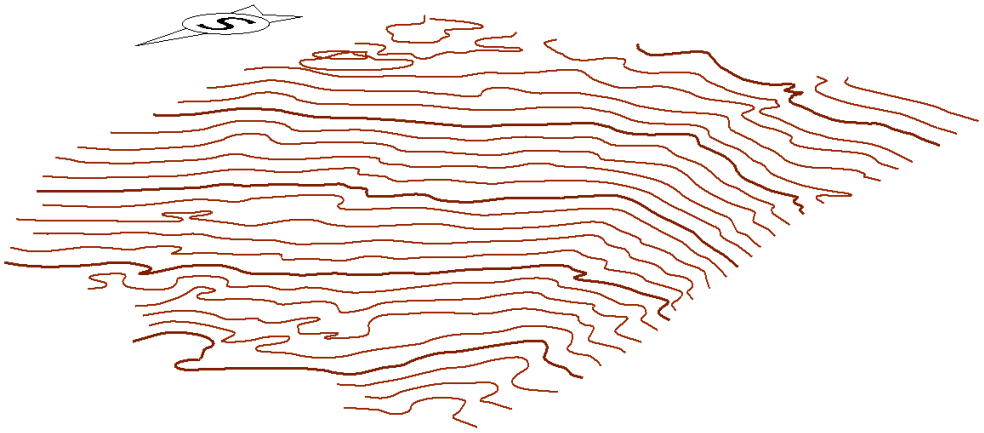


Slika 3-c. Naredba ″Place Point or Stream Curve″



Slika 3-d. Prikaz topografske karte s iscrtanim slojnicama, M 1:25 000

Kada su iscrtane slojnice, odnosno kada je 2D model terena napravljen, onda je potrebna transformacija 2D u 3D model. Ovo se postiže uz pomoć naredbe ″Set Element Elevation“, gdje se izvodi ″dizanje″ elemenata terena na stvarnu visinu u prostoru, odnosno uz postojeće dvije, dodaje se treća dimenzija. Na slici 3-e nalazi se prikaz slojnica u prostoru područja ″Jedrinje″.



Slika 3-e. Slojnice područja ″Jedrinje″

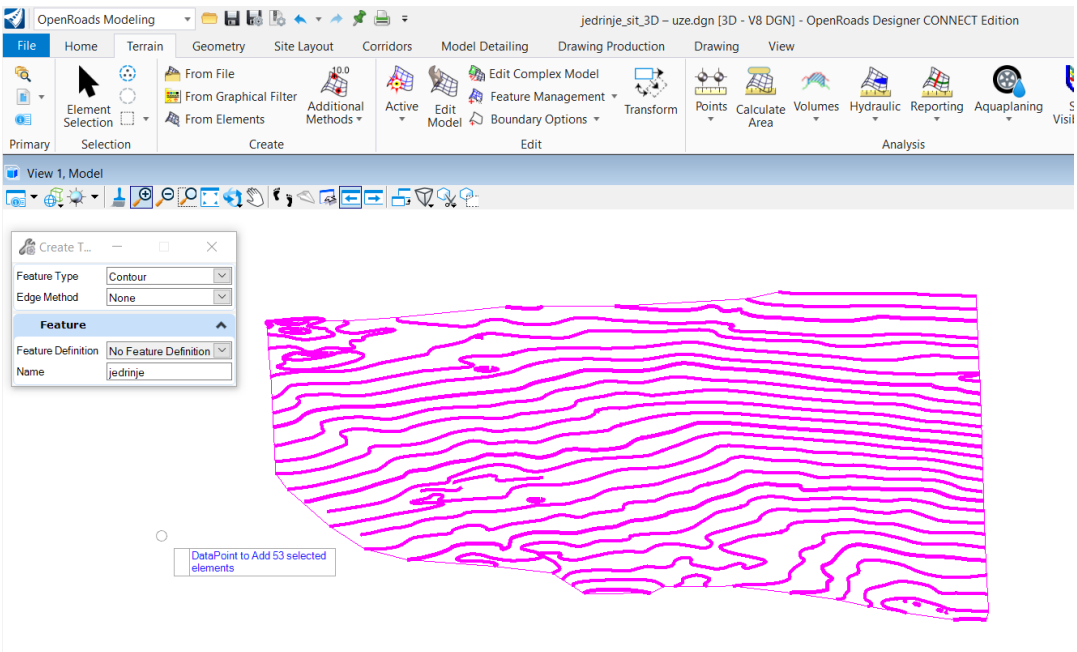
3.1. Triangulacija 3D modela terena

Triangulacija je proces u kojem se stvara 3D mreža koja definira model terena. To je zapravo niz trokutova koji spaja karakteristične točke svih crta i na kraju formiraju površinu (Galić i Farkaš, 2011). Nastala površina omogućava nam realniji i pregledniji prikaz 3D modela terena.

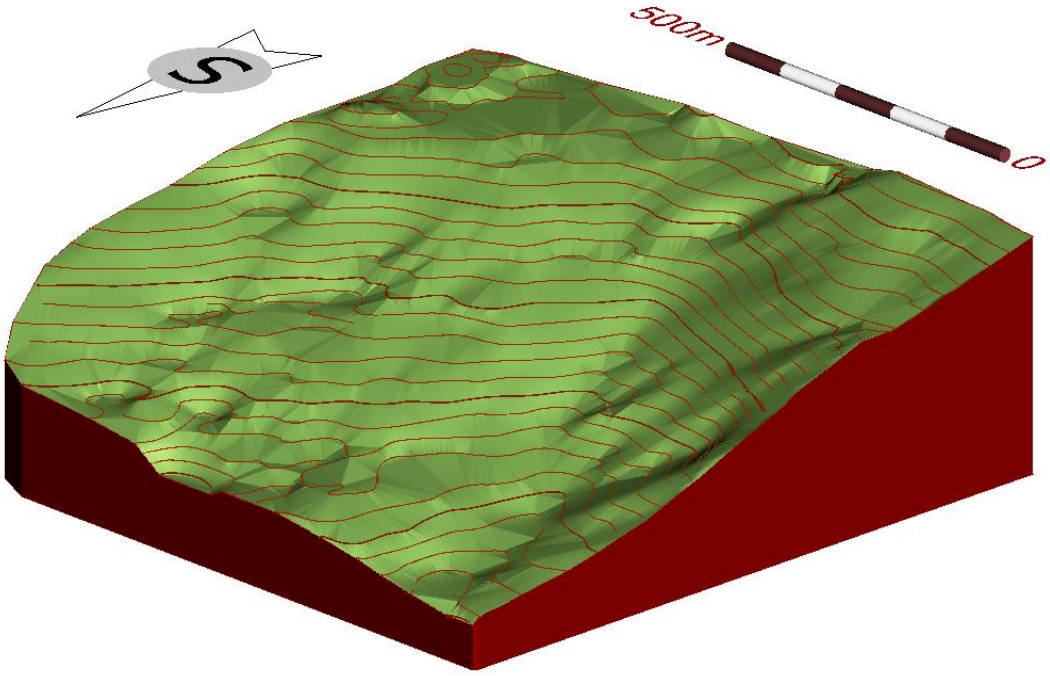
Triangulacija je izvedena u programu ″OpenRoads Designer″ na slijedeći način:

- Postaviti ″Workflow″ u ″OpenRoads Modeling″.
- Označiti sve elemente terena za prikaz u 3D mreži modela.
- Nakon označavanja svih elemenata, triangulacija se izvodi uz pomoć naredbe ″From Elements″.
- Pojavljuje se izbornik, gdje se za ″Feature Type″ odabere ″Contour″ za triangulaciju slojnica. Postupak je prikazan na slici 3-1a.
- Naredbom ″Boundary Options″ → ″Add Boundary″ - odabere se rub modela oko kojeg želi postaviti perimetar te se razvuče prema dolje (Plećaš, 2016).
- Zbog boljeg izgleda modela terena izvodi se renderiranje, te se to ostvaruje uz pomoć naredbe ″Display Styles″ → ″Smooth″.

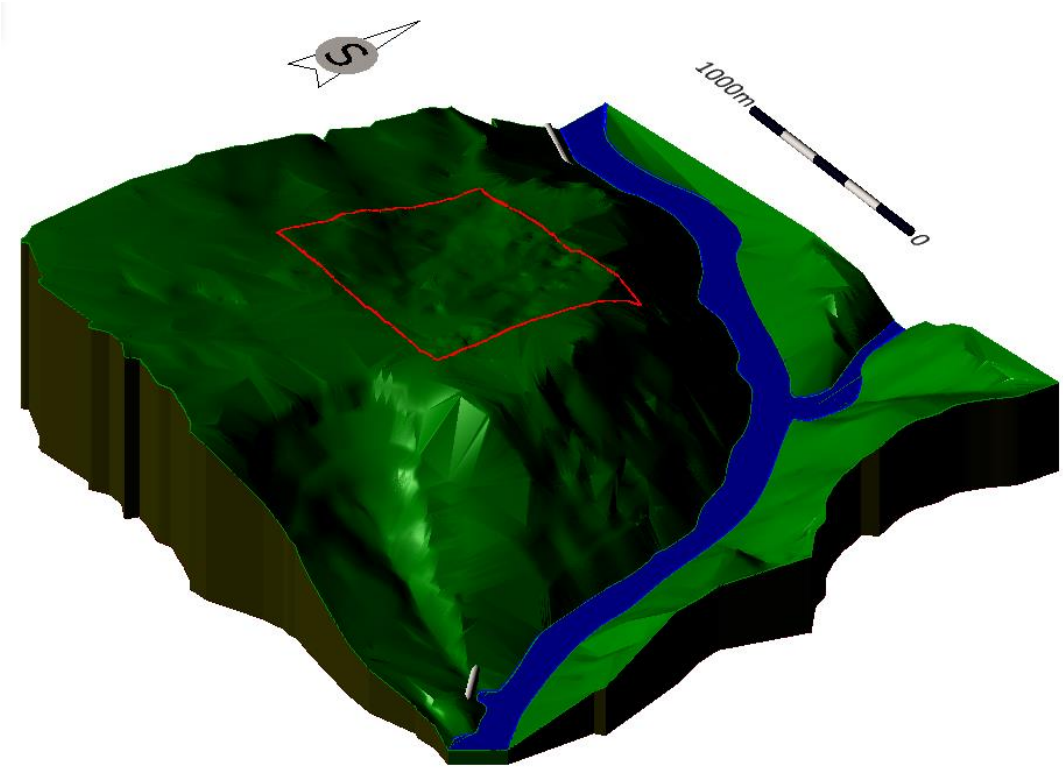
Na slici 3-1b prikazan je konačni izgled 3D modela terena.



