

5.2.5. OPIS METODA I PRIKAZ PRORAČUNA REZERVI (OBUJMA) M.S.

prema PRAVILNIKU O UTVRĐIVANJU REZERVI I EKSPLOATACIJI MINERALNIH SIROVINA
(NN 46/18)

5.2.5.1. OPĆE ODREDBE

MINERALNE SIROVINE

Članak 2.

(1) Mineralne sirovine za koje se u smislu odredbi ovoga Pravilnika utvrđuju količine rezervi mineralnih sirovina, evidentiraju i prikupljaju podaci o kakvoći rezervi mineralnih sirovina i izrađuje bilanca stanja rezervi mineralnih sirovina, jesu:

1. gips
2. kremeni pijesak
3. keramička i vatrostalna glina
4. tuf
5. mineralne sirovine za proizvodnju cementa
6. karbonatne mineralne sirovine (vapnenci i dolomiti) za industrijsku preradbu
7. silikatne mineralne sirovine za industrijsku preradbu
8. tehničko-građevni kamen (amfibolit, andezit, bazalt, dijabaz, granit, dolomit, vapnenac)
9. građevni pijesak i šljunak iz neobnovljivih ležišta
10. ciglarska glina
11. arhitektonsko-građevni kamen i
12. mineralne sirovine kovina – boksit.

ZAJEDNIČKI KRITERIJI

Članak 3.

Stupanj istraženosti ležišta mineralnih sirovina utvrđuje se na temelju stupnja poznavanja:

1. elemenata prostiranja, veličine, oblika i građe ležišta njihove veze s određenim stratigrafskim horizontima i tektonskim strukturama;
2. pripadnosti ležišta određenim genetskim tipovima odnosno geološkim formacijama
3. kemijskog sastava mineralne sirovine
4. mineralno-petrografskog sastava mineralne sirovine
5. strukturno-teksturnih značajki mineralne sirovine
6. prostornog rasporeda različitih tipova mineralnih sirovina
7. fizičko-mehaničkih svojstava mineralne sirovine i
8. tehničko-eksploatacijskih čimbenika osnovom geološke građe ležišta, te uvjeta i ograničenja eksploatacije

METODE ISTRAŽIVANJA

Članak 4.

Istraženost ležišta čvrstih mineralnih sirovina utvrđuje se:

1. odgovarajućim metodama geoloških, geofizičkih, geokemijskih, hidrogeoloških i inženjersko-geoloških istraživanja
2. površinskim i podzemnim istražnim radovima i
3. istražnim bušenjem.

5.2.5.2. KATEGORIZACIJA REZERVI MINERALNIH SIROVINA (STUPANJ ISTRAŽENOSTI LEŽIŠTA)

Kategorije koje se utvrđuju za eksploatacijske rezerve

Članak 8.

- (1) Rezerve mineralnih sirovina utvrđuju se na temelju obavljenih istražnih radova sukladno odredbama ovoga Pravilnika, a ovisno o stupnju istraženosti ležišta i utvrđenoj kakvoći mineralnih sirovina razvrstavaju se u kategorije A, B i C 1.
- (2) Rezerve mineralnih sirovina u ležištu utvrđuju se samo ako je mineralna sirovina dokazana na najmanje tri pozicije koje nisu na istom pravcu.
- (3) Rudarski projekti eksploatacije mineralnih sirovina mogu se izraditi i provjeriti za rezerve mineralnih sirovina kategorija A, B i C .
- (4) Ukupne količine rezervi mineralnih sirovina kategorija A i B iz stavka 3. ovoga članka moraju biti potvrđene u količini koja osigurava najmanje pet godina eksploatacije sukladno predviđenoj godišnjoj eksploataciji.

Kategorija koja se utvrđuje za potencijalne rezerve

Članak 10.

(1) Potencijalne rezerve mineralnih sirovina sukladno odredbama ovoga Pravilnika (u daljnjem tekstu: mineralni resursi) procjenjuju se na temelju geoloških i geofizičkih podataka koji su djelomično provjereni istražnim radovima odnosno određeni analogijom s proučenih dijelova ležišta i razvrstavaju se u kategoriju C2.

(2) Mineralni resursi kategorije C2 ne potvrđuju se rješenjem povjerenstva za utvrđivanje rezervi i imaju orijentacijski karakter.

5.2.5.3. KLASIFIKACIJA REZERVI MINERALNIH SIROVINA

Članak 11.

Rezerve mineralnih sirovina, ovisno o mogućnostima njihove eksploatacije, razvrstavaju se u:

- bilančne rezerve mineralnih sirovina
- izvanbilančne rezerve mineralnih sirovina i
- eksploatacijske rezerve mineralnih sirovina.

Bilančne rezerve mineralnih sirovina

Članak 12.

(1) Bilančne rezerve mineralnih sirovina su utvrđene količine i kakvoća rezervi mineralnih sirovina, sukladno odredbama ovoga Pravilnika, a koje je moguće na ekonomski opravdan način eksploatirati.

(2) Bilančne rezerve mineralnih sirovina, sukladno odredbama ovoga Pravilnika, proračunavaju se iz utvrđenog obujma ležišta mineralnih sirovina umanjenog za popravni koeficijent.

(3) Popravni koeficijent odnosi se na komponente u ležištu koje se ne koriste i jalovinu u ležištu, a određuje se osnovom rezultata istražnih radova, iskustvenih podataka ili analogijom sa susjednih ležišta istih mineralnih sirovina.

(4) Proračun bilančnih rezervi mineralnih sirovina ne uključuje površinsku jalovinu ležišta, odnosno površinska jalovina se proračunava zasebno ili je uključena u popravni koeficijent.

Izvanbilančne rezerve mineralnih sirovina

Članak 13.

(1) Izvanbilančne rezerve mineralnih sirovina su utvrđene količine i kakvoća rezervi mineralnih sirovina, sukladno odredbama ovoga Pravilnika, a koje nije moguće na ekonomski opravdan način eksploatirati.

(2) Izvanbilančne rezerve mineralnih sirovina, sukladno odredbama ovoga Pravilnika, proračunavaju se iz utvrđenog obujma ležišta mineralnih sirovina umanjenog za popravni koeficijent.

(3) Izvanbilančne rezerve mineralnih sirovina iz stavka 1. ovoga članka uključuju i utvrđene rezerve mineralnih sirovina u zaštitnim stupovima i završnim kosinama rudarskih objekata.

(4) Proračun izvanbilančnih rezervi mineralnih sirovina ne uključuje površinsku jalovinu ležišta, odnosno površinska jalovina se proračunava zasebno ili je uključena u popravni koeficijent.

Popravni koeficijent (kp)

- Ako postoji sumnja da su u obračunu rezervi proračunati parametri, metode ispitivanja, kemijske i druge analize nedovoljno točni, dobiveni se podaci mogu korigirati popravnim koeficijentima.
- Popravni koeficijenti se mogu odnositi na sadržaj korisnih i štetnih komponenti, prostornu masu, vlažnost, površinu, volumen rudnog tijela i dr.
- **Popravni koeficijent (k_p)** je gubitak m.s. nastao kroz površinsku jalovinu (ako nije zasebno izračunata), stjensku masu u razdrobljenim zonama, te nekomercijalnim dijelovima m.s. Popravnim koeficijentom iskazuje se gubitak m.s. nastao zbog uvjeta koji vladaju u ležištu a on se koristi pri bilanciranju rezervi.
- Iznos popravnog koeficijenta izravno je ovisan o geološkim uvjetima u ležištu na kojem se obavlja eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena, a prije svega o debljini površinske jalovine, strukturno-tektonskom sklopu ležišta, veličini komada kamena koji imaju komercijalnu vrijednost i sl. Za ležišta arhitektonsko-građevnog kamena iznos popravnog koeficijenta različit je za svako ležište, a na ležištima u Republici Hrvatskoj, se najčešće kreće u intervalu od 0,18 do 0,22, a iznimno do 0,54 (ležište “Kanfanar” u Istri).

Eksploatacijske rezerve mineralnih sirovina

Članak 14.

(1) Eksploatacijske rezerve mineralnih sirovina proračunavaju se iz bilančnih rezervi mineralnih sirovina umanjenih za eksploatacijski gubitak.

(2) Eksploatacijski gubitak je iskustveni podatak kojim se iskazuje gubitak mineralnih sirovina osnovom izabrane ili predviđene metode eksploatacije.

Eksploatacijski gubitak (E_g)

Eksploatacijski gubitak (E_g) je gubitak stijenske mase nastao razaranjem stijenske mase reznim alatima (rezanjem lančanom podsjekačicom, dijamantnom žičnom pilom i dr. strojevima), utovarom, transportom i/ili drugim tehnološkim radnjama te se može egzaktno izračunati (teorijski) ili dobiti statističkom obradom podataka (iskustveno). Često se nazivaju i tehnološki gubici.

Iznos eksploatacijskog gubitka, za razliku od popravnog koeficijenta, nije prvenstveno ovisan o geološkim uvjetima u ležištu na kojem se obavlja eksploatacija mineralnih sirovina nego o tehnološkim rješenjima i metodama dobivanja-otkopavanja.

Eksploatacijski gubici kod dobivanja arhitektonsko-građevnog kamena ovise prvenstveno o metodi eksploatacije (miniranje, strojno dobivanje, ručno otkopavanje) i debljini reznih elemenata strojeva za rezanje (lančane sjekačice dijamantne žične pile i dr.); iznose od 2% do 10% udjela u bilančnim rezervama.

Eksploatacijski gubici kod dobivanja tehničko-građevnog kamena ovise prvenstveno o minirljivosti stijena i stupnju osiromašenja, odnosno gubitka m.s. zbog miješanja odminirane stijene s primjesama štetnih komponenti (humus, zemlja crvenica i glinoviti materijali); iznose od 2 do 5% udjela u bilančnim rezervama.

Eksploatacijski gubici kod dobivanja ugljena ovise prvenstveno o reznim elementima i operativnim mogućnostima strojeva za dobivanje; iznose od 5 do 10% udjela u bilančnim rezervama.

Eksploatacijski gubici kod dobivanja boksita ovise prvenstveno o metodi eksploatacije i stupnju osiromašenja, odnosno gubitka m.s. zbog miješanja boksita s primjesama štetnih komponenti (prateće stijene: vapnenac, lapor, breče, konglomerati i dr.); iznose od 5 do 20% udjela u bilančnim rezervama.

Koeficijent iskorištenja (k_i)

Koeficijent iskorištenja (k_i) je, općenito, odnos korisne supstance mineralne sirovine i ukupne količine iskopane stijene.

Kod arhitektonsko-građevnog kamena, koeficijent iskorištenja predstavlja odnos obujma komercijalnih blokova i ukupnog obujma stijenske mase koju je potrebno odrezati da bi se otkopali i formirali komercijalni blokovi.

Obujam komercijalnih blokova je zapravo obujam eksploatacijskih rezervi u nekom ležištu. Koeficijent iskorištenja se dobije računskim putem iz izraza:

$$k_i = \frac{O_{eks}}{O_u}$$

O_{eks} - obujam komercijalnih blokova

O_u - ukupni obujam odrezane stijenske mase

Ekstrapolacija rezervi

Članak 15.

(1) Rezerve mineralnih sirovina proračunavaju se primjenom optimalnih metoda koje osiguravaju dovoljnu točnost proračuna. Posebno se mora voditi računa o obliku i veličini ležišta, promjenjivosti kakvoće mineralnih sirovina i obuhvatu istražnih radova.

(2) Pri proračunavanju rezervi primarne vrste mineralne sirovine u ležištu mogu se proračunati i prateće mineralne sirovine u ležištu, a koje se uz eksploataciju primarne vrste mineralnih sirovina također mogu ekonomski opravdano eksploatirati sukladno odredbama ovoga Pravilnika.

(3) Pri proračunavanju rezervi mineralnih sirovina kategorije A uvrštavaju se isključivo rezerve mineralnih sirovina unutar obuhvata spojnica istražnih radova propisanih za A kategoriju, odnosno nije dozvoljena ekstrapolacija rezervi mineralnih sirovina kategorije A.

(4) Pri proračunavanju rezervi mineralnih sirovina isključivo u ležištu jednostavne građe i ujednačenog sastava dopuštena je ekstrapolacija za rezerve mineralnih sirovina kategorije B i C pod uvjetom da se ekstrapolacijom izračunate rezerve mineralnih sirovina bočno nastavljaju na utvrđene rezerve mineralnih sirovina iste ili više kategorije. Odgovorni voditelj izrade elaborata o rezervama mineralnih sirovina (u daljnjem tekstu: odgovorni voditelj) dužan je detaljno argumentirati i dokazati primjenjivost odredbi ovoga stavka.

Ekstrapolacija rezervi-nastavak

Članak 15. , nastavak

(5) U slučaju iz stavka 4. ovoga članka, pri proračunavanju rezervi mineralnih sirovina kategorije B dozvoljeno je i uvrštavanje rezervi mineralnih sirovina koje se nalaze izvan obuhvata spojnice istražnih radova propisanih za A i B kategoriju, a kod uvrštavanja istih ekstrapolacija može iznositi do 25% maksimalnih udaljenosti između propisanih istražnih radova za B kategoriju, ako to dopuštaju karakteristike ležišta.

(6) U slučaju iz stavka 4. ovoga članka, pri proračunavanju rezervi mineralnih sirovina kategorije C1 dozvoljeno je i uvrštavanje rezervi mineralnih sirovina koje se nalaze izvan obuhvata spojnice istražnih radova propisanih za A, B i C1 kategoriju, a kod uvrštavanja istih ekstrapolacija može iznositi do 25% maksimalnih udaljenosti između propisanih istražnih radova za C1 kategoriju, ako to dopuštaju karakteristike ležišta.

(7) Pri proračunavanju rezervi mineralnih sirovina nije dopuštena ekstrapolacija po dubini.

(8) Iznimno od odredbi stavka 4. ovoga članka ekstrapolacija je dozvoljena u posebnim slučajevima i za ležišta koja nisu jednostavne građe i ujednačenog sastava, isključivo temeljem detaljnog i argumentiranog objašnjenja odgovornog voditelja.

5.2.5.4. PRORAČUN REZERVI M.S.

5.2.5.4.1. POSTUPAK PRORAČUNA REZERVI M.S.

- IZRADA PROGRAMA-PROJEKTA ISTRAŽNIH RADOVA
- RASPORED I IZVEDBA ISTRAŽNIH RADOVA
- OKONTURENJE LEŽIŠTA, TEMELJEM IZVEDENIH ISTRAŽNIH RADOVA
- ODABIR METODE PRORAČUNA REZERVI
- PRORAČUN UKUPNOG OBUJMA
- PROCJENA (PRORAČUN) POPRAVNOG KOEFICIJETNA
- PRORAČUN BILANČNIH I IZVANBILANČNIH REZERVI
- PROCJENA (PRORAČUN) EKSPLOATACIJSKIH GUBITAKA
- PRORAČUN EKSPLOATACIJSKIH REZERVI

OSNOVNI IZRAZI ZA IZRAČUN REZERVI M.S.

1. OBUJAM MINERALNE SIROVINE ili ISKOPA

$$O_U = \text{količina koja se dobije jednom od metoda proračuna, m}^3 \quad (1)$$

2. BILANČNE REZERVE

$$O_{bil} = O_U \times k_p, \text{ m}^3 \quad (2)$$

O_U - ukupni obujam, m³

k_p - popravni koeficijent

OSNOVNI IZRAZI ZA IZRAČUN REZERVEI M.S.-nastavak

3. EKSPLOATACIJSKE REZERVE-PROSTORNO

$$O_{eks} = O_{bil} - E_g, m^3 \quad (3)$$

E_g -Eksploatacijski gubitak, m^3

$$E_g = Q_{bil} \times p, m^3 \quad (4)$$

p -udio eksploatacijskog gubitka, %

4. EKSPLOATACIJSKE REZERVE-MASENO

$$Q_{eks} = O_{eks} \times \gamma_{m.s.}, t \quad (5)$$

$\gamma_{m.s.}$ -obujamska masa mineralne sirovine, t/m^3

5.2.5.4.2. METODE PRORAČUNA REZERVI M.S.

- A. metoda vertikalnih paralelnih presjeka,
- B. metoda srednje aritmetičke vrijednosti,
- C. metoda računalnog modeliranja,
- D. metoda vertikalnih neparalelnih presjeka,
- E. metoda trokutova,
- F. metoda geoloških blokova,
- G. metoda eksploatacijskih blokova
- H. metoda poligona,
- I. metoda izohipsi (izolinija).

A. METODA PARALELNIH VERTIKALNIH PRESJEKA (MVPP)

POSTUPAK PRORAČUNA REZERVI

1. Okonturiti ležište mineralnih sirovina na situacijskoj karti
2. Izraditi kartu rezervi na okonturenom ležištu
3. Na okonturenom ležištu postaviti (pozicionirati) vertikalne presjeke
4. Iscrtati (izraditi) vertikalne presjeke ležišta m.s., sa svim bitnim elementima (kategorije i granice rezervi)
5. Na proračunskim presjecima istaknuti površine koje treba izmjeriti
6. Izmjeriti istaknutu površinu, manualnom ili računalnom tehnikom rada
7. Izmjeriti udaljenost između susjednih presjeka
8. Formirati tablicu za unos podataka: površina i udaljenosti poprečnih presjeka, za svaku kategoriju rezervi
9. Očitane-izmjerene vrijednosti površina presjeka i udaljenosti između presjeka unijeti u tablice za izračun obujma i rezervi m.s.
10. Izračunati srednje površine susjednih presjeka
11. Srednju površinu presjeka pomnožiti s udaljenošću između susjednih presjeka
12. Dobijene obujmove između pojedinih presjeka zbrojiti te će se dobiti ukupan obujam za svaku od kategorija rezervi
13. Ukupni obujam pomnožiti s popravnim koeficijentom te će se dobiti bilančne i/ili izvanbilančne rezerve
14. Bilančne rezerve pomnožiti s procijenjenim postotkom eksploatacijskih gubitaka te će se dobiti količine eksploatacijskih gubitaka
15. Od bilančnih rezervi oduzeti količine eksploatacijskih gubitaka te će se dobiti u konačnici eksploatacijske rezerve m.s.