Slika 3-1a. Prikaz postupka triangulacije u ″OpenRoads Designer″



Slika 3-1b. Konačni izgled 3D modela terena



Slika 3-2b. Prikaz šireg područja ″Jedrinje″

4. IZRADA MODELA LEŽIŠTA I ISTRAŽNIH RADOVA

Kako bi se izradio model ležišta i rudarskih istražnih radova potrebno je odrediti granice kategorija eksploatacijskih rezervi ležišta: A, B i C_1 (Serdarušić, 2016). Granice rezervi se određuju prema Pravilniku o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi čvrste mineralne sirovine i vođenju evidencije o njima (Službeni list, br. 36/12).

4.1. Kategorizacija rezervi

Prema vrsti stijena, obliku pojavljivanja, veličini i oštećenosti stijenske mase uslijed tektonskih pokreta, hidrotermalnih procesa i drugih utjecaja, ležišta arhitektonsko-građevinskog kamena razvrstavaju se u šest grupa (Službeni list, br. 36/12):

1) sedimentne stijene koje se javljaju u vidu slojeva ili leća; velikih su dimenzija i sadrže preko 600.000 m3 rezervi stijenske mase; zahvaćenost tektonskim pokretima je neznatna i bitno ne utječe na iskorištenje stijenske mase;

2) sedimentne stijene koje se javljaju u vidu slojeva ili leća; malih su dimenzija i sadrže do 500.000 m3 rezervi stijenske mase; tektonskim pokretima su neznatno zahvaćena, što ne utječe na iskorištenje stijenske mase;

3) metamorfne stijene; javljaju se u obliku leća, velikih su dimenzija i sadrže preko 500.000 m3 rezervi stijenske mase, a mogu imati i manje dimenzije, sa rezervama ispod 500.000 m3 stijenske mase; zahvaćenost tektonskim pokretima je slabija i stijenska masa sadrži preko 15% sirovih blokova;

4) ležišta (rudna tijela) ukrasnog kamena koja su oblika i veličine kao ležišta (rudna tijela) treće grupe; tektonskim pokretima stijenska masa je jače zahvaćena i sadrži do 15% sirovih blokova;

5) ležišta (rudna tijela) ukrasnog kamena koja čine magmatske stijene; javljaju se u obliku lećastih masa, odnosno gnijezda i drugim nepravilnim oblicima; velikih su

dimenzija i sadrže preko 400.000 m3 rezervi stijenske mase, a mogu biti i manja, sa rezervama ispod 400.000 m3 stijenske mase; tektonskim pokretima, hidrotermalnim procesima i drugim utjecajima stijenska masa je slabije zahvaćena i sadrži više od 10% sirovih blokova;

6) ležišta (rudna tijela) ukrasnog kamena koja su oblika i veličine kao ležišta (rudna tijela) pete grupe; tektonskim pokretima, kao i djelovanjem hidrotermalnih procesa i drugih štetnih utjecaja, stijenska masa je znatno zahvaćena i sadrži manje od 10% sirovih blokova

Prema ovoj podjeli područje ″Jedrinje″ pripada prvog kategoriji ležišta.

4.2. Istraživanje ležišta

Za utvrđivanje i razvrstavanje kategorija rezervi A, B i C_1 , maksimalna udaljenost između istražnih radova za pojedine kategorije ležišta iznose:

Tablica 4-2. Maksimalna udaljenost između istražnih radova

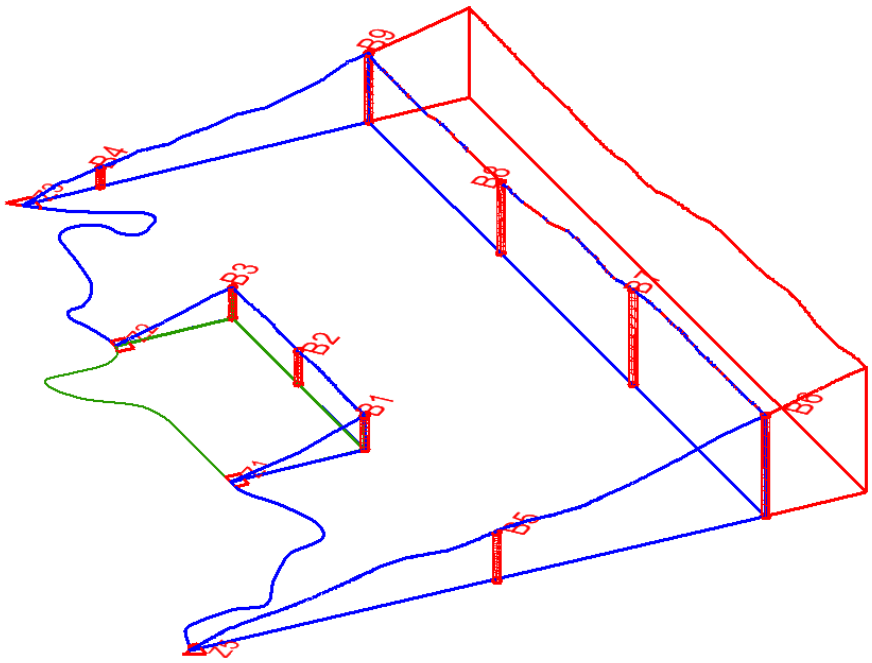
Grupa ležišta (rudnih tijela)	Maksimalna udaljenost između istražnih radova, m		
	A Kategorija	B Kategorija	C Kategorija
I	100	200	300
II	80	160	240
III	70	150	220
IV	60	120	180
V	60	120	190
VI	50	100	150

Istraživanje ležišta započinje na visini od 530 m, što je ujedno i osnovna razina istraživanja. Iscrtavanje granice rezervi izvedeno je u 3D polju, te su granice postavljene na osnovnu razinu istraživanja.

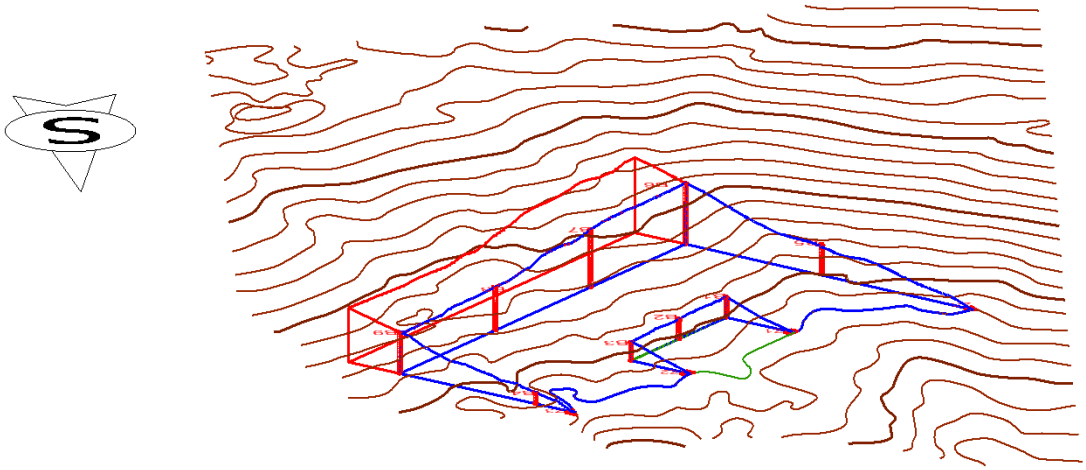
Granice rezervi postavljene su na površinu terena na slijedeći način:

- Postavljen je ″Workflow″ u ″Reality Modeling″
- ″Extract → Drape Element″
- Označen je triangulirani model terena, odnosno površina terena na koju se podiže element
- Klikom na element, odnosno granice rezervi i istražne bušotine, podiže se element na površinu terena

Izgled podignutih elemenata prikazano je na slici 4-2a, a zajednički prikaz istražnih radova, granice rezervi i slojnica prikazan je na slici 4-2b.



Slika 4-2a. Prikaz granica rezervi i istražnih radova.



Slika 4-2b. Prikaz granica rezervi, istražnih radova i slojnica područja ″Jedrinje″

4.3. Završna kosina kopa

Završna kosina kopa predstavlja granicu između bilančnih i izvanbilančnih rezervi ležišta.