IZRAZI ZA IZRAČUN OBUJMA METODOM VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA (MVPP)

Srednja površina

$$P_{sr} = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \quad (1)$$

P_n – površina n-tog vertikalnog presjeka
 P_{n+1} – površina n+1 vertikalnog presjeka
 n – broj presjeka

Kada se susjedne površine razlikuju >40%
onda se srednja površina računa prema izrazu:

$$P_{sr} = \frac{P_n + P_{n+1} + \sqrt{P_n \cdot P_{n+1}}}{3} \quad (2)$$

Obujam između blokova

$$O_{n...n+1} = P_{sr} \cdot l_{n...n+1} \quad (3)$$

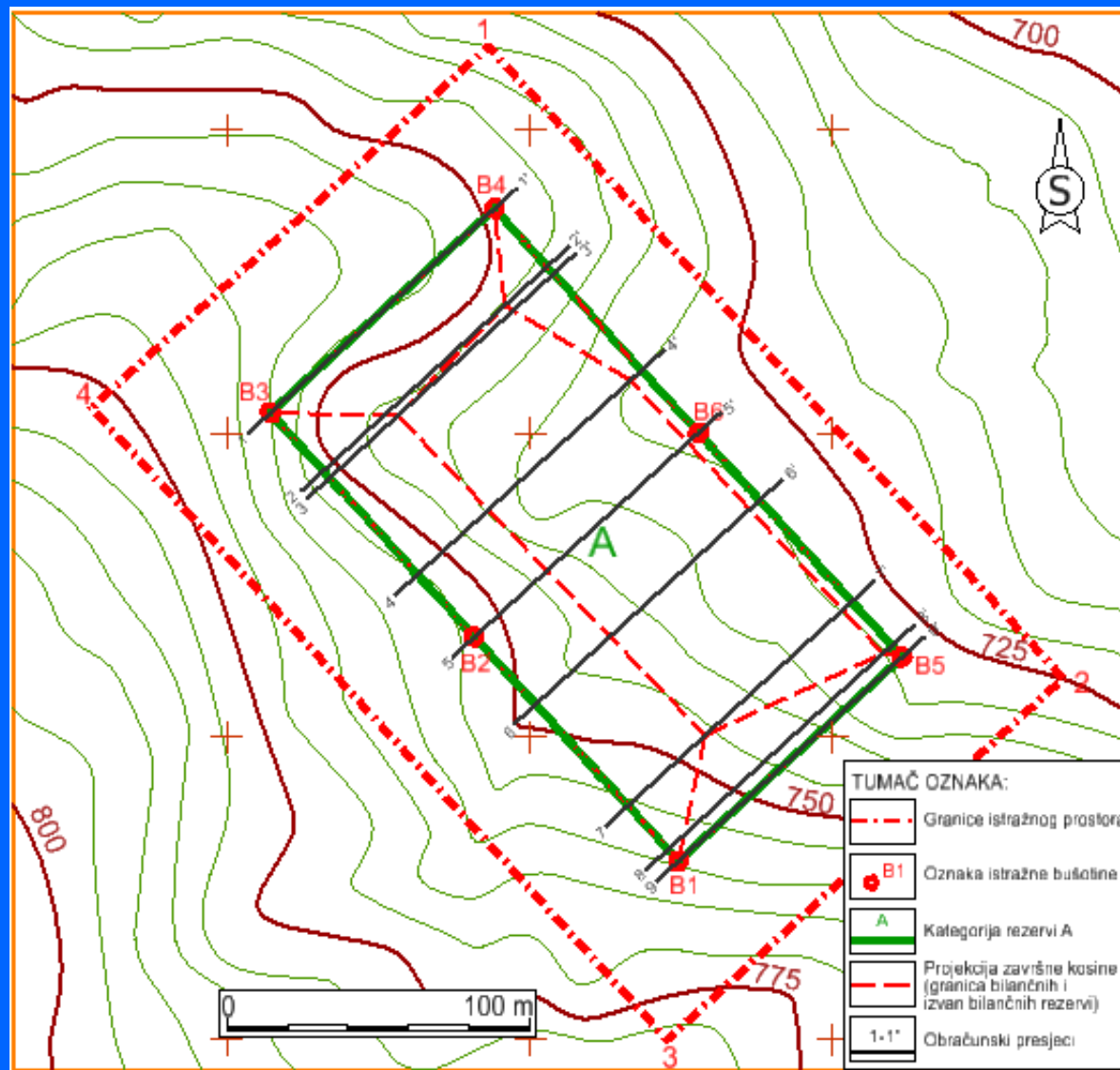
L_n – udaljenost između n-tog i n+1 presjeka

Ukupni obujam

$$O = \sum_{i=1}^r O_i \quad (4)$$

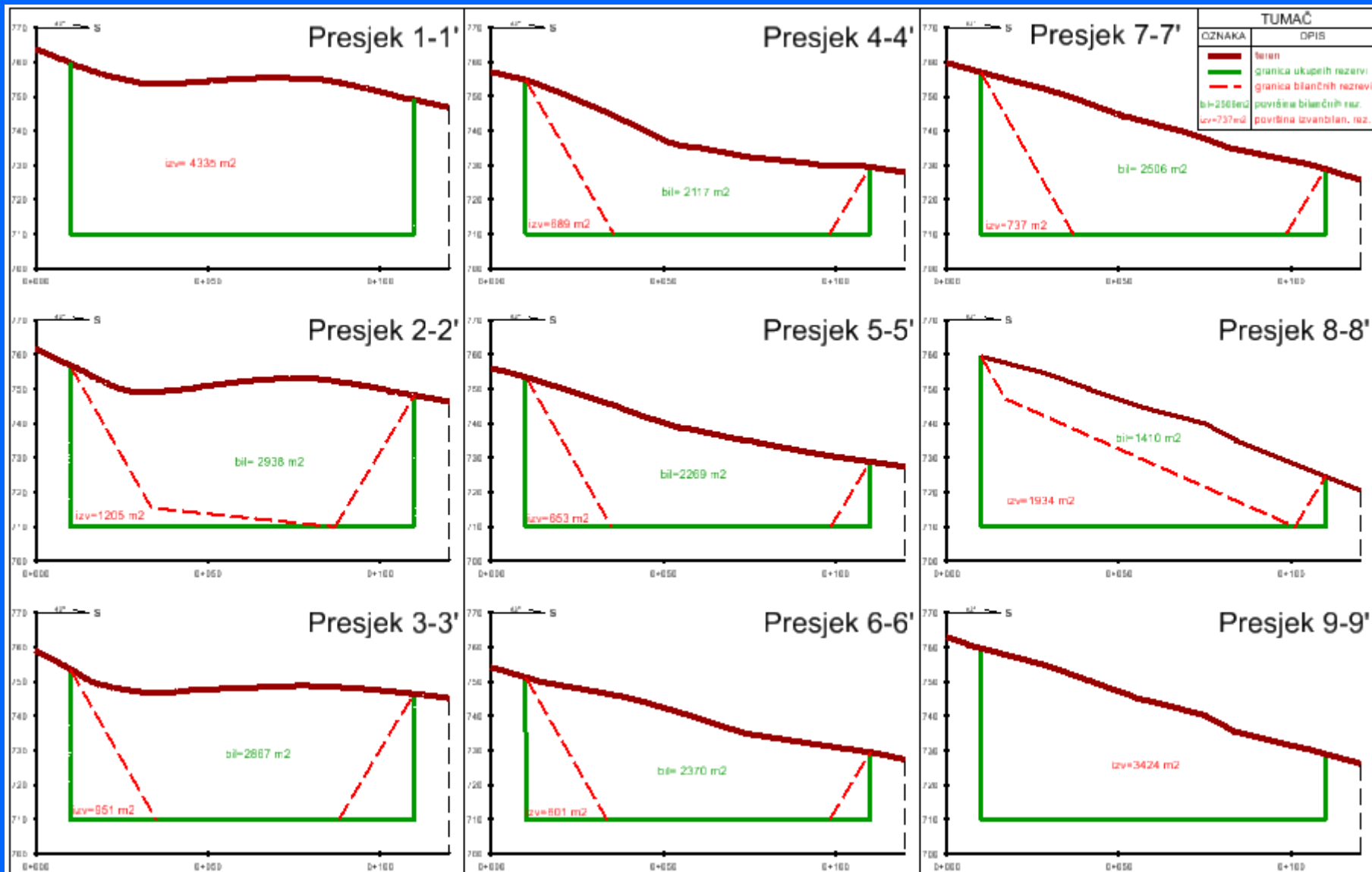
i – broj bloka
 r – ukupni broj blokova (=broj presjeka-1)

1. PRIMJER: RASPORED VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA NA LEŽIŠTIMA S JEDNOM MINERALNOM SIROVINOM NA POVRŠINI



Slika 5.2.46 Situacijska karta ležišta t-gk s položajem istražnih radova, granica rezervi i paralelnih presjeka

1. PRIMJER: IZRADA VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA



Slika 5.2.47

1. PRIMJER: PRIKAZ DOBIVENIH REZULTATA, PREMA MVPP

Tablica 5.2.1 Obujam za bilančne rezerve

Presjek	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m	Obujam O=P _{sr} * l m ³
	P _{pres.}	P _{sr}		
1-1'	0,0	979,3	26,0	25 463
2-2'	2 938,0			
2-2'	2 938,0	2 902,4	3,0	8 707
3-3'	2 867,0			
3-3'	2 867,0	2 482,5	43,0	106 749
4-4'	2 117,0			
4-4'	2 117,0	2 192,6	28,0	61 392
5-5'	2 269,0			
5-5'	2 269,0	2 319,3	30,0	69 580
6-6'	2 370,0			
6-6'	2 370,0	2 437,7	45,0	109 696
7-7'	2 506,0			
7-7'	2 506,0	1 931,9	20,0	38 638
8-8'	1 410,0			
8-8'	1 410,0	470,0	5,0	2 350
9-9'	0,0			
UKUPNO				422 575

Tablica 5.2.2 Obujam za izvan bilančne rezerve

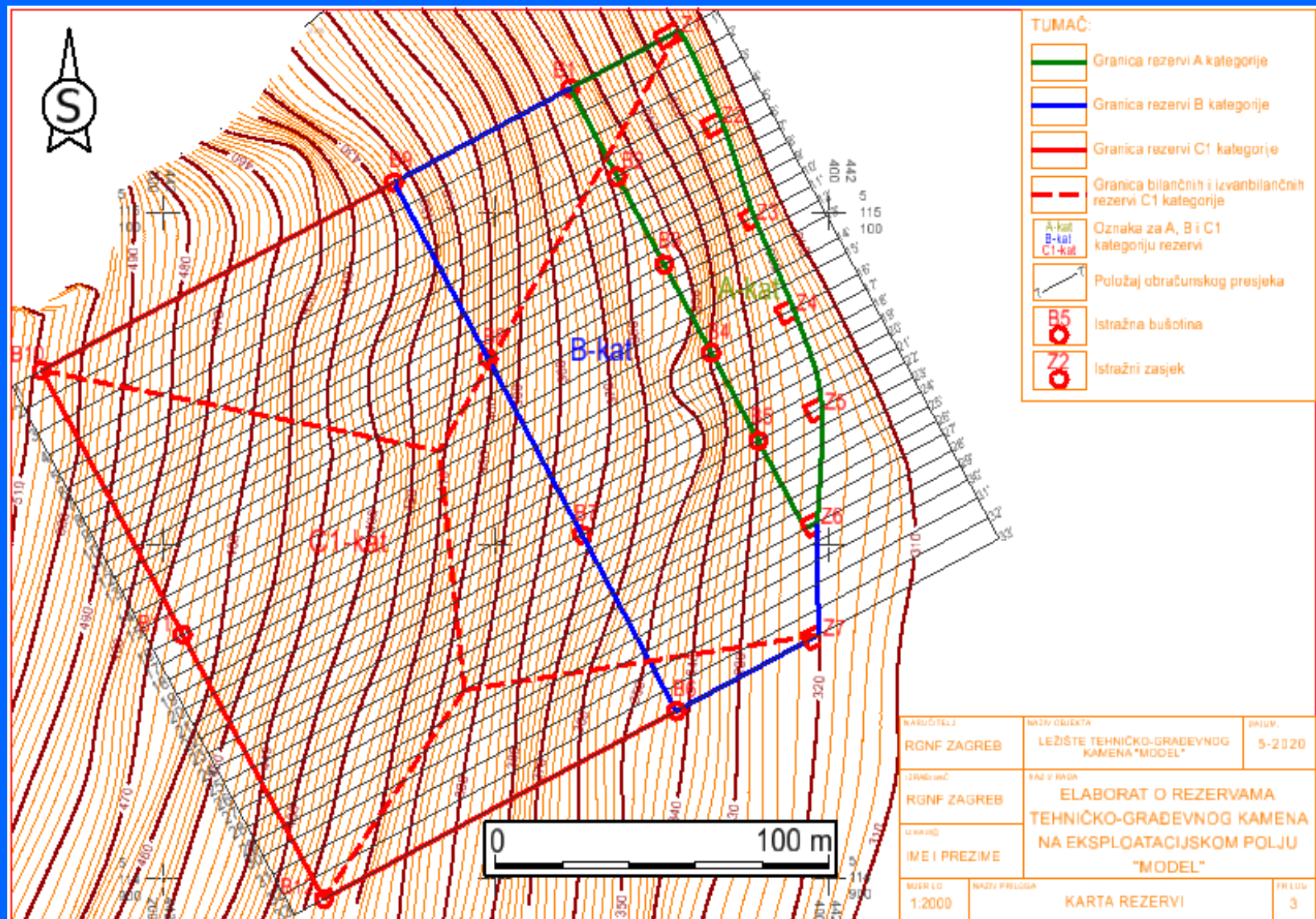
Presjek	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m	Obujam O=P _{sr} * l m ³
	P _{pres.}	P _{sr}		
1-1'	4 335,0	2 608,5	26,0	67 821
2-2'	1 205,0			
2-2'	1 205,0	1 075,5	3,0	3 226
3-3'	951,0			
3-3'	951,0	816,5	43,0	35 109
4-4'	689,0			
4-4'	689,0	670,9	28,0	18 786
5-5'	653,0			
5-5'	653,0	626,8	30,0	18 805
6-6'	601,0			
6-6'	601,0	667,8	45,0	30 053
7-7'	737,0			
7-7'	737,0	1 288,3	20,0	25 766
8-8'	1 934,0			
8-8'	1 934,0	2 643,8	5,0	13 219
9-9'	3 424,0			
UKUPNO				212 785

Tablica 5.2.3 Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi m.s. Tablica 5.2.4 Proračun izvan bilančnih rezervi

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve, m ³	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gub. 2%	Eksploatacijske rez. m ³	Udio %
		Popravni koef. (3)	Količine, m ³ (4)=(2)x(3)			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x2%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	422 575	0,97	409 897	8 198	401 699	100,0%
B	0	0,97	0	0	0	0,0%
C ₁	0	0,97	0	0	0	0,0%
Ukupno	422 575		409 897	8 198	401 699	100,0%

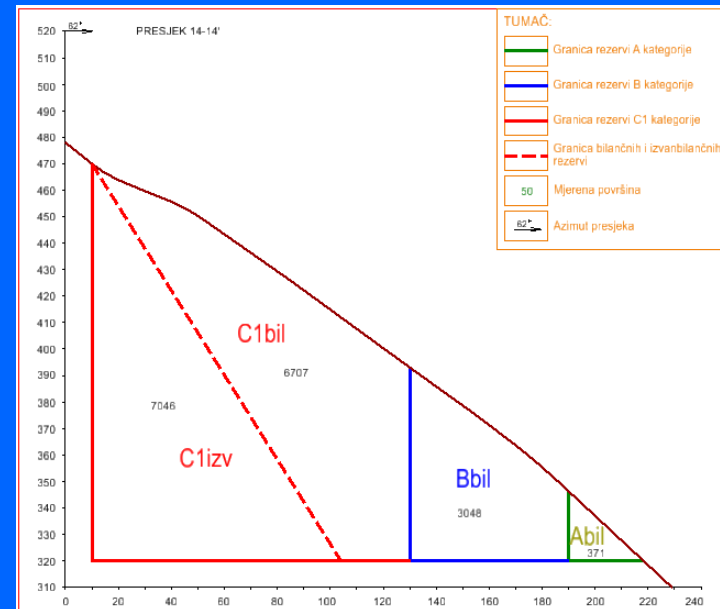
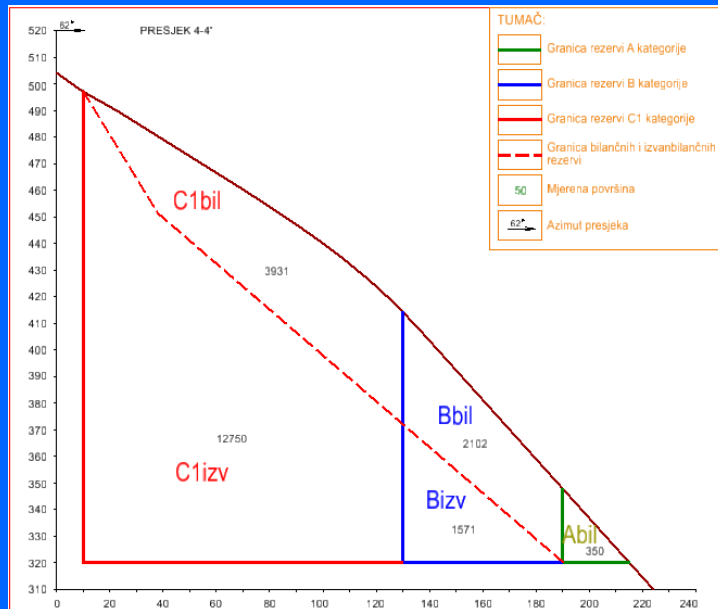
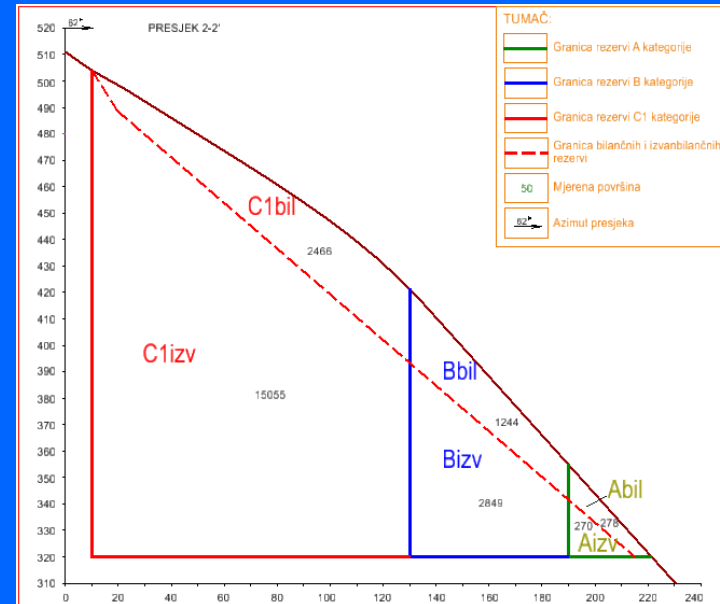
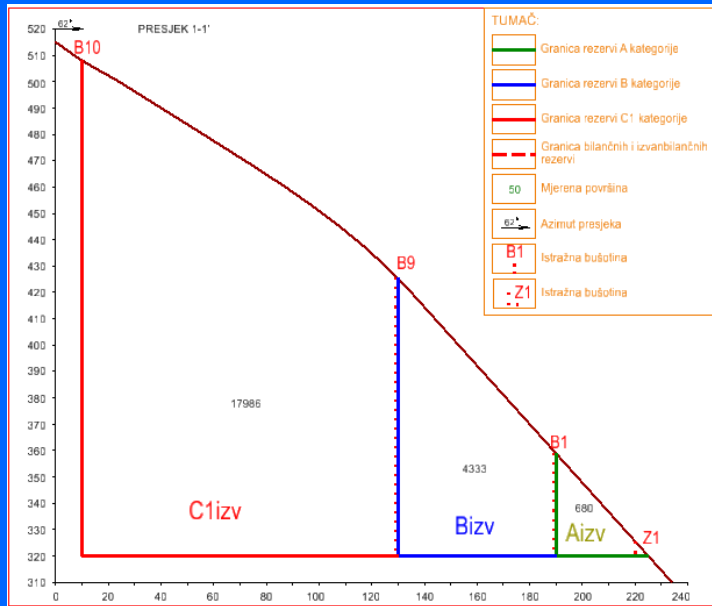
Kategorija rezervi	Ukupne količine za izvan bilančne rezerve, m ³	Izvan bilančne rezerve	
		Popravni koef. (3)	Količine, m ³ (4)=(2)x(3)
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)
A	212 785	0,97	206 401
B	0	0,97	0
C ₁	0	0,97	0
Ukupno	212 785		206 401

2. PRIMJER: RASPORED VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA NA LEŽIŠTIMA S DVIJE MINERALNE SIROVINE



Slika 5.2.48 Situacijska karta ležišta a-gk i t-gk s položajem istražnih radova, granica rezervi i paralelnih presjeka

2. PRIMJER: IZRADA VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA



Slika 5.2.49

2. PRIMJER: PRIKAZ DOBIVENIH REZULTATA, PREMA MVPP

UKUPNI OBUJAM STIJENE U OGRANIČENOM LEŽIŠTU

Tablica 5.2.5 **Obujam za bilančne rezerve**

Presjek	za A KATEGORIJU				za B KATEGORIJU				za C1 KATEGORIJU			UKUPNI OBUJAM A+B+C1 m ³	
	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m	Obujam O=P _{st} * l m ³	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m	Obujam O=P _{st} * l m ³	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m		Obujam O=P _{st} * l m ³
	P _{pres.}	P _{st}			P _{pres.}	P _{st}			P _{pres.}	P _{st}			
1-1'	0,0	92,7	8,0	741	0,0	414,7	8,0	3 317	0,0	822,0	8,0	6 576	10 635
2-2'	278,0				1 244,0				2 466,0				
2-2'	278,0	313,3	15,4	4 825	1 244,0	1 654,4	15,4	25 477	2 466,0	3 170,2	15,4	48 821	79 123
4-4'	350,0				2 102,0				3 931,0				
4-4'	350,0	360,4	54,2	19 536	2 102,0	2 560,4	54,2	138 773	3 931,0	5 257,6	54,2	284 960	443 270
14-14'	371,0				3 048,0				6 707,0				
UKUPNO				25 103				167 568				340 357	533 027

Tablica 5.2.6 **Obujam za izvan bilančne rezerve**

Presjek	za A KATEGORIJU				za B KATEGORIJU				za C1 KATEGORIJU			UKUPNI OBUJAM A+B+C1 m ³	
	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m	Obujam O=P _{st} * l m ³	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m	Obujam O=P _{st} * l m ³	Površina, m ²		Udalj. presj. l, m		Obujam O=P _{st} * l m ³
	P _{pres.}	P _{st}			P _{pres.}	P _{st}			P _{pres.}	P _{st}			
1-1'	680,0	459,5	8,0	3 676	4 333,0	3 565,2	8,0	28 521	17 986,0	16 498,8	8,0	131 990	164 188
2-2'	270,0				2 849,0				15 055,0				
2-2'	270,0	90,0	15,4	1 386	2 849,0	2 178,5	15,4	33 549	15 055,0	13 886,5	15,4	213 853	248 788
4-4'	0,0				1 571,0				12 750,0				
4-4'	0,0	0,0	54,2	0	1 571,0	523,7	54,2	28 383	12 750,0	9 758,1	54,2	528 887	557 270
14-14'	0,0				0,0				7 046,0				
UKUPNO				5 062				90 454				874 731	970 246

Tablica 5.2.7 Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi primarne m.s. (tehničko-građevnog i arhitektonsko-građevnog kamena, karb. sir. i sl.)

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve, m ³	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gub. 10%	Eksploatacijske rez. m ³	Udio %
		Popravni koef. (3)	Količine, m ³ (4)=(2)x(3)			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x10%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	25 103	0,20	5 021	502	4 518	4,7%
B	167 568	0,20	33 514	3 351	30 162	31,4%
C ₁	340 357	0,20	68 071	6 807	61 264	63,9%
Ukupno	533 027		106 605	10 661	95 945	100,0%

Tablica 5.2.8 Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi sekundarne m.s. (tehničko-građevnog kamena i sl.)

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve, m ³	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gub. 2%	Eksploatacijske rez. m ³	Udio %
		Popravni koef. (3)	Količine, m ³ (4)=(2)x(3)			
(1)	(2)=(2) Uk.bil.prim-(4) bil.prim.	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x2%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	20 082	0,95	19 078	382	18 696	4,7%
B	134 054	0,95	127 352	2 547	124 804	31,4%
C ₁	272 285	0,95	258 671	5 173	253 498	63,9%
Ukupno	426 422		405 101	8 102	396 999	100,0%

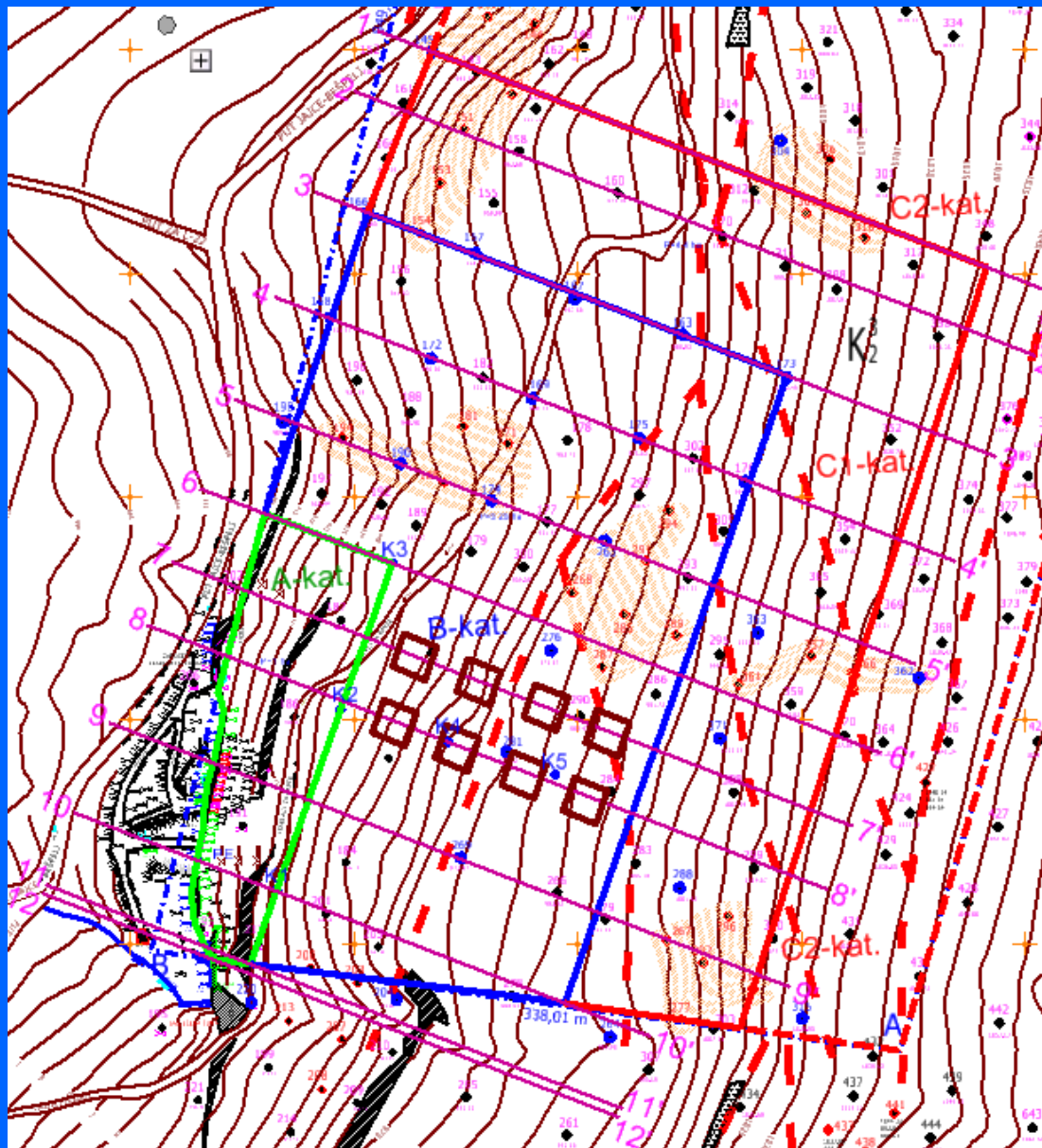
Tablica 5.2.9 Proračun izvan bilančnih rezervi primarne m.s. (tehničko-građevnog i arhitektonsko-građevnog kamena, karb. sir. i sl.)

Kategorija rezervi	Ukupne količine za izvan bilančne rezerve, m ³	Izvan bilančne rezerve	
		Popravni koef.	Količine, m ³
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)
A	5 062	0,20	1 012
B	90 454	0,20	18 091
C ₁	874 731	0,20	174 946
Ukupno	970 246		194 049

Tablica 5.2.10 Proračun izvan bilančnih rezervi sekundarne m.s. (tehničko-građevnog kamena i sl.)

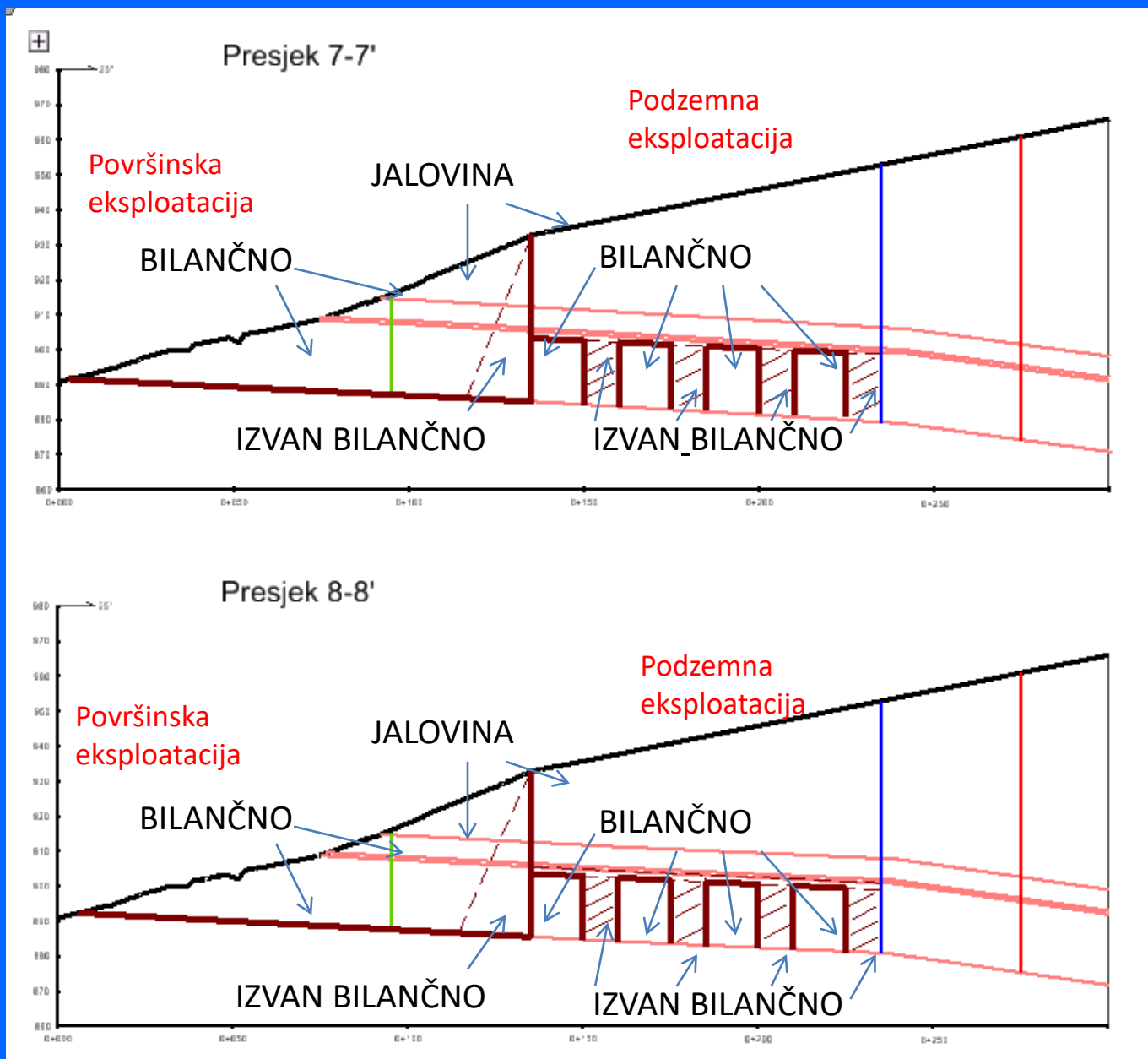
Kategorija rezervi	Ukupne količine za izvan bilančne rezerve, m ³	Izvan bilančne rezerve	
		Popravni koef.	Količine, m ³
(1)	(2)=(2) Uk.izvanbil.prim-(4) izvanbil.prim.	(3)	(4)=(2)x(3)
A	4 050	0,95	3 847
B	72 363	0,95	68 745
C ₁	699 784	0,95	664 795
Ukupno	776 197		737 387

3. PRIMJER: RASPORED VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA NA PODZEMNIM LEŽIŠTIMA A-GK



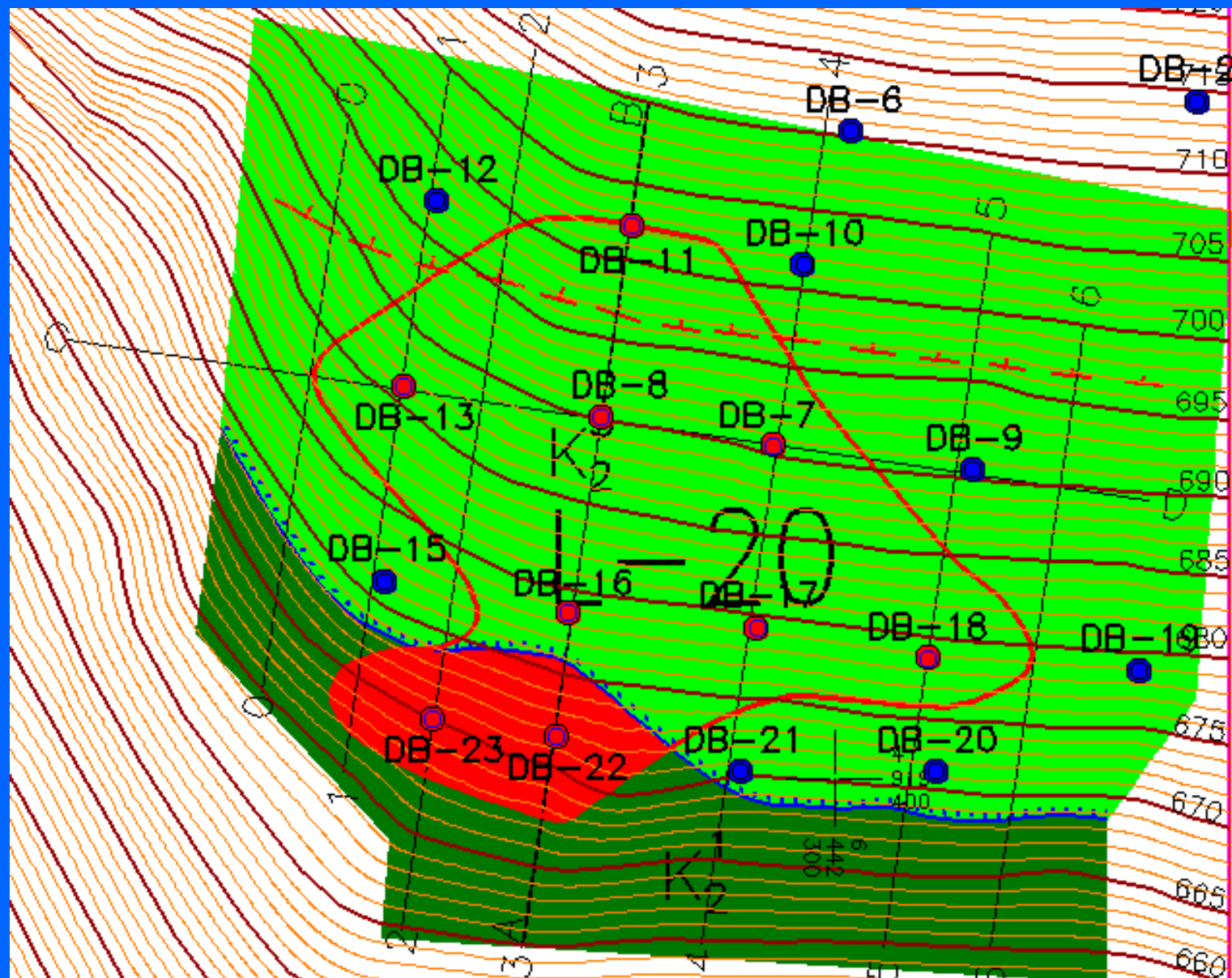
Slika 5.2.50 Situacijska karta ležišta a-gk s položajem istražnih bušotina, granica rezervi i paralelnih presjeka