Za iscrtavanje završne kosine kopa potreban je iznos kuta završne etažne. Usvojen je iznos kuta završne kosine za arhitektonsko građevni kamen temeljem iskustvenih podataka i iznosi α_z= 60°. Kada je poznat kut α_z, tada se može proračunati horizontalna vrijednost kosine za točno određenu visinu terena, odnosno projekcija kosine. Proračun se izvodi preko iduće formule:

$$\tan \alpha_z = \frac{h}{x} \rightarrow x = \frac{h}{\tan \alpha_z}$$

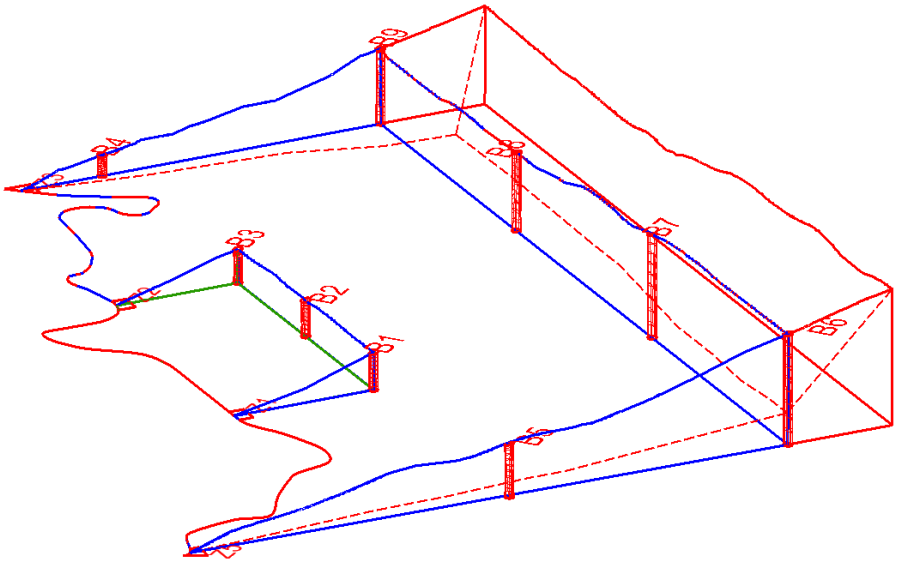
Gdje je:

α_z – kut završne kosine

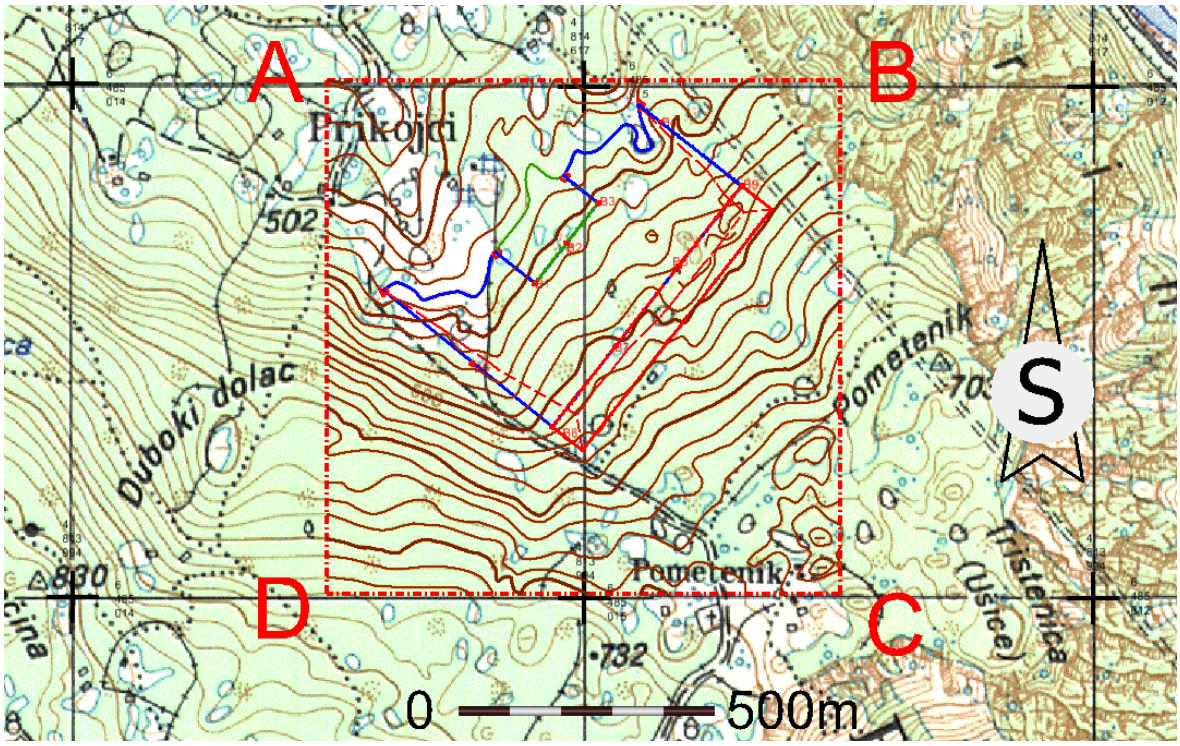
h – visina terena, m

x – horizontalna projekcija kosine, m

Nakon što se proračunala projekcija x za određene visine terena, započinje se iscrtavanjem donjeg ruba završne kosine, gdje se pomoćne crte nalaze na sjecištima crta C_1 kategorije i slojnica. Konačni izgled završne kosine kopa s granicama rezervi nalazi se na slici 4-3a. Na slici 4-3b nalazi se prikaz granica rezervi i istražnih radova u tlocrtu.



Slika 4-3a. Prikaz završne kosine kopa s granicama rezervi



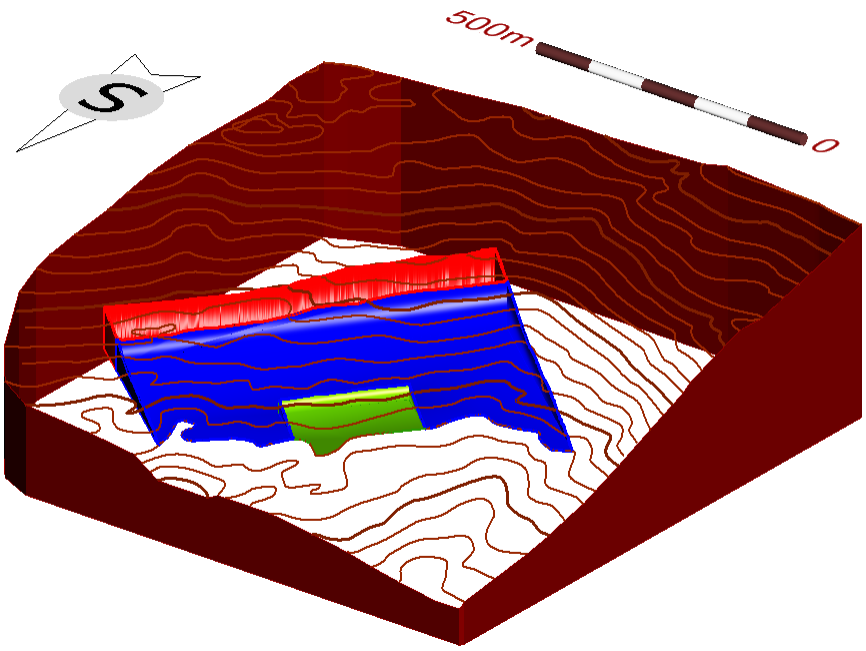
Slika 4-3b. Prikaz granice rezervi područja ″Jedrinje″ u tlocrtu, M1:15 000

5. PRORAČUN REZERVI LEŽIŠTA

Proračun obujma ležišta arhitektonsko-građevnog kamena obavljena je pomoću dviju metoda: metode računalnog modeliranja i metode paralelnih vertikalnih presjeka. Zbog specifičnosti i jednostavnosti pojedinih programa, metode proračuna obujma odrađene su u različitim programima. Metoda računalnog modeliranja primijenjena je u programu ″OpenRoads Designer″, a metoda vertikalnih paralelnih presjeka u programu ″Power InRoads″.

5.1. Metoda računalnog modeliranja

U programu ″OpenRoads Designer″ proračunan je obujam ležišta arhitektonsko-građevnog kamena primjenom metode računalnog modeliranja. Za ovu metodu potrebno je izvršiti triangulaciju svake pojedine kategorije rezervi: A, B, C_1, granice bilančnih i izvanbilančnih rezervi. Postupak triangulacije objašnjen je u poglavlju 3. TRIANGULACIJA. Izgled trianguliranih rezervi prikazano je na slici 5-1a.

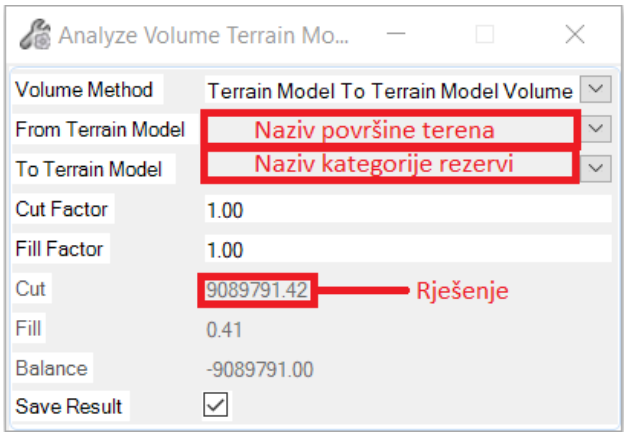


Slika 5-1a. Prikaz trianguliranih modela kategorija rezervi

Metoda računalnog modeliranja jedna je od najsuvremenijih metoda proračuna obujma u rudarskoj praksi, te je za njezinu primjenu potrebno izraditi triangulacijski model ležišta. Ova metoda funkcionira na način da računalo računa integral između trianguliranih trokutova (Plećaš, 2016). Rješenje izračunatog integrala između dva nasuprotna trokuta je obujam. Zbrajanjem ili oduzimanjem obujma pojedinih obujmova, dobivamo ukupan obujam između površina, odnosno ploha.

Metoda računalnog modeliranja provodi se na slijedeći način:

- Potrebno je postaviti ″Workflow″ u ″OpenRoads Modeling″
- ″Terrain → Volumes → Analyze Volume″
- Pritiskom na naredbu ″Analyze Volume″ prikazuje se izbornik te sami postupak proračuna volumena između dvije površine terena, koje tvore zatvorenu cjelinu, prikazan je na slici 5-1b.
- Postupak treba ponoviti za svaku kategoriju rezervi, kako bi se dobio ukupni obujam ležišta i kategorije rezervi.



Slika 5-1b. Izbornik naredbe ″Analyze Volume″.

Tablica 5-1. Tablični prikaz obujma ležišta

	Obujam, m^3
A kategorija	**275 841,39**
B kategorija	**5 679 507,43**
C_1 Kategorija	**3 127 629, 65**
Ležište	9 089 791,42
Obujam za bilančne rezerve	7 615 812,50
Obujam za izvanbilančne rezerve	1 473 978,92

Provjera točnosti rada vrlo je jednostavna, postavljanjem u omjer zbroj obujma bilančnih i izvanbilančnih rezervi i obujma cijelog ležišta treba biti manji od 0,1%. U ovome slučaju, omjer je manji od 0,1 %.

5.2. Metoda vertikalnih paralelnih presjeka

Za razliku od metode računalnog modeliranja koja je korištena u programu ″OpenRoads Designer″, metoda vertikalnih paralelnih presjeka primijenjena u programu ″Power InRoads″. Razlog tomu je sama složenost izrade presjeka u ″OpenRoads Designer-u″, dok je u ″Power InRoads-u″ vrlo jednostavno doći do rješenja, uz prethodnu pripremu modela.

5.2.1. Triangulacija u programu ″Power InRoads″

Isto kao i u metodi računalnog modeliranja, za proračun potrebno je izraditi triangulirani model svih kategorija kao i ležišta.

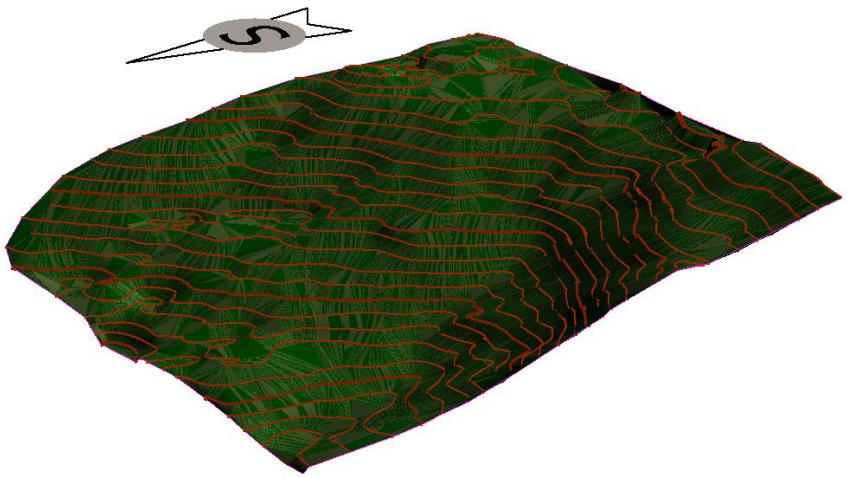
Kako bi izbjegli ponovno crtanje istražnih radova, kategorija rezervi i ostaloga, koriste se već izrađeni modeli koji se učitavaju u programu ″Power InRoads″ na slijedeći način:

- ″File → References → Attach reference″
- Označiti sve elemente i preslikavanje elemenata uz pomoć naredbe ″Copy″ (prečac pritiskom na ″3 pa 1″)

Nakon toga, potrebno je izraditi triangulirani model ležišta i kategorija rezervi. Postupak triangulacije odvija na slijedeći način:

- File → new – odabere se ime određene površine koju treba triangulirati i aktivira naredba ″apply″
- File → import → surface – point type odabire se ″Random″, označavaju se svi elementi koji će biti triangulirati
- Surface → triangulate surface – odabere se površina koja će biti triangulirana
- Surface → view surface → triangles – odabir željene površine i podešavanje boje modela (Diplomski rad, Plećaš).
- Postupak treba ponoviti za sve kategorije rezervi kako bi se mogao nastaviti postupak proračuna volumena ležišta

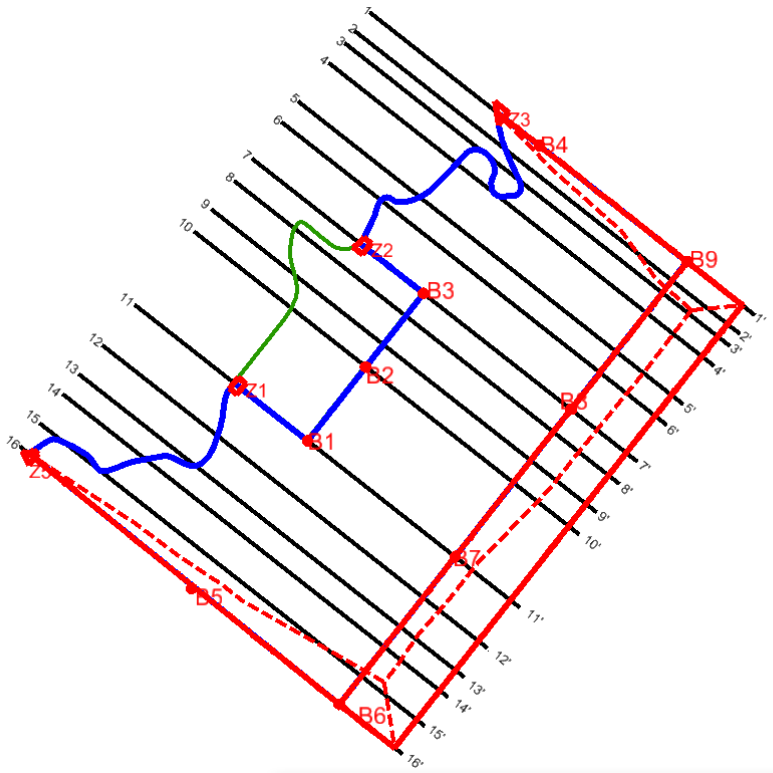
Na slici 5-2-1 prikazano je triangulirani model područja ″Jedrinje″ u programu ″Power InRoads″.



Slika 5-2-1. Triangulirani model područja ″Jedrinje″

5.2.2. Proračun rezervi

Metoda vertikalnih paralelnih presjeka može se raditi na dva načina: računalno ili manualno (Plećaš, 2016). U ovome slučaju korišten je manualni način primjene metode proračuna obujma. Manualna metoda temelji se na postavljanju presjeka na karakterističnim točkama u visini osnovne razine. Karakteristične točke obuhvaćaju mjesta kao što su promjena konfiguracije terena, granice različitih kategorija rezervi kao i promjena sastava mineralnih sirovina. Na slici 5-2-2a nalazi se prikaz položaja presjeka u tlocrtu.



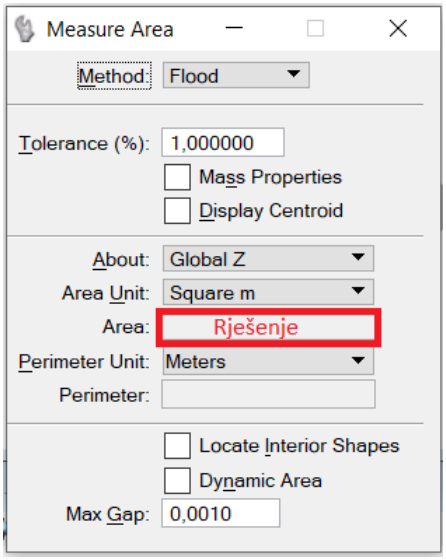
Slika 5-2-2a. Prikaz presjeka na karakterističnim točka

Nakon što su postavljeni presjeci kroz karakteristične točke, kojih je 16 u ovome slučaju, potrebno je izraditi svaki pojedinačni presjek. Izrada presjeka odvija se na slijedeći način:

- ″Evaluation → Profile → Create Profile″
- Pritiskom na naredbu ″Create file″ pojavi se izbornik pomoću kojeg možemo generirati izgled presjeka
- Označiti početak i kraj presjeka
- Pritisnuti na bilo koje mjesto na radnoj površini kako bi se pojavio presjek
- Ponoviti postupak za sve presjeke

Nakon izrade svih presjeka, potrebno ih je doraditi kako bi imali što pregledniji i zorniji prikaz presjeka na karakterističnim točkama. Izgled svih presjeka vidljiv je u prilogu.

Izradom presjeka stvoreni su preduvjeti za proračun rezervi. Proračun obujma izvodi se uz pomoć naredbe ″Measure Area″. Na slici 5-2-2b nalazi se prikaz navedene naredbe. Ovom naredbom izmjerene su površine bilančnih i izvanbilančnih rezervi za A, B i C_1 kategoriju.



Slika 5-2-2b. Prikaz naredbe ″Measure Area″

Dobiveni podaci se unose u tablicu kako bismo dobili obujam, prema idućoj formuli:

$$O = P_{sr} \cdot l = \frac{P_1 + P_2 + \sqrt{P_1 \cdot P_2}}{3} \cdot l$$

Gdje je:

O – obujam, m^3

P_{sr} – srednja površina, m^2

P_1 – površina prvog presjeka, m^2

P_2 – površina drugog presjeka, m^2

L – udaljenost između dva presjeka, m

Tablica 5-2-2a. Prikaz obujma stijene za dobivanje bilančnih rezervi A kategorije

	A kategorija			
Presjek	POVRŠINA, m^2		Udaljenost presjeka	Obujam $Ob=P_{sr} * l$
	$P_{pres.}$	P_{sr}	l, m	m^3 č.m.
1-1'				
2-2'				
2-2'				
3-3'				
3-3'				
4-4'				
4-4'				
5-5'				
5-5'				
6-6'				
6-6'				
7-7'				
7-7'	1 047	1 215	30	37 055
8-8'	1 392			
8-8'	1 392	1 508	39	58 515
9-9'	1 628			
9-9'	1 628	1 545	30	46 358
10-10'	1 464			
10-10'	1 464	1 299	101	130 577
11-11'	1 141			
11-11'				
12-12'				
12-12'				
13-13'				
13-13'				
14-14'				
14-14'				
15-15'				
15-15'				
16-16'				
Ukupno			**Σ**	**272 505**

Tablica 5-2-2b. Prikaz obujma stijene za dobivanje bilančnih rezervi B kategorije