3. PRIMJER: IZRADA VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA NA PODZEMNIM LEŽIŠTIMA A-GK



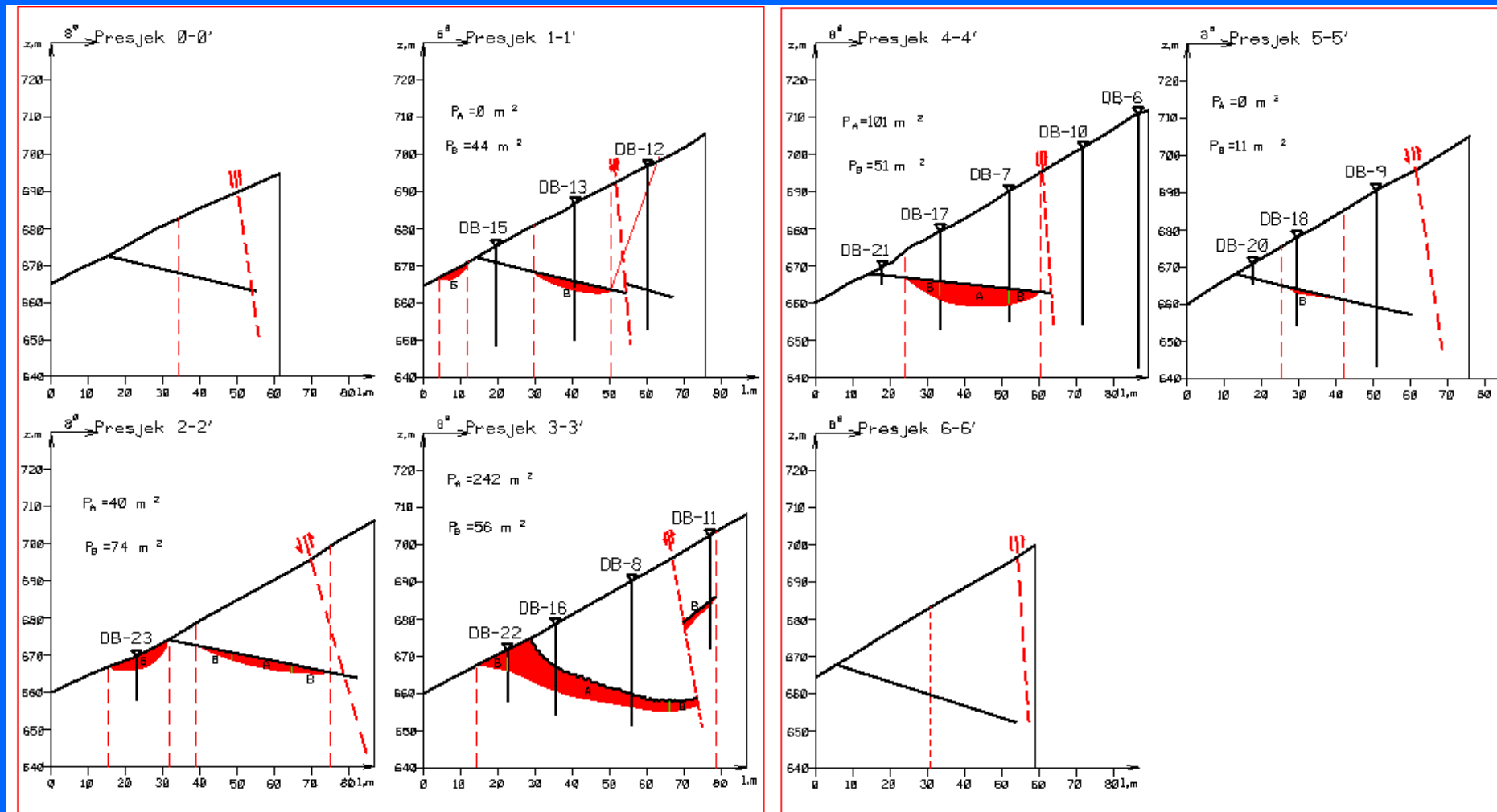
Slika 5.2.51

4. PRIMJER: IZRADA VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA NA LEŽIŠTIMA BOKSITA



Slika 5.2.52 Situacijska karta ležišta boksita s položajem istražnih bušotina i paralelnih presjeka

4. PRIMJER: IZRADA VERTIKALNIH PARALELNIH PRESJEKA NA LEŽIŠTIMA BOKSITA



Slika 5.2.53

4. PRIMJER: PRIKAZ DOBIVENIH REZULTATA, PREMA MVPP

Tablica 5.2.11 Obujam za bilančne

Presjek	A-kategorija				B-kategorija				UKUPNI OBUJAM ΣO m ³ č.m.
	POVRŠINA, m ²		Udaljen. presjeka l, m	Obujam $O=P_{sr} * l$ m ³ č.m.	POVRŠINA, m ²		Udaljen. presjeka l, m	Obujam $O=P_{sr} * l$ m ³ č.m.	
	P _{pres.}	P _{sr}			P _{pres.}	P _{sr}			
		0,00	9,7	0,00		14,67	9,7	142,27	142,27
1-1'	0,0	13,33	8,5	113,33	44,0	58,35	8,5	496,01	609,34
2-2'	40,0	126,80	12,6	1.597,63	74,0	64,79	12,6	816,37	2.414,00
3-3'	242,0	166,45	18,6	3.095,90	56,0	53,48	18,6	994,74	4.090,64
4-4'	101,0	33,67	18,9	636,30	51,0	28,56	18,9	539,82	1.176,12
5-5'	0,0	0,00	11	0,00	11,0	3,67	11	40,33	40,33
UKUPNO				5.443				3.030	8.473

Tablica 5.2.12 Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi boksita

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve, m ³	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gub. 20%	Eksploatacijske rezerve	
		Popravni koef.	Količine, m ³		Obujam, m ³	Masa, t
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x20%	(6)=(4)-(5)	(7)=(6) x 2,7
A	5 443	1,00	5 443	1 089	4 355	11 757
B	3 030	1,00	3 030	606	2 424	6 544
C ₁	0	1,00	0	0	0	0
Ukupno	8 473		8 473	1 695	6 778	18 301

B. METODA SREDNJE ARITMETIČKE VRIJEDNOSTI (MSAV)

POSTUPAK PRORAČUNA REZERVI MSAV-om NA JEDNOSTAVNIM LEŽIŠTIMA (A-GK, T-GK I SL.)

- Precizno izračunati (očitati-planimetrirati) površinu ležišta,
- Zbrojiti debljine mineralne sirovine iz svih bušotina
- Izračunati srednju vrijednost debljine mineralne sirovine,
- Izračunati ukupni obujam mineralne sirovine u ležištu
- Izračunati ukupnu masu mineralne sirovine u ležištu (ako se traži za dotičnu mineralnu sirovinu)

POSTUPAK PRORAČUNA REZERVI MSAV-om NA LEŽIŠTIMA BOKSITA

- Na karti rezervi izdvojene su površine ležišta boksita unutar i izvan poligona pozitivnih bušotina
- Izmjerena je površina ležišta unutar i izvan poligona pozitivnih bušotina, računalnim planimetriranjem (računalni programi: Microstation i dr.),
- Očitane vrijednosti površina unesene su u program za tablične proračune (Microsoft Excel),
- U program za tablične proračune unesene su vrijednosti dužine bušotina kroz rudno tijelo
- Izračunata je srednja debljina rudnog tijela uključujući indeks pouzdanosti,
- Srednja debljina rudnog tijela pomnožena je s površinom unutar poligona bušotina te je dobiven obujam utvrđenih bilančnih rezervi
- Srednja debljina rudnog tijela pomnožena je s površinom izvan poligona bušotina te je dobiven obujam ekstrapoliranih bilančnih rezervi
- Izračunati su eksploatacijski gubici boksita
- Od bilančnih rezervi su oduzeti eksploatacijski gubici te su dobiveni obujmovi eksploatacijskih rezervi
- Dobiveni obujmovi pomnoženi su s obujmnom masom boksita te su dobivene mase eksploatacijskih rezervi,
- Dobivene utvrđene i ekstrapolirane rezerve su zbrojene i dobivene su eksploatacijske rezerve.

IZRAZI ZA PRORAČUN OBUJMA METODOM SREDNJE ARITMETIČKE VRIJEDNOSTI (MSAV)

Ukupni obujam

$$O = P_B \cdot d_{SR} \quad (5)$$

P_B – površina baze (poligona) ležišta

d_{SR} – srednja dubina bušotina (ili debljina ležišta)

Srednja dubina

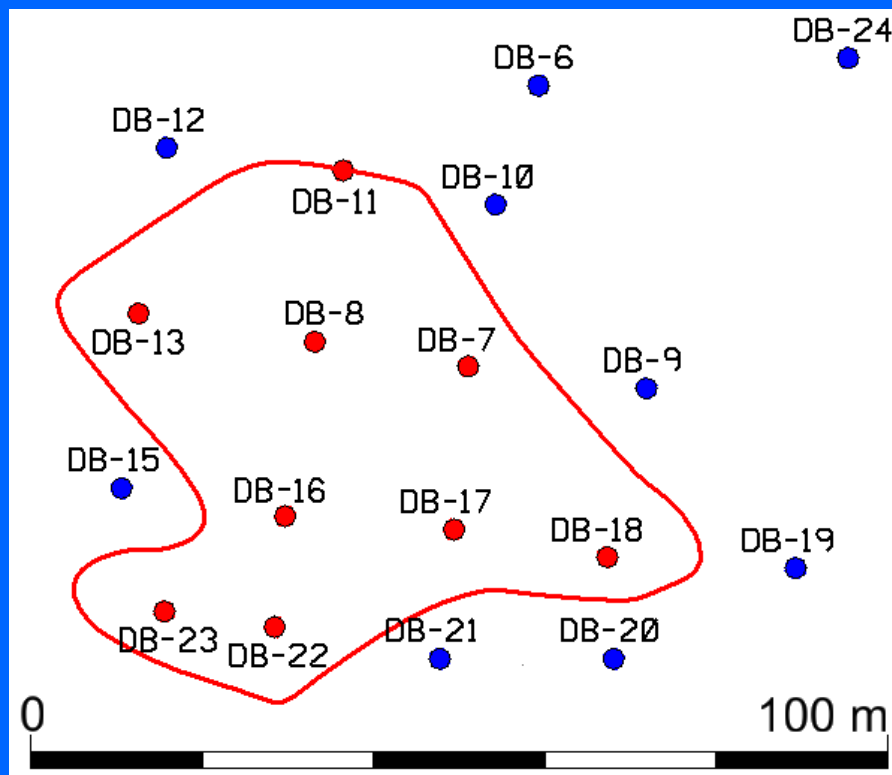
$$d_{SR} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (6)$$

d_i – dubina i-te bušotine

n – ukupni broj bušotina

PRIMJENA MSAV-a NA LEŽIŠTU BOKSITA

1. PRIMJER



Slika 5.2.54 Karta rezervi

Tablica 5.2.13 Podaci o istražnim radovima

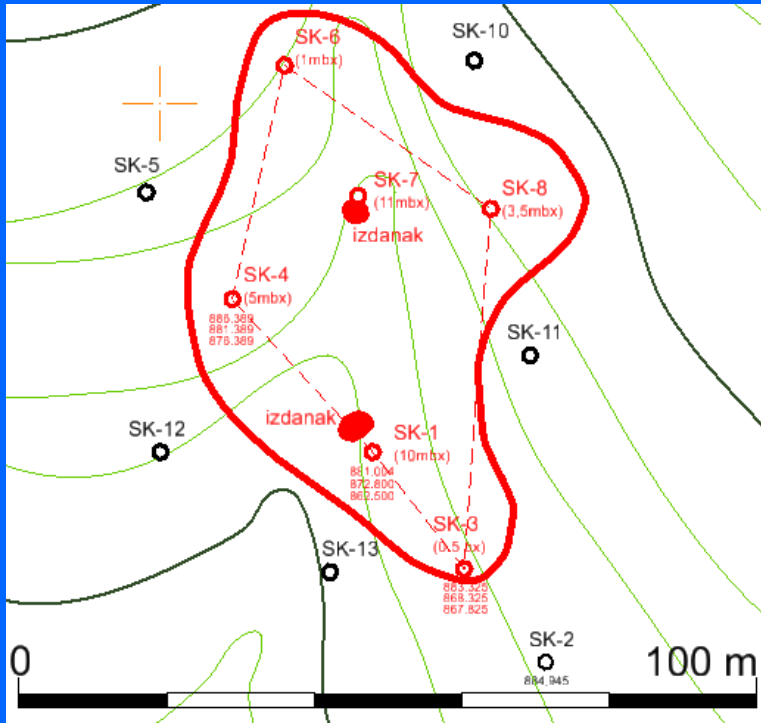
Istražna bušotina	Dubina (m)	Aps. vis. krovine	Aps. vis. podine	Dubina do bx.	Probušeni bx.(m)
DB-5	28,00	-	-	-	-
DB-6	68,00				
DB-7	35,00	660,69	656,69	27,00	4,00
DB-8	39,00	657,24	653,74	30,00	3,50
DB-9	47,00	-	-	-	-
DB-10	47,00	-	-	-	-
DB-11	31,00	-	-	18,00	0,50
DB-12	44,00	-	-	-	-
DB-13	37,00	661,49	659,49	21,00	2,00
DB-14	36,00	-	-	-	-
DB-15	27,00	-	-	-	-
DB-16	25,00	663,94	657,44	12,00	6,50
DB-17	27,00	662,37	656,87	14,00	5,50
DB-18	24,00	662,02	661,02	14,00	1,00
DB-19	5,00	-	-	-	-
DB-20	6,00	-	-	-	-
DB-21	5,00	-	-	-	-
DB-22	13,00	-	663,22	0,00	5,00
DB-23	12,00	-	664,72	0,00	3,00
UKUPNO	656,00				31,00

Tablica 5.2.14 PRIKAZ DOBIVENIH REZULTATA

Promatrana površina	Broj bušotina s boksitom	Ukupna debljina boksita m	Indeks pouzdanosti debljine I_p	Srednja debljina boksita m	Površina poligona m^2	Obujam bilančnih rezervi m^3 č.m.	Eksploatacijski gubici 20% m^3 č.m.	Eksploatacijske rezerve	
								Obujam m^3 č.m.	Masa t
	N	L	I_p	$L_{sr}=L \times I_p / N$	P	$Ob=L_{sr} \times P$	$Eg=Ob \times 20\%$	$Or=Ob-Eg$	$Q=Or \times 2,7$
Površina nepravilnog oblika u konturi ležišta	9	31	1	3,4	2 804	9 658	1 932	7 727	20 862
UKUPNO						9 658	1 932	7 727	20 862

PRIMJENA MSAV-a NA LEŽIŠTU BOKSITA

2. PRIMJER



Slika 5.2.55 Karta rezervi

Tablica 5.2.15 Podaci o istražnim radovima

Naziv bušotine	Dubina bušenja	Bušeno u rudi (m)	Bušeno u jalovini	kota ulaska i izlaska iz boksita (m)
SK-1	27	10	17	872.504 862.504
SK-2	28.5	0	28.5	
SK-3	30	0.5	29.5	866.825 866.325
SK-4	22	5	17	881.389 876.389
SK-5	17.5	0	17.5	
SK-6	23	1	22	883.493 882.493
SK-7	21.5	11	10.5	883.054 872.054
SK-8	25	3.5	21.5	878.529 875.029
SK-9	20.5	0	20.5	
SK-10	31	0	31	
SK-11	37	0	37	
SK-12	26	0	26	
SK-13	14.5	0	14.5	
Ukupno	323.5	31	292.5	