	B kategorija			
Presjek	POVRŠINA, m^2		Udaljenost presjeka	Obujam
				$Ob=P_{sr} * l$
	$P_{pres.}$	P_{sr}	l, m	m^3 č.m.
1-1'				
2-2'				
2-2'	5 607	5 656	17	95 097
3-3'	5 705			
3-3'	5 705	5 867	27	159 053
4-4'	6 030			
4-4'	6 030	7 062	52	370 037
5-5'	8 148			
5-5'	8 148	8 435	28	238 332
6-6'	8 726			
6-6'	9 320	8 791	50	440 215
7-7'	8 273			
7-7'	8 273	8 419	30	256 661
8-8'	8 565			
8-8'	8 565	8 720	39	338 261
9-9'	8 876			
9-9'	8 876	8 941	30	268 228
10-10'	9 006			
10-10'	9 006	9 459	101	950 702
11-11'	9 919			
11-11'	11 060	11 320	55	625 378
12-12'	11 582			
12-12'	11 582	11 409	40	452 149
13-13'	11 236			
13-13'	11 236	11 422	27	312 875
14-14'	11 609			
14-14'	11 609	12 102	40	479 649
15-15'	12 601			
15-15'	12 601	4 200	38	160 186
16-16'				
Ukupno			**Σ**	**5 146 820**

Tablica 5-2-2c. Prikaz obujma stijene za dobivanje bilančnih rezervi C_1 kategorije

	C_1 kategorija			
Presjek	POVRŠINA, m^2		Udaljenost presjeka	Obujam
				$Ob=P_{sr} * l$
	$P_{pres.}$	P_{sr}	l, m	m^3 č.m.
1-1'				
2-2'				
2-2'	2 239	2 559	17	43 019
3-3'	2 892			
3-3'	2 892	2 864	27	77 658
4-4'	2 837			
4-4'	2 837	3 015	52	157 955
5-5'	3 196			
5-5'	3 196	3 122	28	88 215
6-6'	3 049			
6-6'	3 049	3 018	50	151 120
7-7'	2 987			
7-7'	2 987	2 971	30	90 593
8-8'	2 956			
8-8'	2 956	3 078	39	119 387
9-9'	3 201			
9-9'	3 201	3 415	30	102 456
10-10'	3 634			
10-10'	3 634	3 617	101	363 592
11-11'	3 601			
11-11'	3 601	3 726	55	205 833
12-12'	3 852			
12-12'	3 852	3 814	40	151 175
13-13'	3 777			
13-13'	3 777	3 830	27	104 923
14-14'	3 884			
14-14'	3 884	3 693	40	146 368
15-15'	3 505			
15-15'	3 505	1 168	38	44 556
16-16'				
Ukupno			**Σ**	**1 846 850**

Tablica 5-2-2d. Prikaz obujma stijene za dobivanje izvanbilančnih rezervi B kategorije

	B kategorija			
Presjek	POVRŠINA, m^2		Udaljenost presjeka	Obujam
				$Ob=P_{sr} * l$
	$P_{pres.}$	P_{sr}	l, m	m^3 č.m.
1-1'	6 441	2 831	24	69 027
2-2'	416			
2-2'				
3-3'				
3-3'				
4-4'				
4-4'				
5-5'				
5-5'				
6-6'				
6-6'				
7-7'				
7-7'				
8-8'				
8-8'				
9-9'				
9-9'				
10-10'				
10-10'				
11-11'				
11-11'				
12-12'				
12-12'				
13-13'				
13-13'				
14-14'				
14-14'				
15-15'				
15-15'	282	5 915	38	225 558
16-16'	15 379			
Ukupno			**Σ**	**294 585**

Tablica 5-2-2e. Prikaz obujma stijene za dobivanje izvanbilančnih rezervi C1 kategorije

	C1 kategorija			
Presjek	POVRŠINA, m^2		Udaljenost presjeka	Obujam
				$Ob=P_{sr} * l$
	$P_{pres.}$	P_{sr}	l, m	m^3 č.m.
1-1'	4 513	3 213	24	78 336
2-2'	2 070			
2-2'	2 070	1 684	17	28 318
3-3'	1 326			
3-3'	1 326	1 310	27	35 528
4-4'	1 295			
4-4'	1 295	1 274	52	66 774
5-5'	1 254			
5-5'	1 254	1 272	28	35 938
6-6'	1 290			
6-6'	1 290	1 293	50	64 745
7-7'	1 296			
7-7'	1 296	1 335	30	40 695
8-8'	1 374			
8-8'	1 374	1 375	39	53 357
9-9'	1 377			
9-9'	1 377	1 485	30	44 540
10-10'	1 595			
10-10'	1 595	1 951	101	196 134
11-11'	2 331			
11-11'	2 331	2 363	55	130 541
12-12'	2 395			
12-12'	2 395	2 481	40	98 328
13-13'	2 568			
13-13'	2 568	2 474	27	67 766
14-14'	2 381			
14-14'	2 381	2 597	40	102 929
15-15'	2 819			
15-15'	2 819	4 531	38	172 795
16-16'	6 495			
Ukupno			**Σ**	**1 216 726**

Ukupan obujam bilančnih rezervi preko metode vertikalnih paralelnih presjeka iznosi 7 266 175 m^3, a izvanbilančnih iznosi 1 511 310 m^3. Kod metode računalnog modeliranja obujam bilančnih rezervi iznosi 7 615 812 m^3, dok izvanbilančnih iznosi 1 473 979 m^3. Uspoređujući ove rezultate s rezultatima proračuna obujma preko metode računalnog modeliranja možemo uočiti odstupanja u rezultatima. Odstupanje obujma bilančnih rezervi iznosi 4,5%, a izvanbilančnih 2,5%. Odstupanja u rezultatima između ovih dviju metoda moguće je smanjiti povećanjem broja presjeka čime ćemo dobiti točnije podatke o količinama rezervi (Plećaš,2016).

Rezultati dobiveni ovim metodama nisu konačan iznos rezervi ležišta. Za konačan iznos potrebno je uračunati popravni koeficijent i eksploatacijski gubitak, no ovo nije moguće pošto nisu provedeni istražni radovi. Podaci dobiveni u ovom radu mogu se smatrati kao prijedlog istraživanja arhitektonsko-građevnog kamena na ležištu ″Jedrinje″

6. ZAKLJUČAK

U ovome završnome radu opisana je i prikazana primjena računalnih programa u rudarstvu na ležištu krednih vapnenaca kao arhitektonsko-građevnog kamena, kao i usporedba programa ″Bentley OpenRoads Designer″ i ″Power InRoads″. Programom ″OpenRoads Designer″ jednostavno se provodi triangulacija kao i drugi grafički postupci pomoću kojih se može dobiti zorniji prikaz modela terena. Problematika se javlja u postupcima za proračun rezervi gdje se javljaju poteškoće prilikom izrade presjeka ležišta. U ovome se aspektu ističe program ″Power InRoads″ koji nam jednostavnim naredbama daje mogućnost izrade cijelog presjeka te mogućnost proračuna rezervi.

Modeliranje područja ″Jedrinje″ izvodilo se uz pomoć topografske karte (M1:25 000) koja je učitana u programu ″MicroStation″. Uz pomoć potprograma ″OpenRoads Designer″ iscrtani su elementi terena u 2D polju, a potom dodajući treću koordinatu, postavljeni su u 3D polje. Istražni radovi i granice rezervi A, B i C_1 kategorije postavljeni su prema Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (Službeni list 36/12). Proračun rezervi obavljen je na dva načina, metodom računalnog modeliranja u programu ¨OpenRoads Designer″ i metodom vertikalnih paralelnih presjeka u programu ″Power InRoads″, pomoću kojih dobijemo obujam bilančnih i izvanbilančnih rezervi. Uspoređivanjem rezultata primjenom metode vertikalnih paralelnih presjeka i metode računalnog modeliranja, možemo uočiti odstupanja u rezultatima. Dobiveni rezultati ne predstavljaju rezerve ležišta jer nismo uračunali popravni koeficijent i eksploatacijski gubitka, no ti su podaci nepoznati pošto nisu provedeni istražni radovi. Podaci u ovom završnom radu mogu se smatrati i koristi kao okvir i prijedlog istraživanja arhitektonsko-građevnog kamena na ležištu krednih vapnenaca ″Jedrinje″.

7. LITERATURA

DUNDA S., KUJUNDŽIĆ T., GLOBAN M., MATOŠIN V. 2001. *Eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena.* Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

GALIĆ I., FARKAŠ B. 2011 *Primijenjeni računalni programi: interna skripta.* Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

GAVRAN P. 2014. *Modeliranje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena „Plandišće" u istražnom prostoru „Smiraj".* Završni rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

LANGOF Z., TALIĆ Z., 2009. *Istraživanja i projekt sanacionih radova u željezničkom tunelu „Jedrinje" na pruzi Sarajevo – Ploče.* Građevinski fakultet Univertiteta u Sarajevu,

MOJIĆEVIĆ M., LAUŠEVIĆ M. 1970. *Osnovna geološka karta SRFJ 1:100 000 List Mostar K33-24.* Geološki zavod Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.