Tablica 5.2.16 PRIKAZ DOBIVENIH REZULTATA

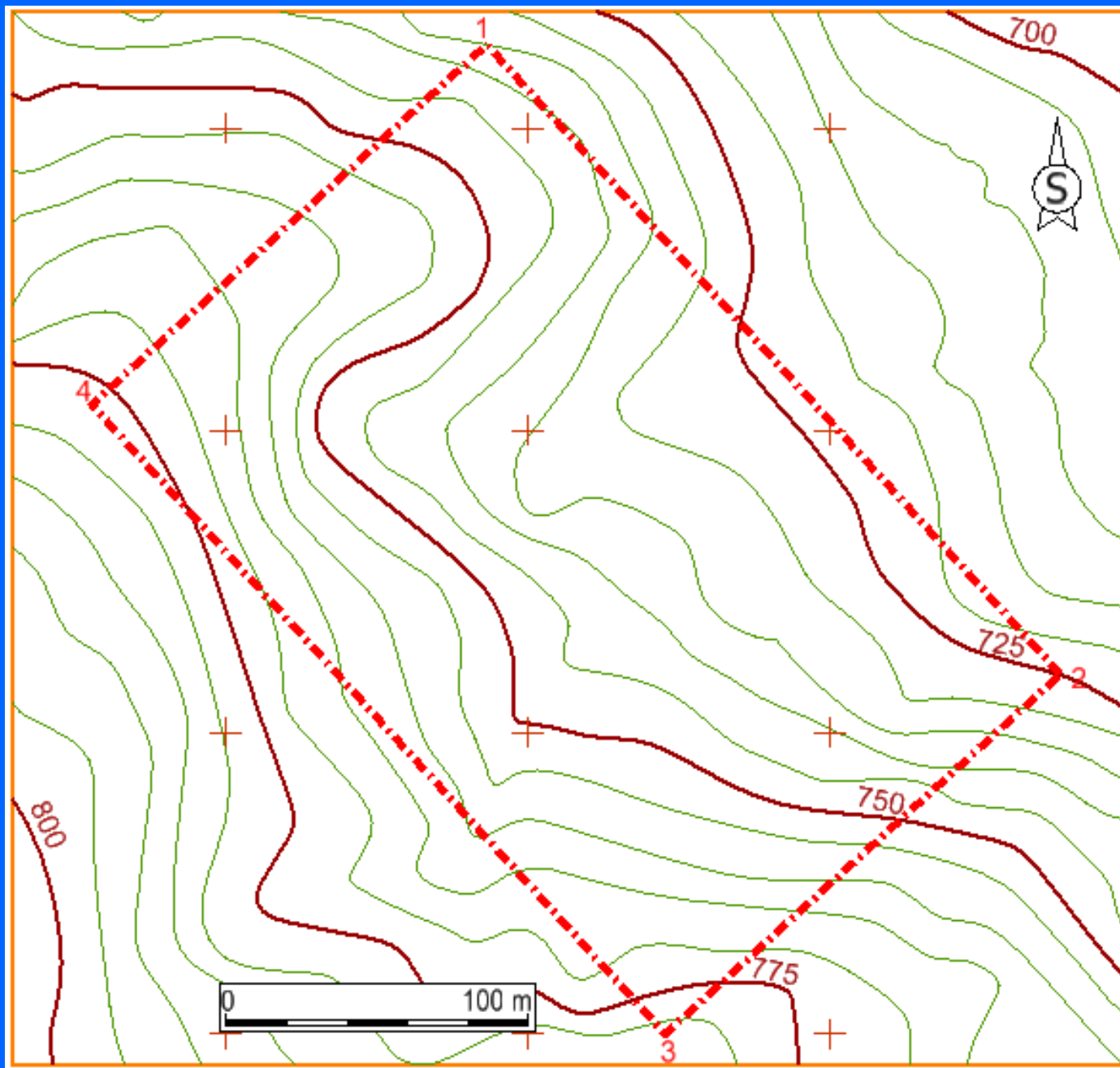
Promatrana površina	Broj bušotina s boksitom	Ukupna debljina boksita m	Indeks pouzdanosti debljine I_p	Srednja debljina boksita m	Površina poligona m^2	Obujam bilančnih rezervi $m^3 \text{ č.m.}$	Eksploatacijski gubici 10% $m^3 \text{ č.m.}$	Eksploatacijske rezerve	
								Obujam $m^3 \text{ č.m.}$	Masa t
	N	L	I_p	$L_{sr} = L \times I_p / N$	P	$Ob = L_{sr} \times P$	$Eg = Ob \times 10\%$	$Or = Ob - Eg$	$Q = Or \times 2,7$
Površina pravilnog oblika između istražnih radova-bušotina	5	30,5	1	6,1	990	6 039	604	5 435	14 675
Površina nepravilnog oblika bočno od istražnih radova-bušotina	5	30,5	0,5	3,1	1 556	4 746	475	4 271	11 532
UKUPNO						10 785	1 078	9 706	26 207

C. METODA RAČUNALNOG MODELIRANJA (MRM)

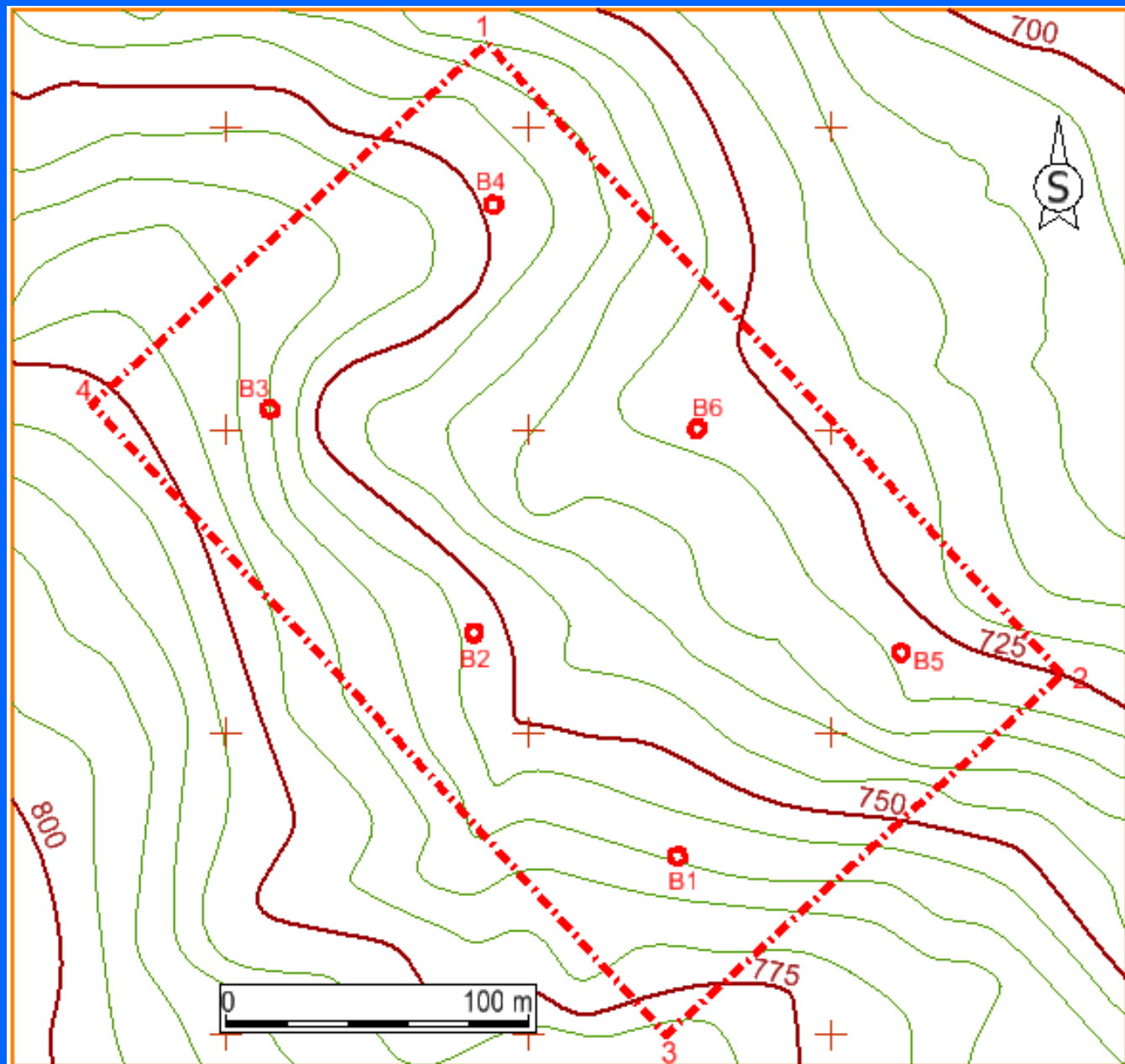
1. PRIMJER-POSTUPAK PRORAČUNA REZERVI MRM-om NA JEDNOSTAVNIM LEŽIŠTIMA

Postupak proračunavanja rezervi **metodom računalnog modeliranja** može se obaviti korištenjem računalnih programa, npr. tvrtke Bentley: *Microstation*, *Power Inroads*, *Openroad designer* i dr. prikladnih alata, na slijedeći način:

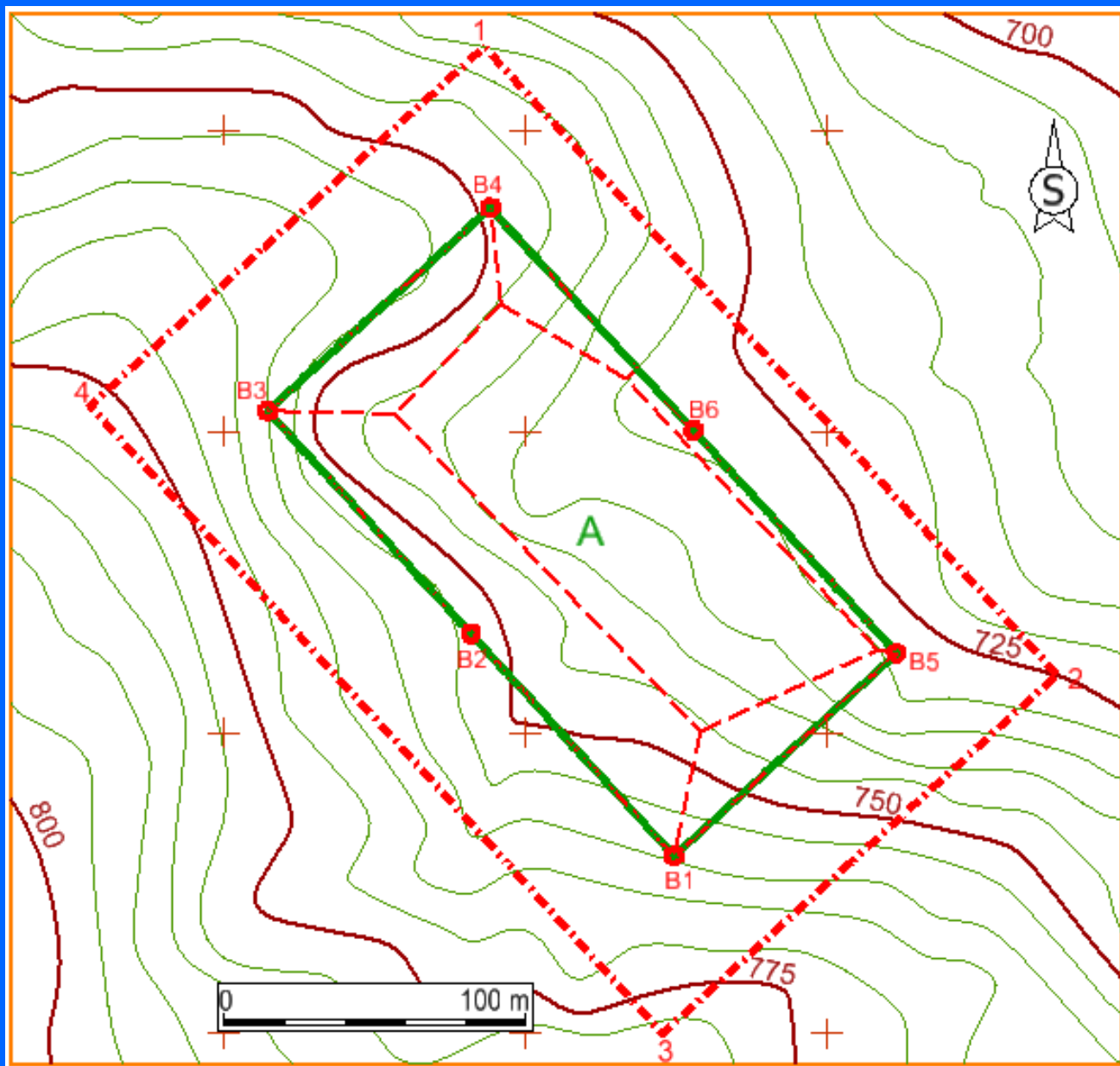
- izraditi grafički, 3d model postojećeg stanja terena (topografije)
- unijeti podatke iz istražnih bušotina i rudarskih radova u grafički model
- izraditi prostornu simulaciju položaja bušotina i rudarskih radova
- izraditi grafički, 3d model granica rezervi A, B i C1 kategorije (surface)
- izraditi grafički, 3d model granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi
- napraviti postupak triangulacije grafičkih, 3d modela: terena i granica rezervi
- prikazati računalne modele: triangulacijski, konturni i mrežni model terena i granica rezervi
- očitati obujam između računalnih modela terena i pojedinih granica rezervi, korištenjem alata u programu
- dobiveni obujam unijeti (učitati) u *Microsoft Excel* te standardnim postupkom izračunati bilančne i eksploatacijske rezerve mineralne sirovine



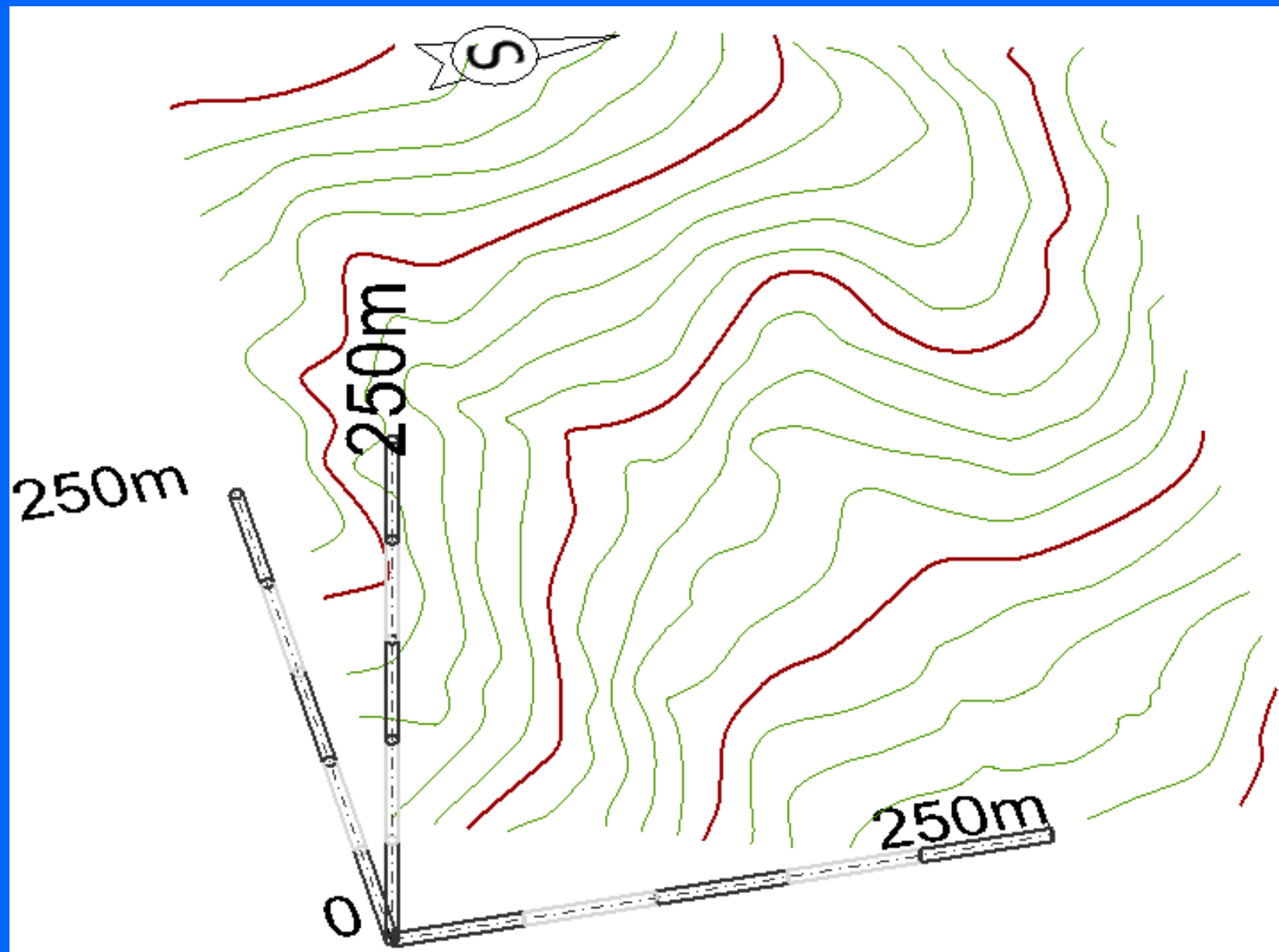
Slika 5.2.56 Situacijska karta postojećeg stanja terena