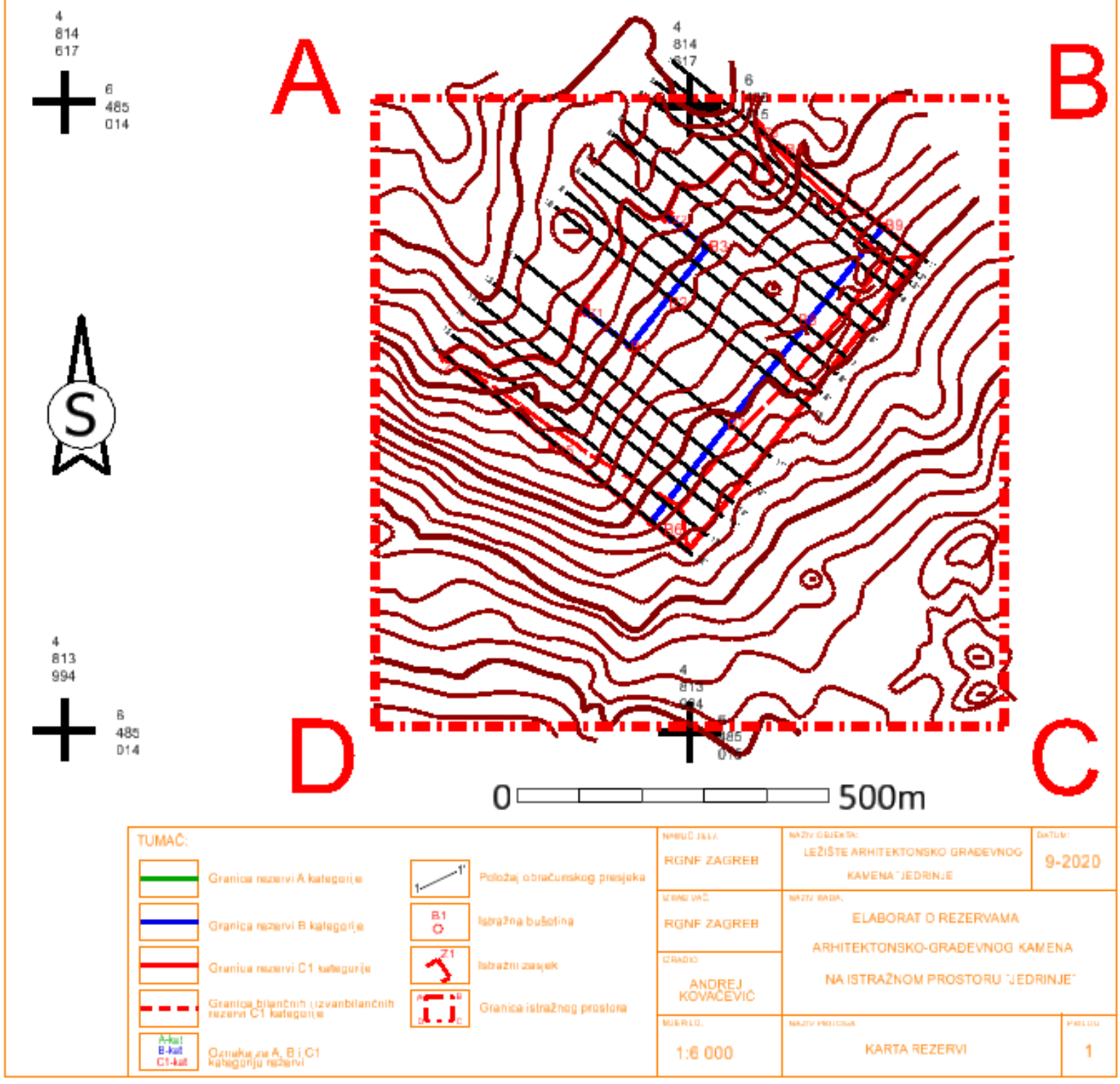
PLEĆAŠ S. 2016. *Modeliranje istražnih radova i površinskog kopa na ležištu arhitektonsko građevnog kamena „Veliki Pomet".* Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

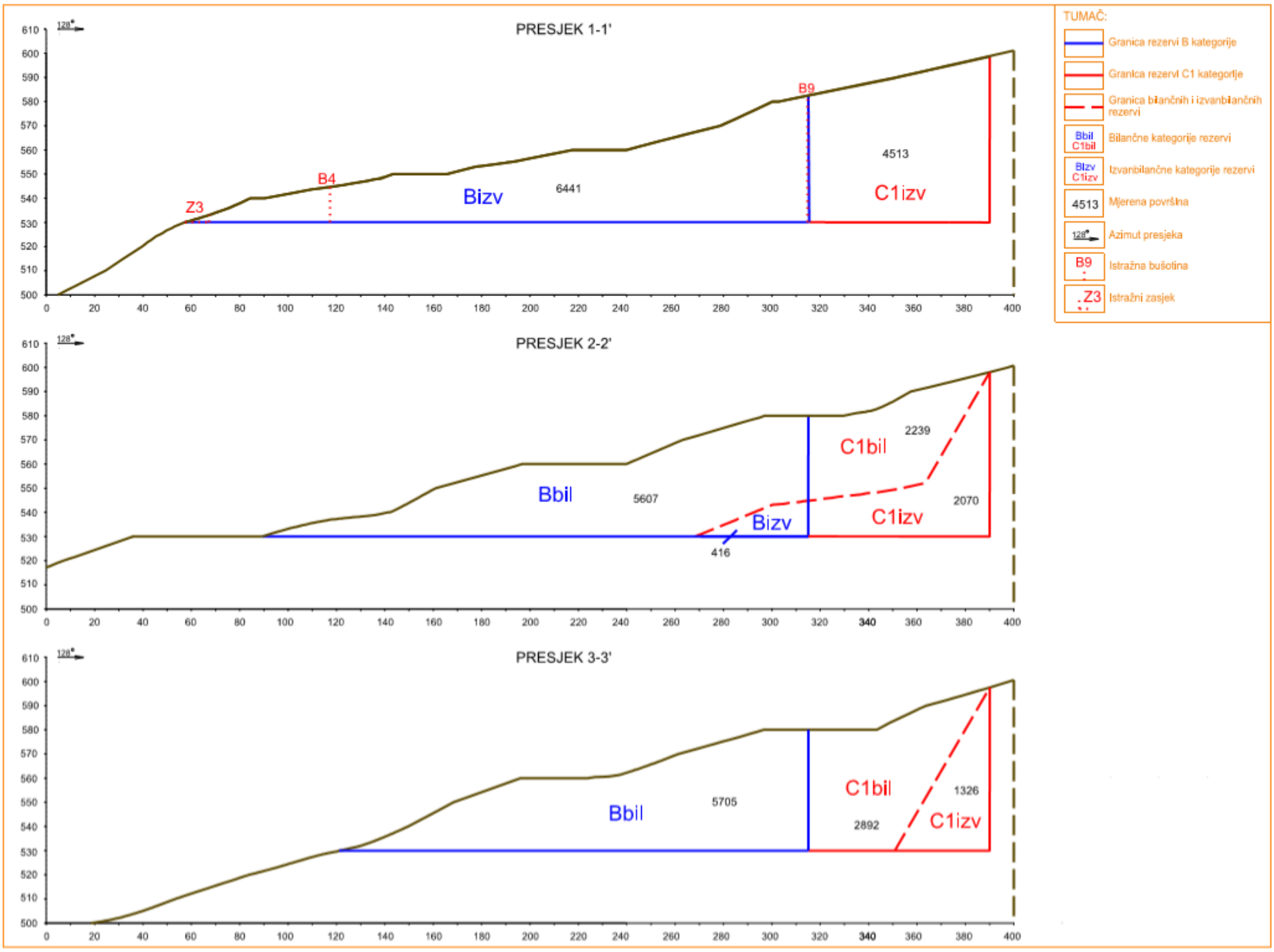
SLUŽBENE NOVINE F BiH. br. 36/12. *Pravilnik o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi čvrstih mineralnih sirova i vođenju evidencije o njima.* Sarajevo: Službene novine.

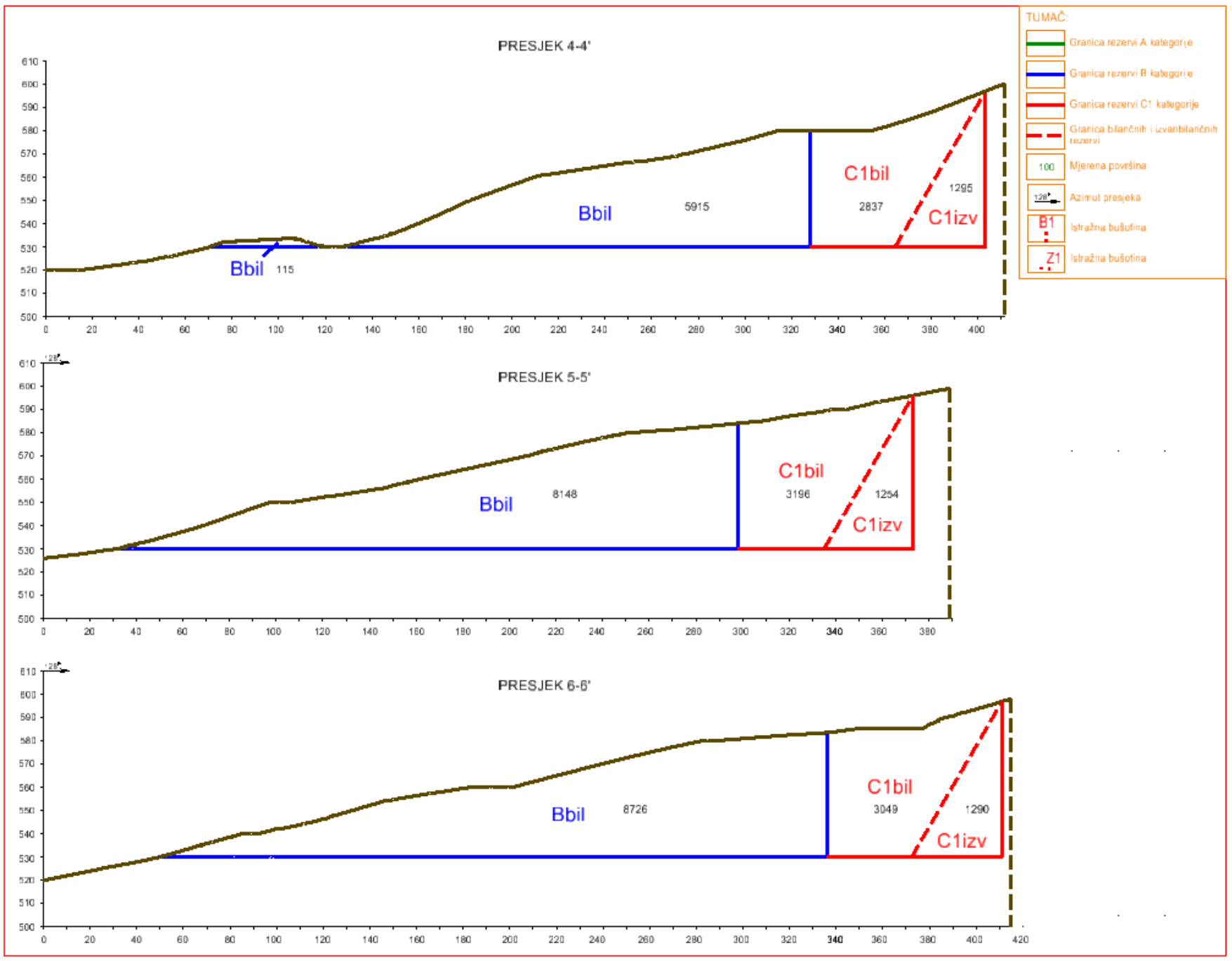
SERDARUŠIĆ A. 2016. *Modeliranje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u istražnom prostoru „Ranče".* Završni rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