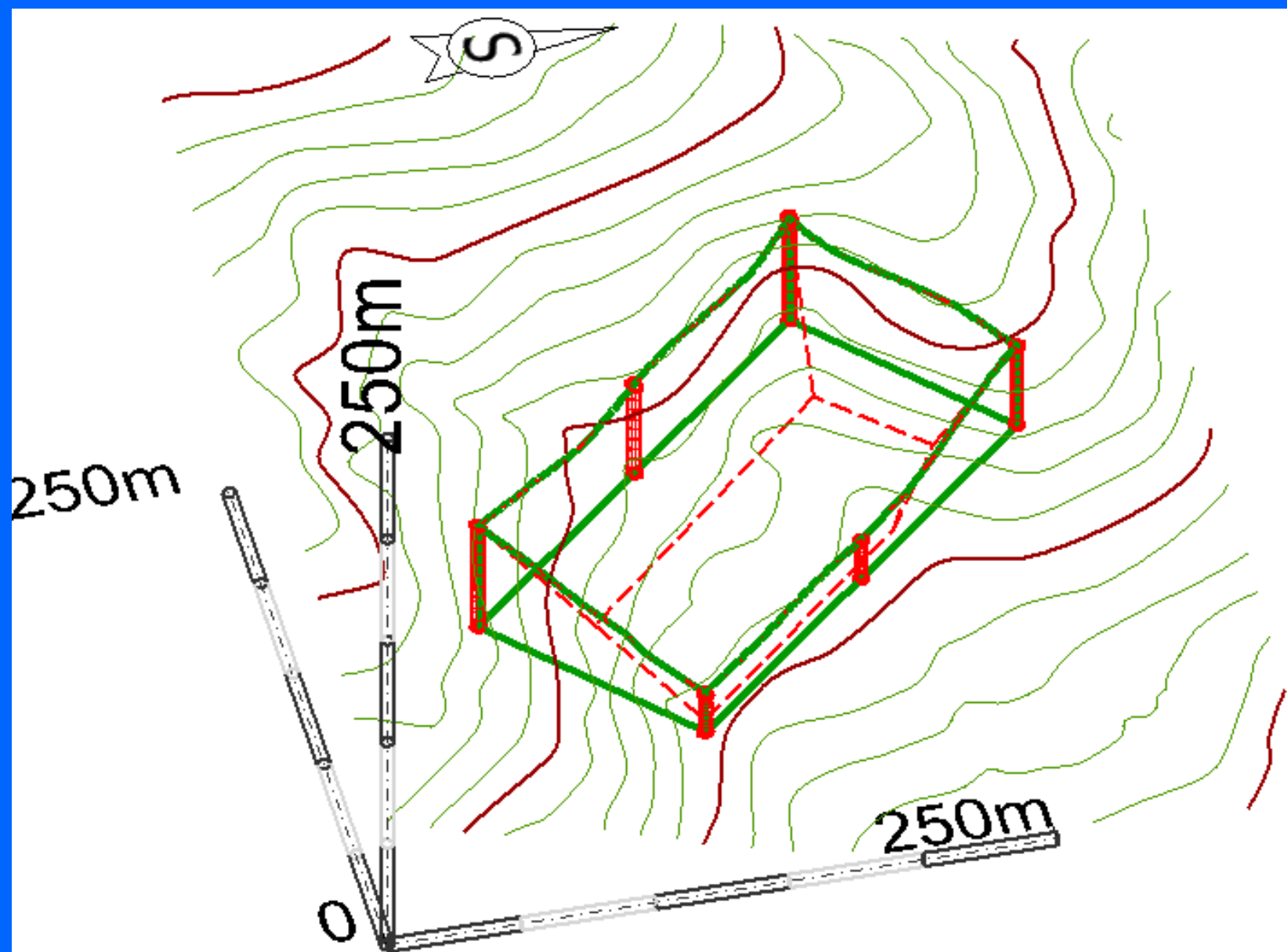
Slika 5.2.57 Karta s rasporedom istražnih radova



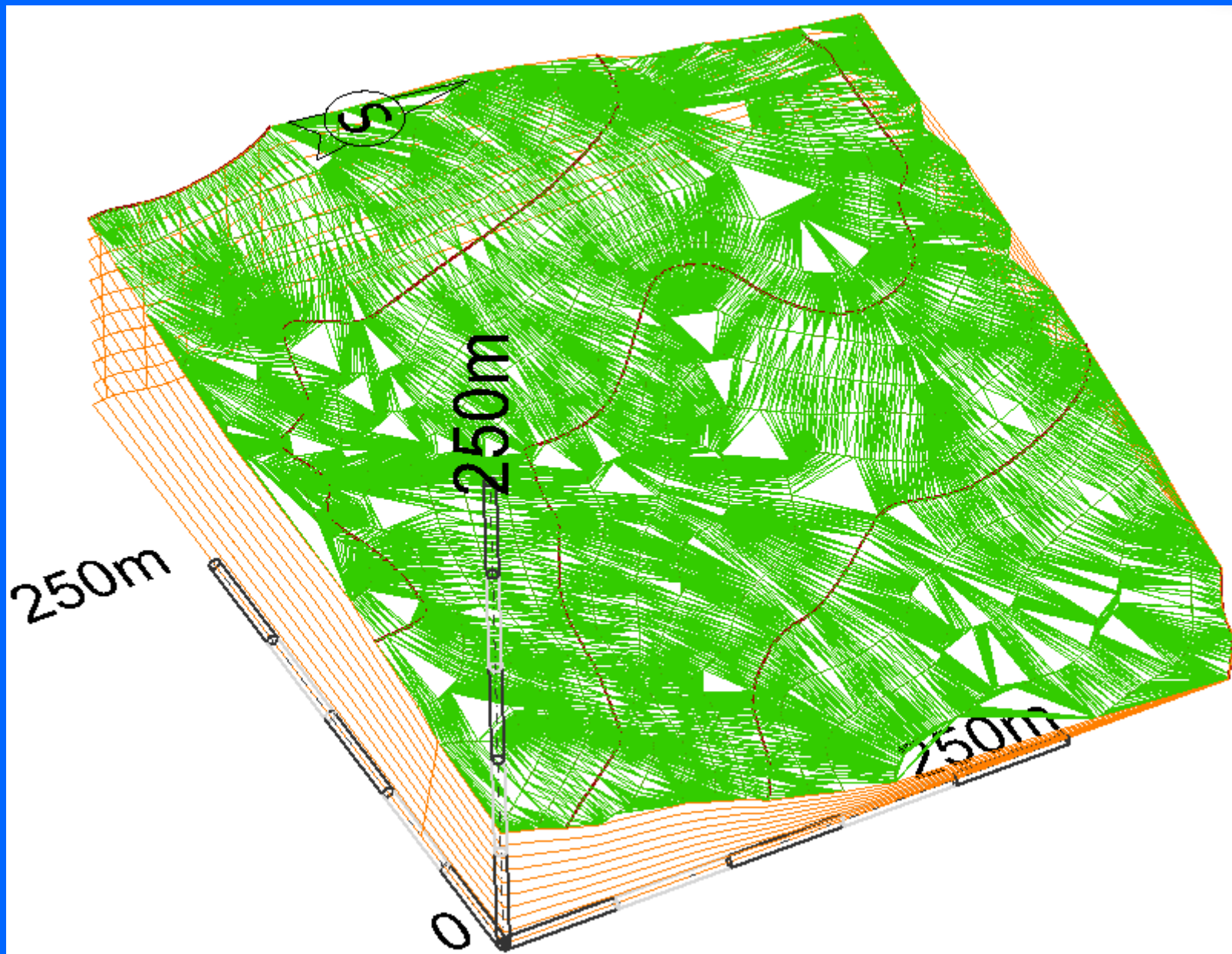
Slika 5.2.58 Karta granica rezervi



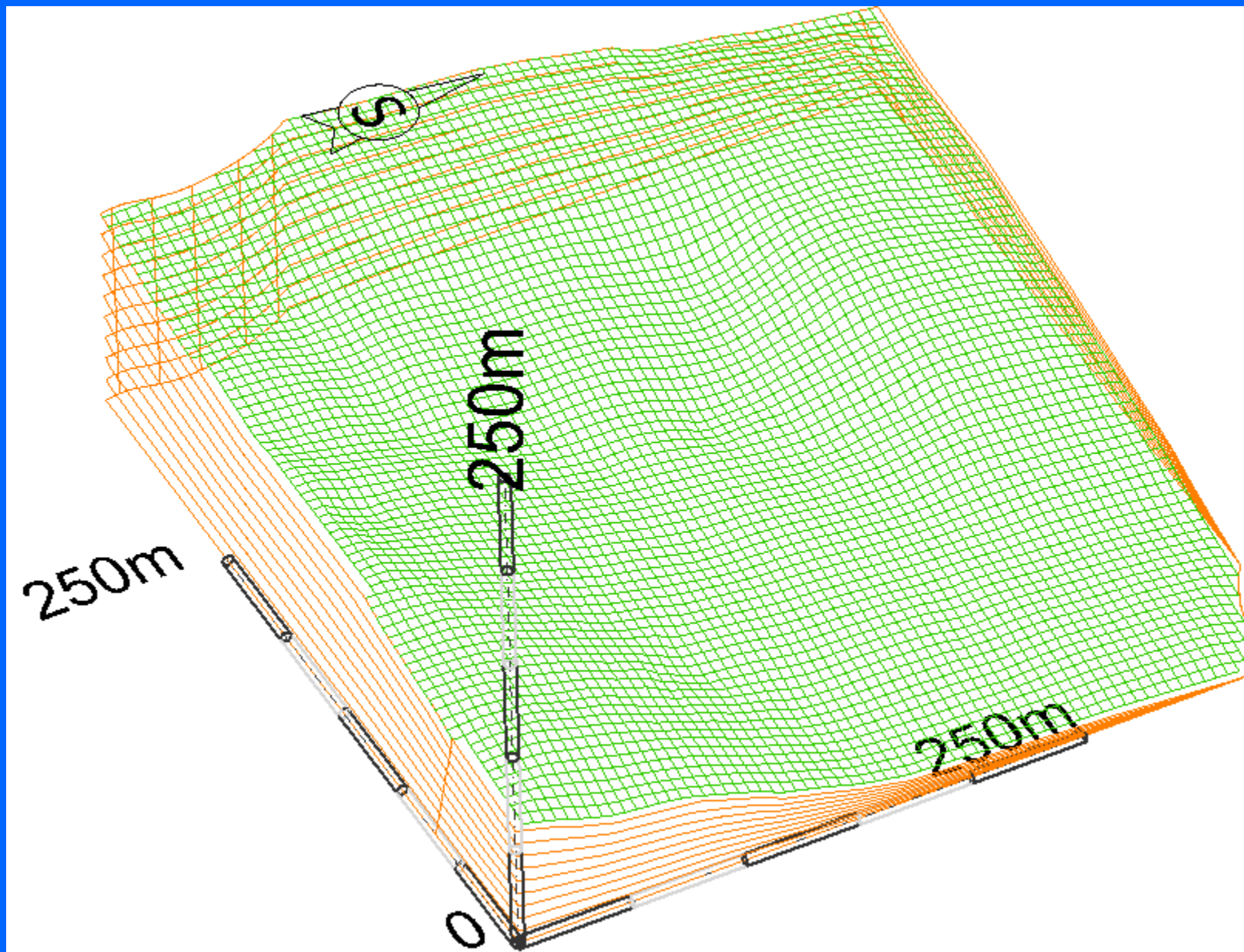
Slika 5.2.59 Grafički 3d model postojećeg stanja terena



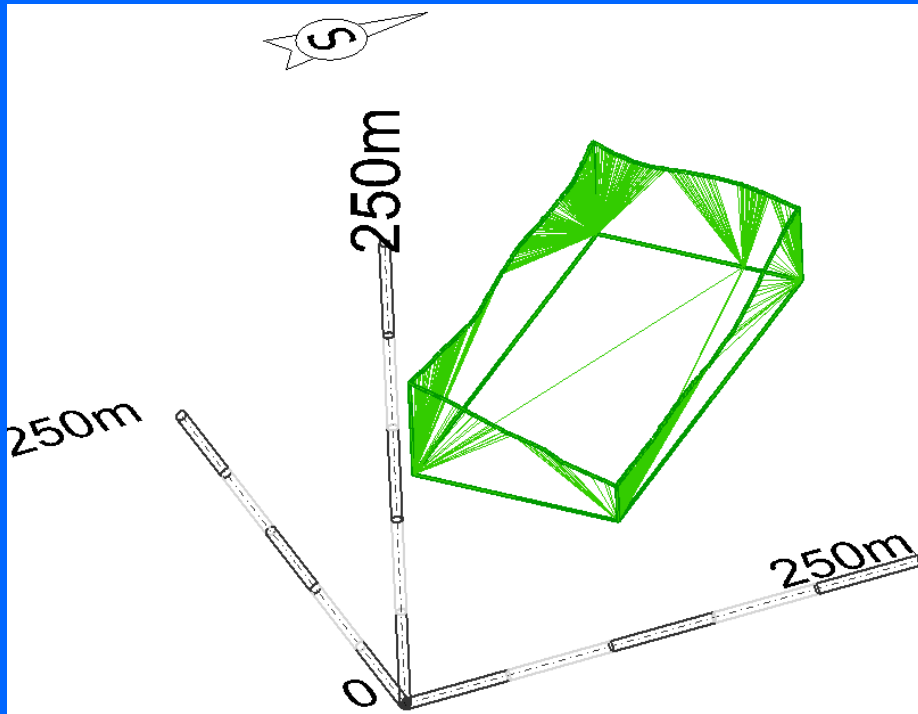
Slika 5.2.60 Grafički 3d model postojećeg stanja terena, istražnih radova i granica rezervi



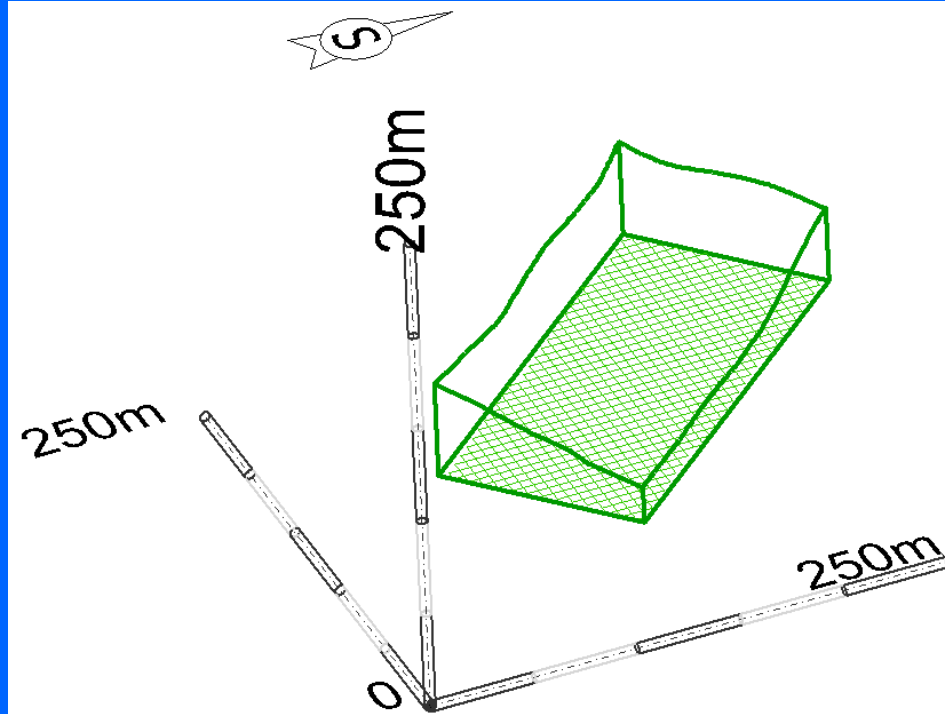
Slika 5.2.61 Računalni 3d triangulacijski model postojećeg stanja terena



Slika 5.2.62 Računalni 3d mrežni (grided) model postojećeg stanja terena

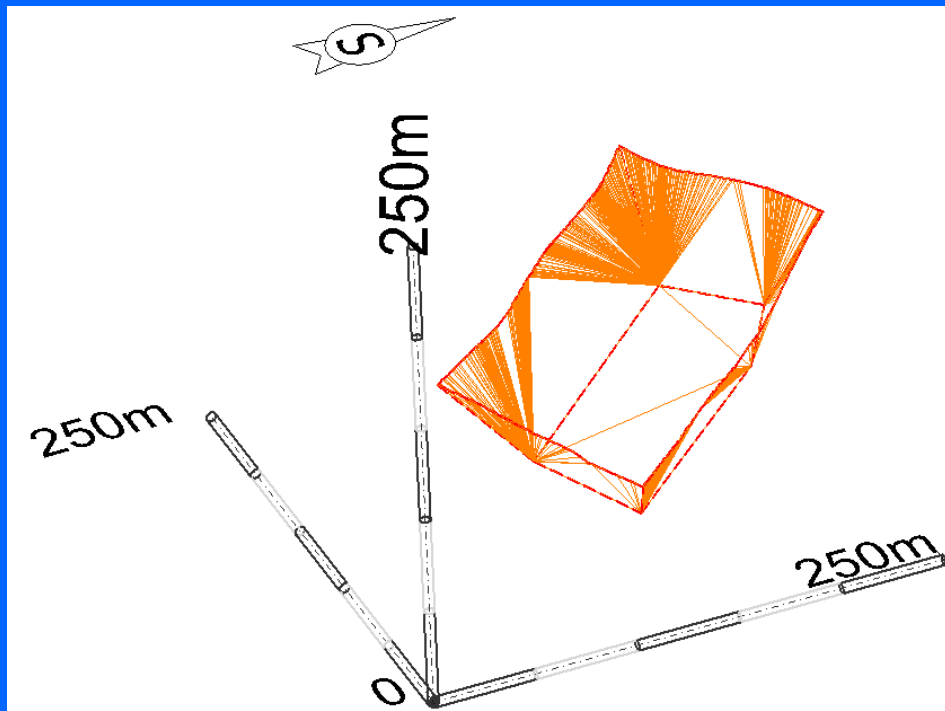


triangulacijski model

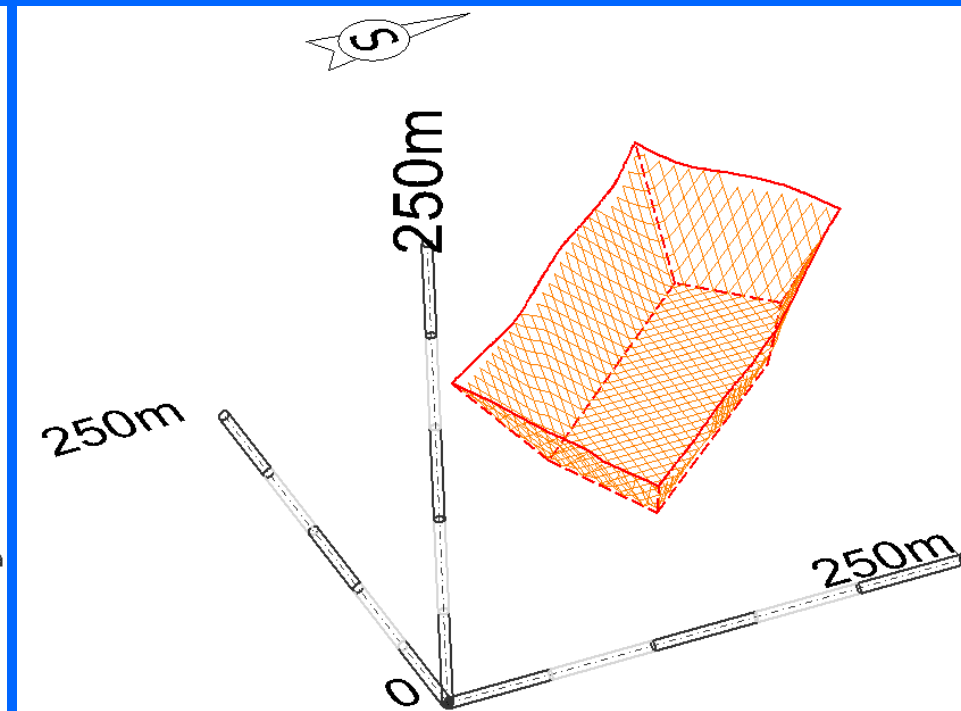


mrežni (grided) model

Slika 5.2.63 Računalni 3d modeli ukupnog obujma ležišta

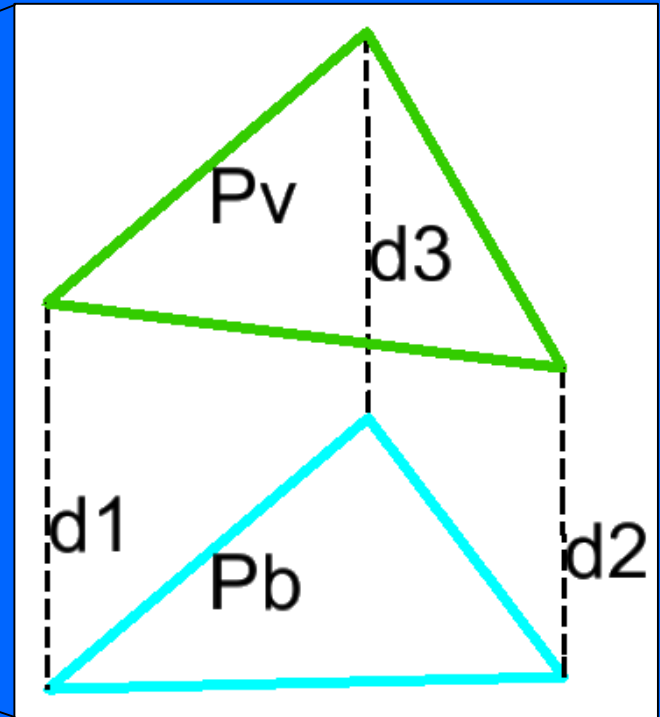
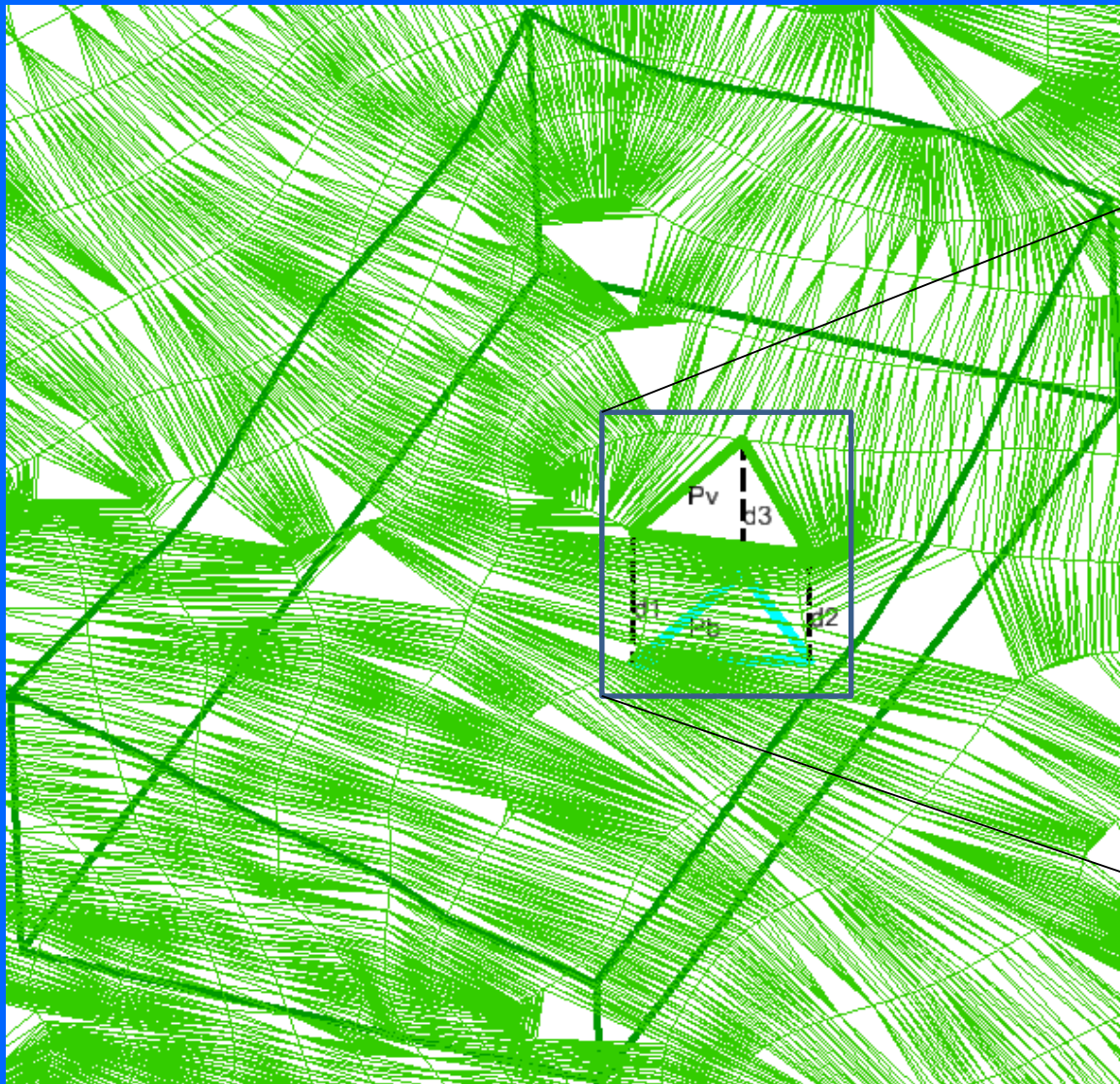


triangulacijski model



mrežni (grided) model

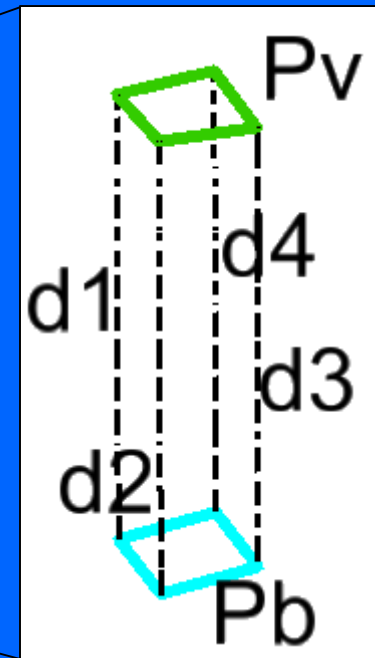
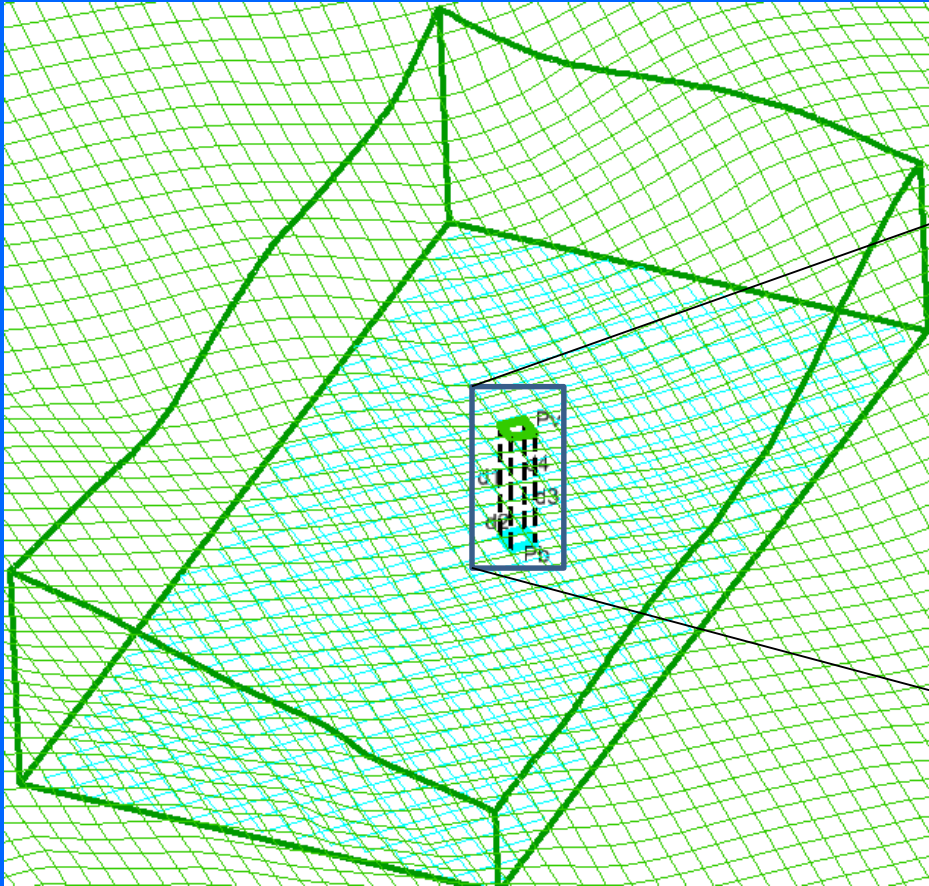
Slika 5.2.64 Računalni 3d modeli obujma za bilančne rezerve



detaljni (jednični) oblik modela

triangulacijski model terena i ukupnog obujma

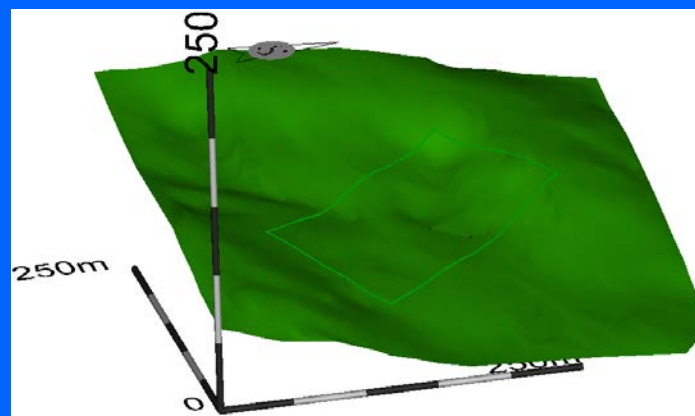
Slika 5.2.65 Proračun obujma MRM-om primjenom triangulacijskog modela



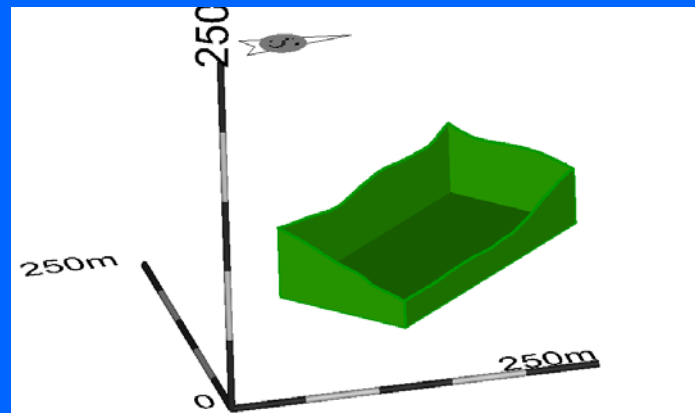
detaljni (jednični) oblik modela

mrežni model terena i ukupnog obujma

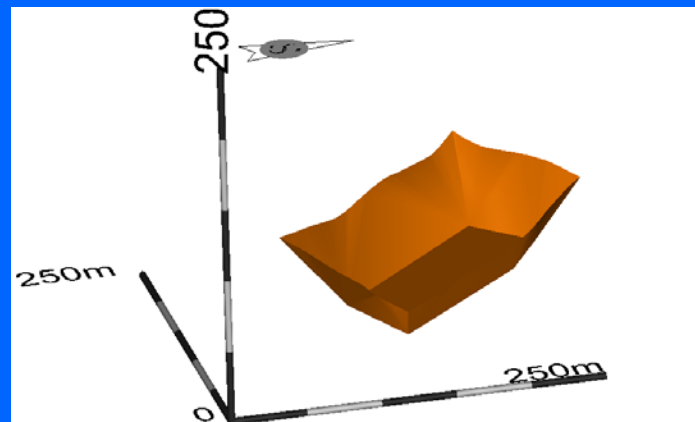
Slika 5.2.66 Proračun obujma MRM-om preko mrežnog (grided) modela



model terena



model ukupnog obujma



model obujma za bilančne rezerve

Slika 5.2.66 Renderirani model (smooth prikaz) terena, modela ukupnog obujma i modela obujma za bilančne rezerve

Proračun obujma za bilančne rezerve

Triangle Volume Report	
Report Created:	12/30/2020
Time:	9:03am
Mode:	Entire Surface
Input Grid Factor:	1.000000
Original Surface: sit	
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
Design Surface: bil	
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
Cut Factor:	1,0000
Fill Factor:	1,0000
Cut:	405946,68 cu m
Fill:	0,00 cu m
Net:	405946,68 cu m

Tablica 5.2.17 Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi - MRM

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve, m ³	Bilančne rezerve		Eksploata. gub. 2%	Eksploata. rez. m ³	Udio %
		Popravni koef. (3)	Količine, m ³ (4)=(2)x(3)			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x2%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	405 946,68	0,97	393 768	7 875	385 893	100,0%
B	0	0,97	0	0	0	0,0%
C ₁	0	0,97	0	0	0	0,0%
Ukupno	405 946,68		393 768	7 875	385 893	100,0%

Proračun obujma za izvan bilančne rezerve

Triangle Volume Report	
Report Created:	12/30/2020
Time:	9:06am
Mode:	Entire Surface
Input Grid Factor:	1.000000
Original Surface: bil	
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
Design Surface: ukupno	
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
Cut Factor:	1,0000
Fill Factor:	1,0000
Cut:	226711,38 cu m
Fill:	0,00 cu m
Net:	226711,38 cu m

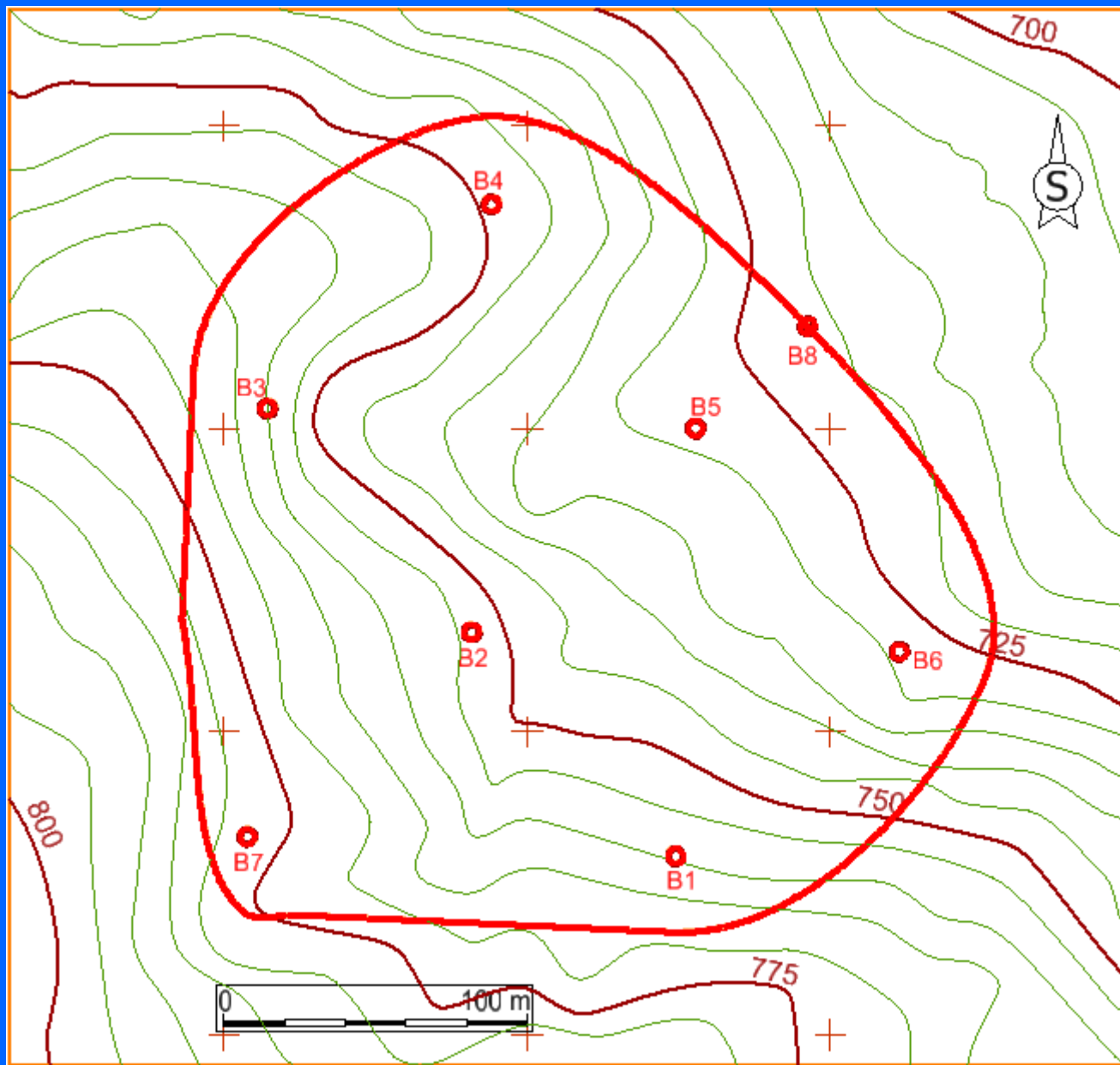
Tablica 5.2.18 Proračun izvan bilančnih rezervi - MRM