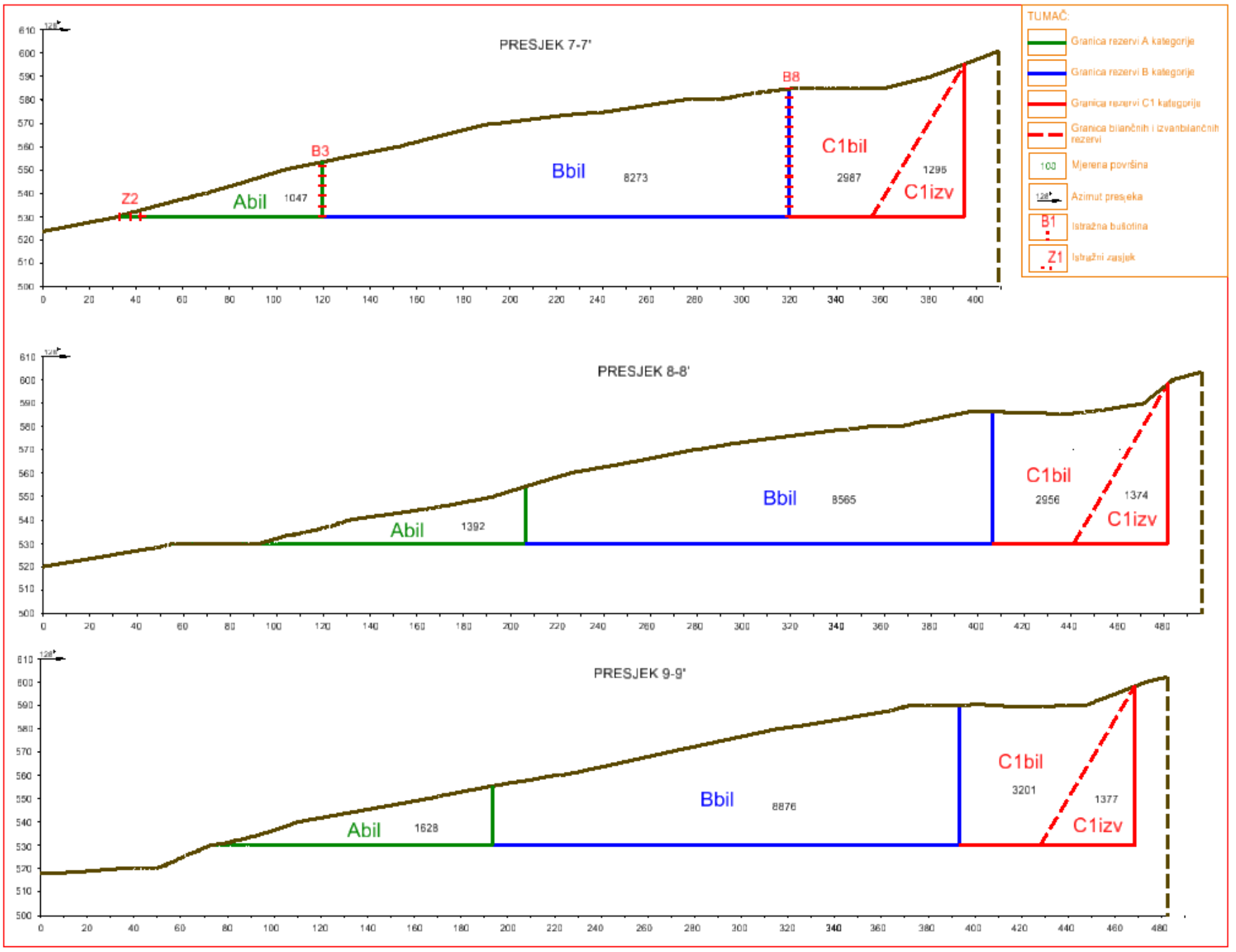
PRILOG br. 1 Situacijska karta s kategorijama rezervi M1:6000

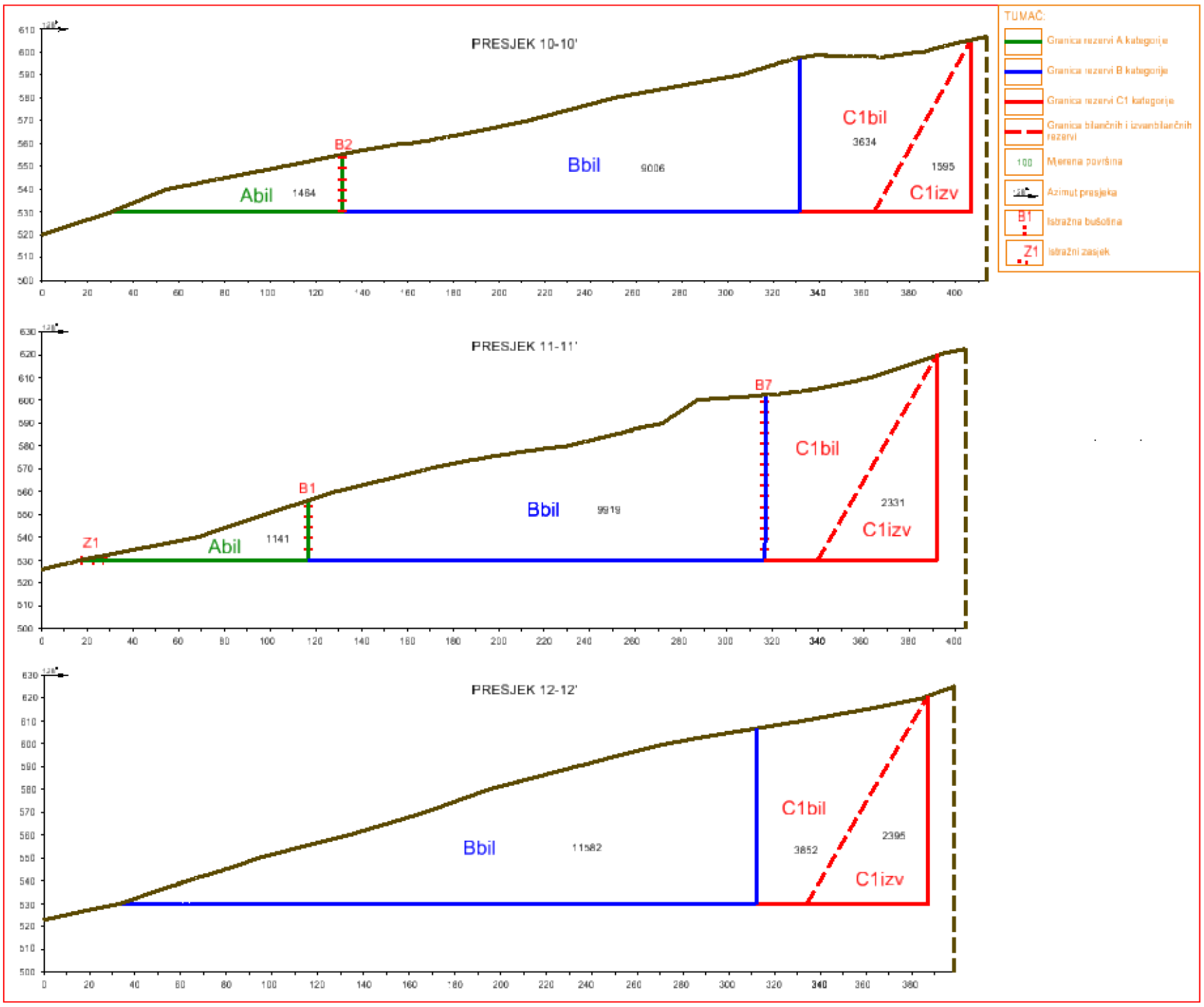
PRILOG br. 2 Obračunski presjeci M1:5000