Kategorija rezervi	Ukupne količine za izvan bilančne rez., m ³	Izvan bilančne rezerve	
		Popravni koef. (3)	Količine, m ³ (4)=(2)x(3)
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)
A	226 711,38	0,97	219 910
B	0	0,97	0
C ₁	0	0,97	0
Ukupno	226 711,38		219 910

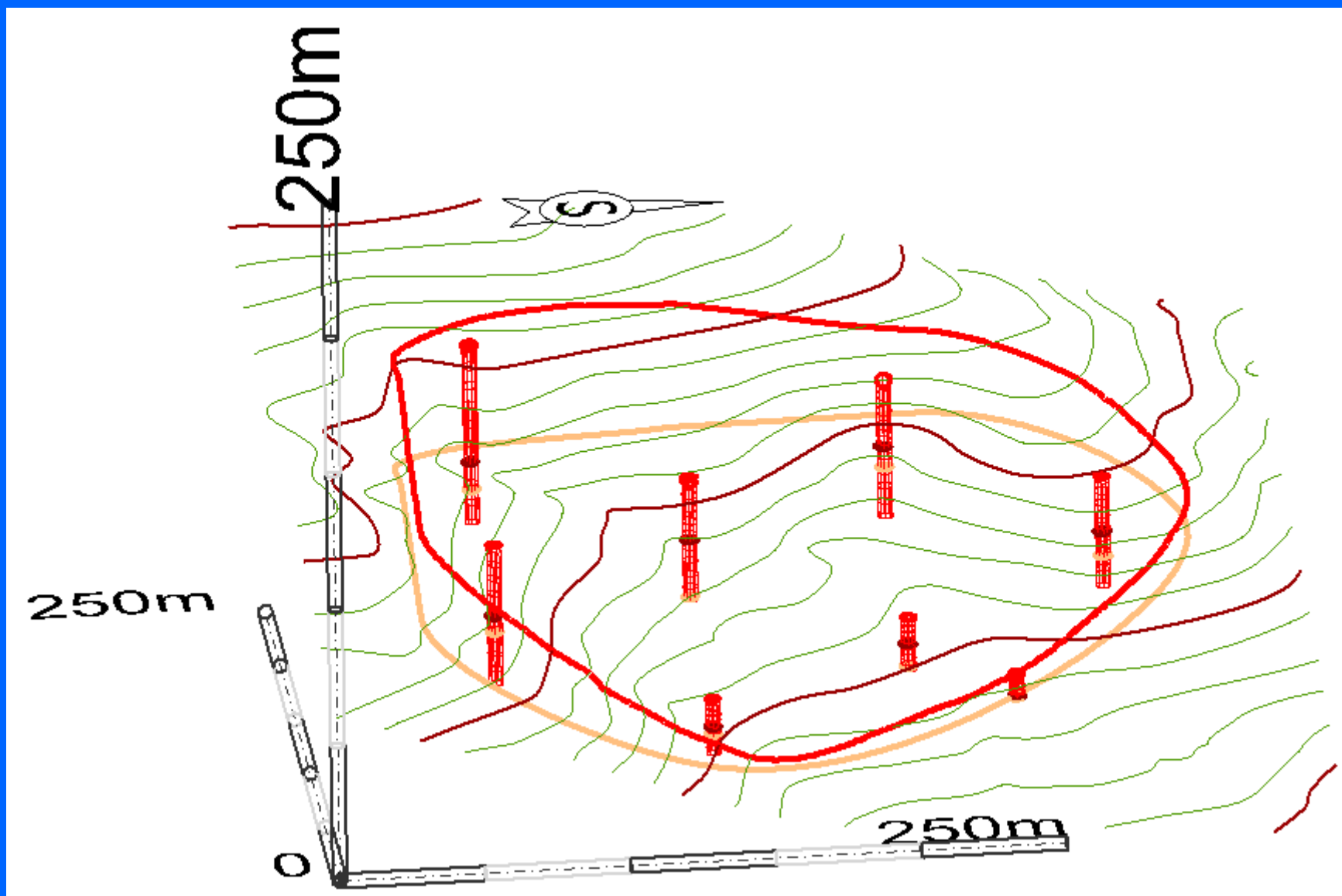
2. PRIMJER- POSTUPAK PRORAČUNA REZERVI MRM-om NA LEŽIŠTIMA BOKSITA

Postupak proračunavanja rezervi **metodom računalnog modeliranja** na ležištima boksita i drugim ležištima mineralnih sirovina s klasičnom krovinom i podinom, izvodi se na slijedeći način:

- izraditi grafički, 3d model postojećeg stanja terena (topografije)
- unijeti podatke iz istražnih bušotina i rudarskih radova u grafički model
- izraditi prostornu simulaciju položaja bušotina i rudarskih radova
- izraditi prostornu simulaciju modela krovine rudnog tijela
- izraditi prostornu simulaciju modela podine rudnog tijela
- izraditi prostornu simulaciju ležišta boksita
- izvesti računalnu obradu podataka metodom triangulacije
- prikazati triangulacijski model terena i ležišta
- očitati obujam između računalnih modela terena i krovine, korištenjem alata u programu
- očitati obujam između računalnih modela krovine i podine, korištenjem alata u programu
- dobivene podatke o obujmu unijeti (učitati) u *Microsoft Excel* te standardnim postupkom izračunati bilančne i eksploatacijske rezerve mineralne sirovine te obujam otkrivke

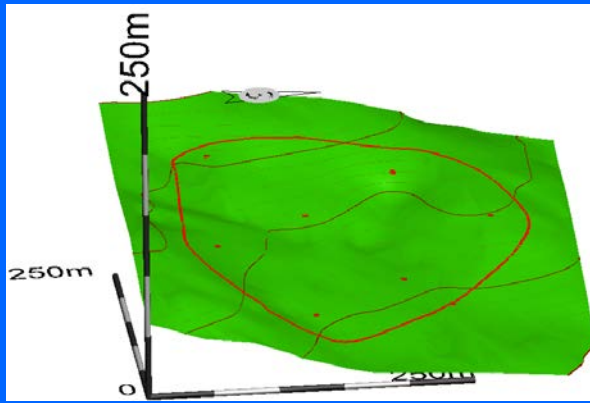


Slika 5.2.67 Situacijska karta s rasporedom istražnih radova i okonturenim ležištem

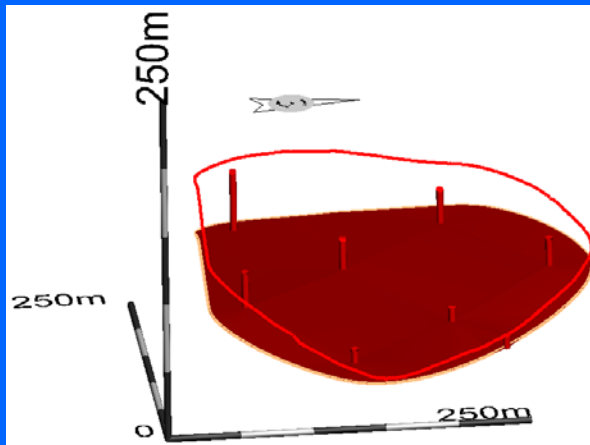


Slika 5.2.68 Grafički 3d model postojećeg stanja terena, istražnih bušotina i granica ležišta boksita

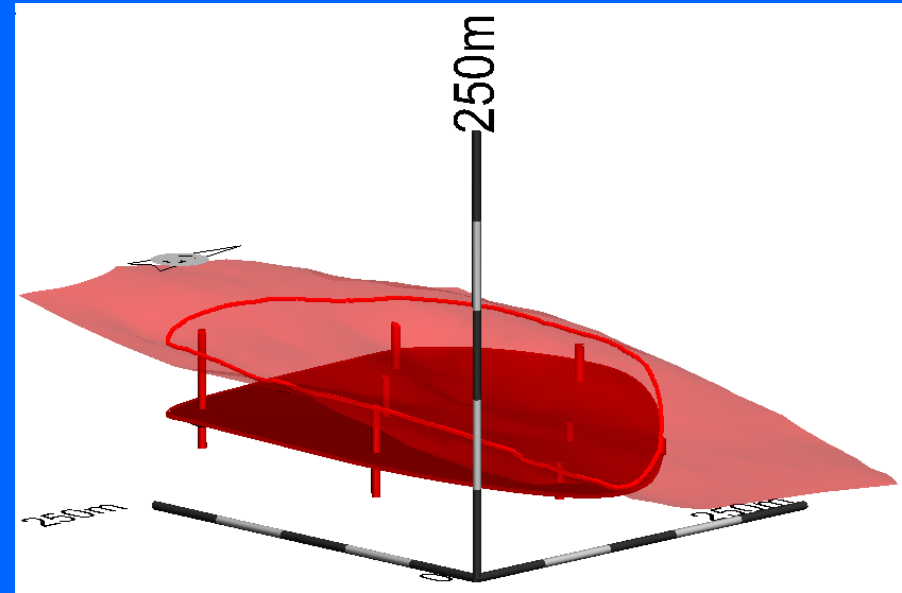
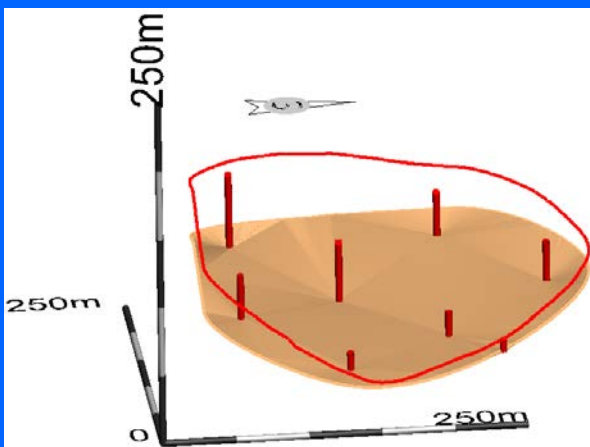
model terena



model krovine

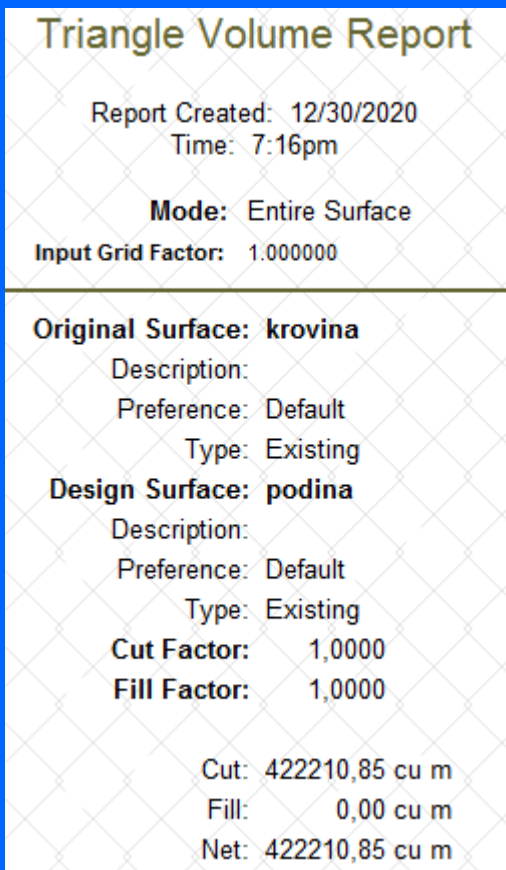


model podine

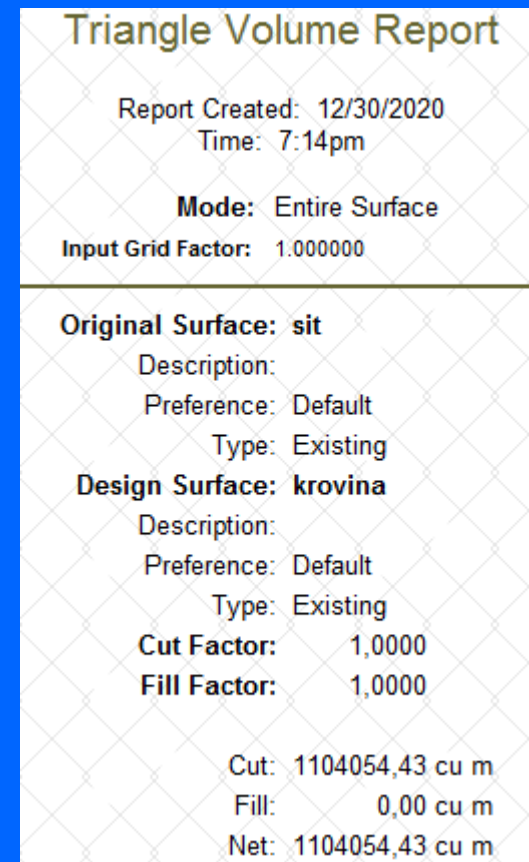


spojeni model ležišta
(transparent view)

Slika 5.2.69 Računalni model (smooth prikaz) terena, modela krovine i podine



Proračun obujma boksita- MRM



Proračun obujma otkrivke- MRM

Tablica 5.2.19 Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi ležišta boksita- MRM

Obujam bilančnih rezervi	Eksploatacijski gubici 20%	Eksploatacijske rezerve	
		Obujam	Masa
m ³ č.m.	m ³ č.m.	m ³ č.m.	t
Ob=3D model	Eg=Ob x 20%	Or=Ob-Eg	Q=Or x 2,7
422 210,85	84 442	337 769	911 975

D. METODA NEPARALELNIH VERTIKALNIH PRESJEKA

Srednja površina

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

Obujam između dva susjedna neparalelna presjeka

$$O_{n...n+1} = P_{sr} \cdot L_{T(n...n+1)}$$

$L_{T(n...n+1)}$ – udaljenost između težišta površina n-tog i n+1 presjeka

Ukupni obujam

$$O_{NPP} = \sum_{i=1}^r O_i$$

E. METODA TROKUTOVA

Obujam između dva trokuta

$$O_t = P_t \cdot d_{sr}$$

P_t – površina baze t-tog trokuta kojeg zatvaraju tri susjedne bušotine
 d_{SR} – srednja dubina bušotina (ili debljina ležišta)

$$d_{sr} = \frac{d_j + d_k + d_l}{3}$$

d_j, d_k, d_l – dubina tri susjedne bušotine (ili debljine ležišta)

Ukupni obujam

$$O_T = \sum_{t=1}^n O_t$$

n – ukupan broj trokutova

F. METODA GEOLOŠKIH BLOKOVA

Obujam jednog geološkog bloka

$$O_g = P_g \cdot d_{sr}$$

P_g – površina baze g-tog geološkog bloka,
 d_{SR} – srednja dubina bušotina (ili debljina ležišta)

$$d_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^r d_i}{r}$$

r – broj bušotina u promatranom bloku

Ukupni obujam geoloških blokova

$$O_{GB} = \sum_{g=1}^k O_g$$

g – broj geološkog bloka, gdje je g =od 1 do konačnog broja blokova,

G. METODA EKSPLOATACIJSKIH (RUDARSKIH) BLOKOVA

Obujam jednog eksploatacijskog bloka

$$O_e = P_e \cdot h_{sr}$$

P_e – srednja površina baze i vrha e-tog eksploatacijskog bloka

$$P_e = \frac{P_B + P_V}{2}$$

h_{sr} – srednja visina etaže ili podzemne prostorije

$$h_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^z h_i}{z}$$

z – broj mjerenih visina bloka koji je ograničen između podzemnih prostorija ili etaža

Ukupni obujam eksploatacijskih blokova

$$O_{EB} = \sum_{e=1}^k O_e$$

e – broj eksploatacijskog bloka, gdje je e od 1 do konačnog broja blokova, k

H. METODA POLIGONA

Obujam jednog poligona

$$O_p = P_p \cdot d_p$$

P_p – površina baze poligona oko p-te bušotine
 d_p – dubina p-te bušotine (debljina ležišta)

Ukupni obujam svih poligona

$$O_P = \sum_{p=1}^k O_p$$

e – broj eksploatacijskog bloka, gdje je e od 1 do konačnog broja blokova, k

I. METODA IZOHIPSI (IZOLINIJA)

Obujam jednog bloka između izohipsi

$$O_i = P_i \cdot e$$

P_i – srednja površina gornje i donje plohe ograničene izohipsom i nekom zadanom granicom

$$P_i = \frac{P_G + P_D}{2}$$

e – ekvidistanca, udaljenost između izohipsi

P_G , P_D – površina gornje i donje plohe ograničene izohipsom i nekom zadanom granicom

Ukupni obujam između najniže inajviše promatrane točke ili izohipse

$$O_I = \sum_{i=1}^k O_i$$

i – broj bloka između susjednih izohipsi, gdje je i od 1 do konačnog broja blokova, k