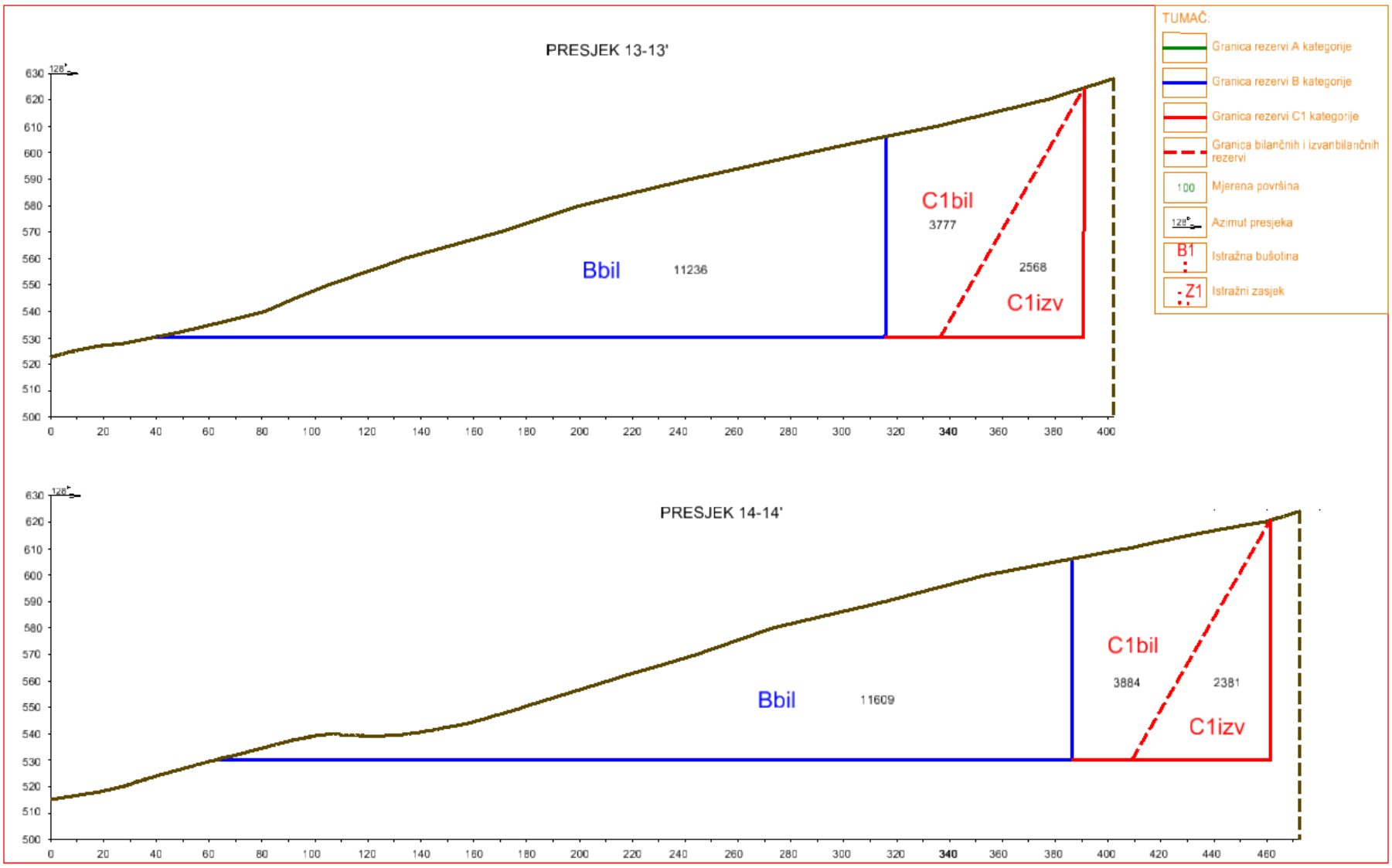

4
814
617
6
485
014
A
B
S
4
813
994
6
485
014
D
C
0
500m
TUMAČ:
Granica rezervi A kategorije
Granica rezervi B kategorije
Granica rezervi C1 kategorije
Granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi C1 kategorije
A-kat
B-kat
C1-kat
Oznake za A, B i C1 kategoriju rezervi
Položaj obračunskog presjeka
B1
Istražna bušotina
Z1
Istražni zasjek
Granica istražnog prostora
RGNF ZAGREB
LEŽIŠTE ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA "JEDRINJE"
9-2020
RGNF ZAGREB
ELABORAT O REZERVAMA
ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA
NA ISTRAŽNOM PROSTORU "JEDRINJE"
ANDREJ KOVAČEVIĆ
1:6 000
KARTA REZERVI
1

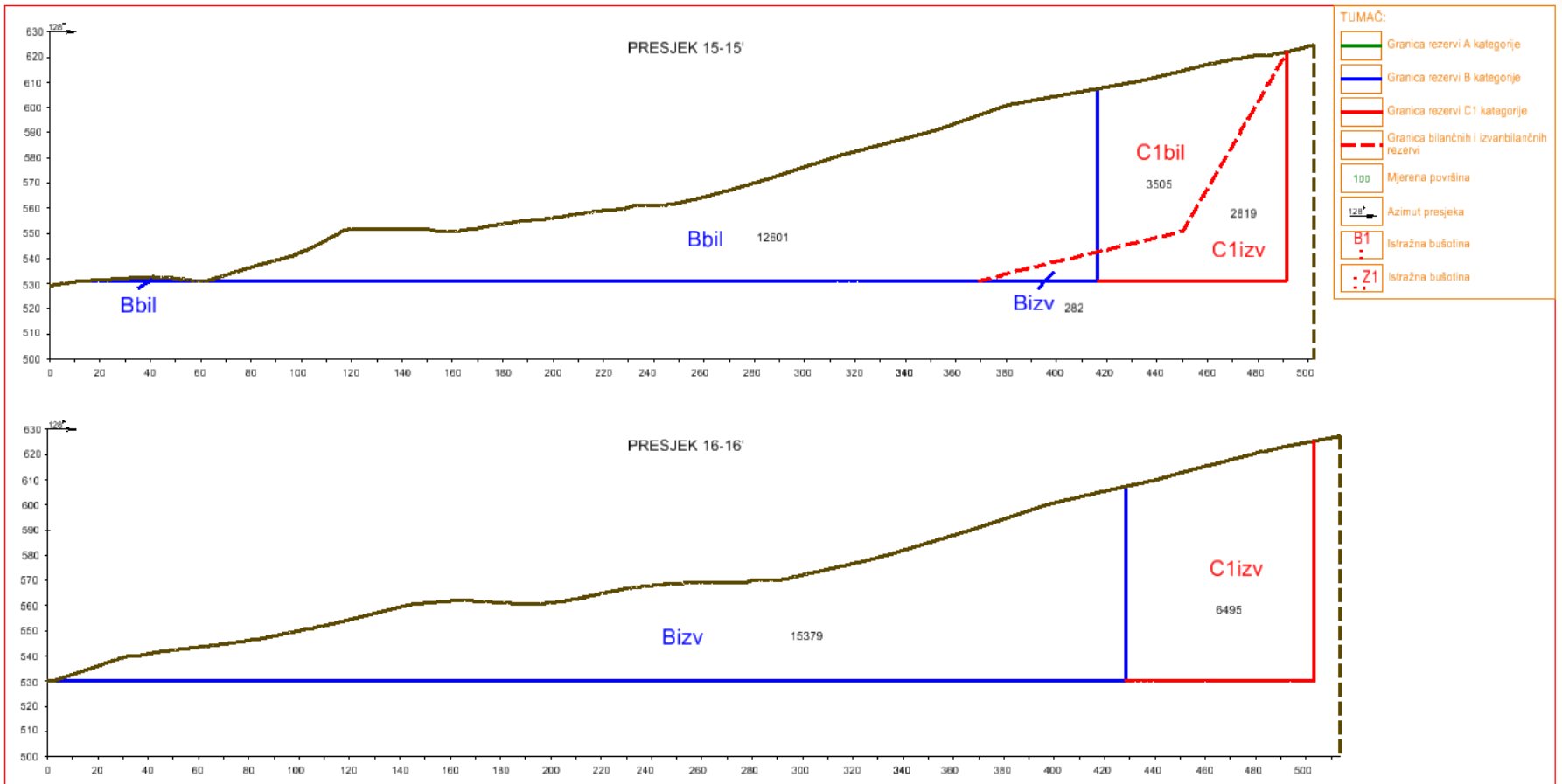

PRESJEK 1-1'
128°
Z3
B4
B9
Bizv
6441
4513
C1izv
PRESJEK 2-2'
128°
Bbil
5607
C1bil
2239
Bizv
416
C1izv
2070
PRESJEK 3-3'
128°
Bbil
5705
C1bil
2892
1326
C1izv
TUMAČ:
Granica rezervi B kategorije
Granica rezervi C1 kategorije
Granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi
Bbil C1bil
Bilančne kategorije rezervi
Bizv C1izv
Izvanbilančne kategorije rezervi
4513
Mjerena površina
128°
Azimut presjeka
B9
Istražna bušotina
Z3
Istražni zasjek


PRESJEK 4-4'
Bbil
115
Bbil
5915
C1bil
2837
1295
C1izv
PRESJEK 5-5'
Bbil
8148
C1bil
3196
1254
C1izv
PRESJEK 6-6'
Bbil
8726
C1bil
3049
1290
C1izv
TUMAČ:
Granica rezervi A kategorije
Granica rezervi B kategorije
Granica rezervi C1 kategorije
Granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi
100
Mjerena površina
Azimut presjeka
B1
Istražna bušotina
Z1
Istražna bušotina


PRESJEK 7-7'
Abil
1047
Bbil
8273
C1bil
2987
C1izv
1295
Z2
B3
B8
PRESJEK 8-8'
Abil
1392
Bbil
8565
C1bil
2956
C1izv
1374
PRESJEK 9-9'
Abil
1628
Bbil
8876
C1bil
3201
C1izv
1377
TUMAČ:
Granica rezervi A kategorije
Granica rezervi B kategorije
Granica rezervi C1 kategorije
Granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi
100 Mjerena površina
Azimut presjeka
B1 Istražna bušotina
Z1 Istražni zasjek


PRESJEK 10-10'
Abil
1484
B2
Bbil
9006
C1bil
3634
1595
C1izv
PRESJEK 11-11'
Z1
Abil
1141
B1
Bbil
9919
B7
C1bil
2331
C1izv
PRESJEK 12-12'
Bbil
11582
C1bil
3852
2395
C1izv
TUMAČ:
Granica rezervi A kategorije
Granica rezervi B kategorije
Granica rezervi C1 kategorije
Granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi
100
Mjerena površina
Azimut presjeka
B1
Istražna bušotina
Z1
Istražni zasjek


PRESJEK 13-13'
Bbil
11236
C1bil
3777
2568
C1izv
PRESJEK 14-14'
Bbil
11609
C1bil
3884
2381
C1izv
TUMAČ:
Granica rezervi A kategorije
Granica rezervi B kategorije
Granica rezervi C1 kategorije
Granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi
100 Mjerena površina
Azimut presjeka
B1 Istražna bušotina
Z1 Istražni zasjek


PRESJEK 15-15'
Bbil
12601
C1bil
3505
2819
C1izv
Bbil
Bizv
282
PRESJEK 16-16'
Bizv
15379
C1izv
6495
TUMAČ:
Granica rezervi A kategorije
Granica rezervi B kategorije
Granica rezervi C1 kategorije
Granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi
100 Mjerena površina
Azimut presjeka
B1 Istražna bušotina
Z1 Istražna bušotina