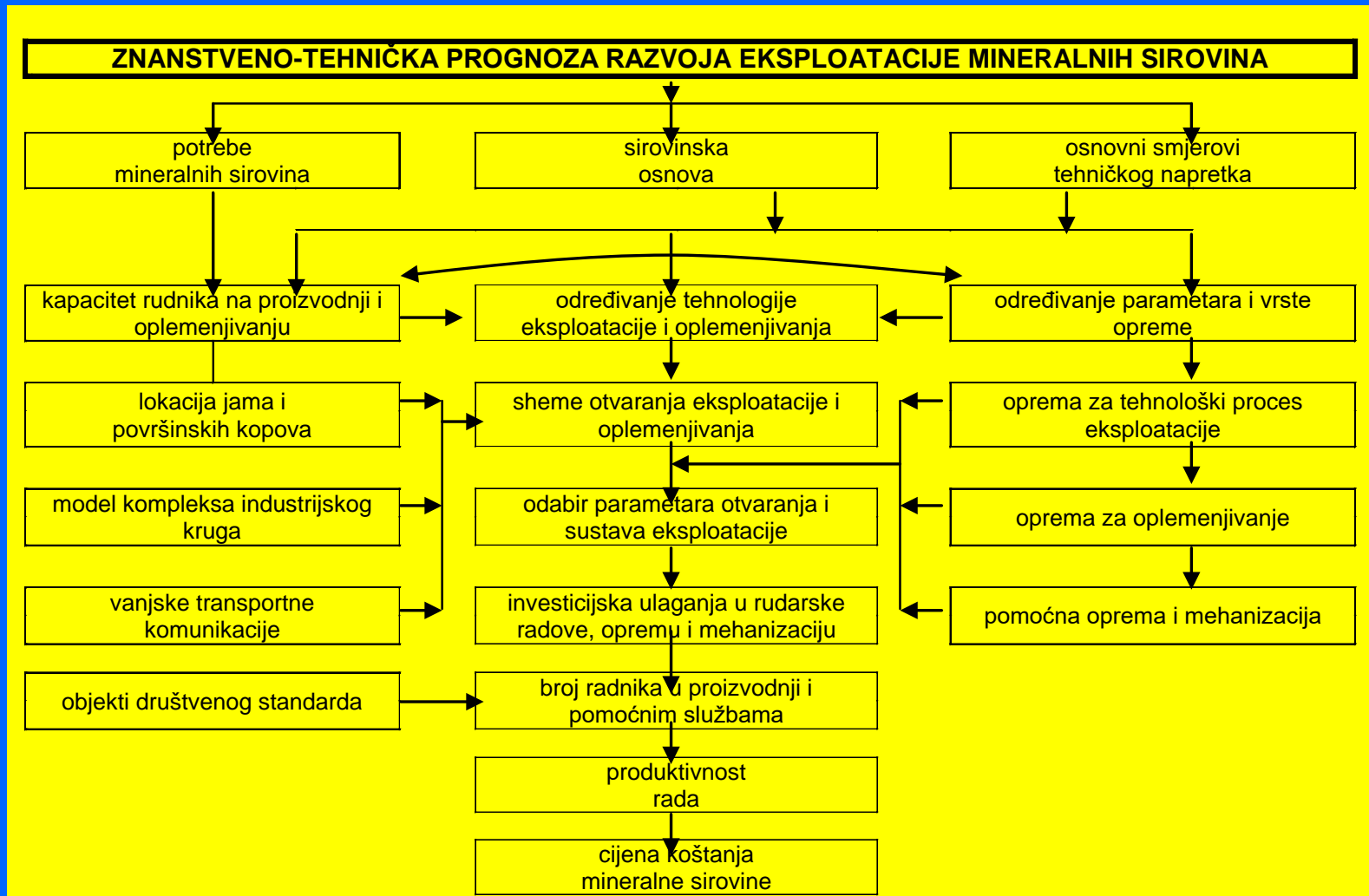


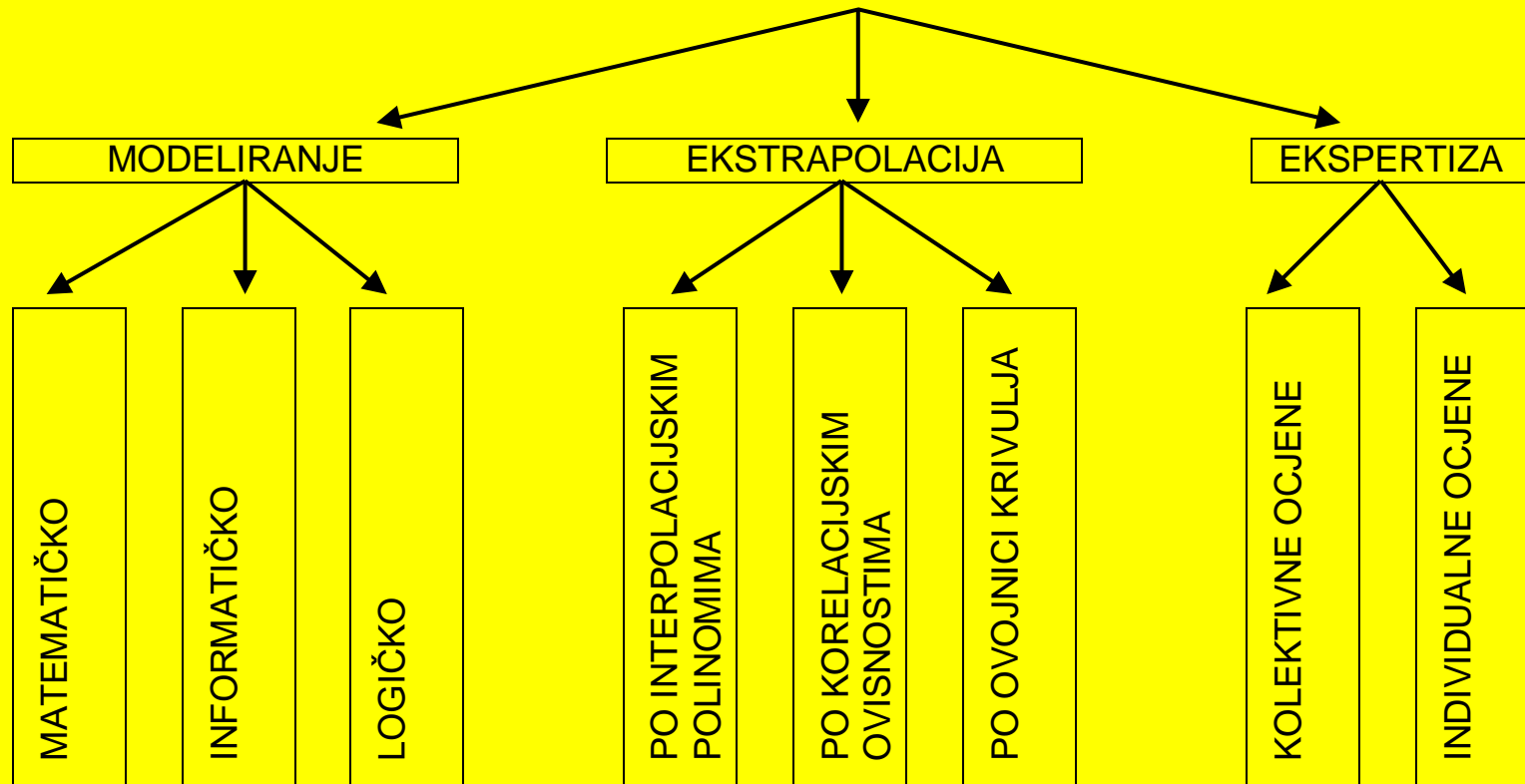
1.3. METODE RADA (PROJEKTIRANJA)

1.3.1. PLANIRANJE I PROGNOZIRANJE



Slika 1.3.1. Model znanstveno-tehničke prognoze

METODE ZNANSTVENO-TEHNIČKE PROGNOZE



Slika 1.3.2. Metode znanstveno-tehničke prognoze

METODE PROJEKTIRANJA U RUDARSTVU

- Tradicionalne metode projektiranja
- Suvremene metode projektiranja

1.3.2. TRADICIONALNE METODE PROJEKTIRANJA

METODE PROJEKTIRANJA U RUDARSTVU

METODE ZASNOVANE NA EMPIRIJI

metoda varijanata

analitičke metode

grafičke metode

grafo-analitičke metode

metoda laboratorijskih i prirodnih eksperimenata

METODE ZASNOVANE NA TEORIJSKIM NAČELIMA

prognoza razvoja tehnike i tehnologije

metoda progresivnog iskustva

statističke metode

metode interpolacije i ekstrapolacije

metode operacijskih istraživanja

METODE ZASNOVANE NA HIPOTEZAMA

logična inženjerska rješenja

rješenja prema analogiji

stručne ocjene

Slika 1.3.3. Tradicionalne metode

ZNAČAJKE TRADICIONALNIH METODA PROJEKTIRANJA

- manualna (ručna) obrada
- geološki okontureno ležište
- geometrijska analiza
- koeficijenti otkrivke
- višemjesečni rad za određivanje konture kopa
- veliki troškovi izrade projekta
- dobivanje približnih rezultata
- 2D prikaz grafike
- mala investicijska ulaganja

1.3.3. SUVREMENE METODE PROJEKTIRANJA

Lerchs-
Grossmann-ova
metoda
(LGM)

Metode
pomičnog
stošca
(MPS)

Metode
dinamičkog
programiranja
(MDP)

Metoda
pomičnih
kosina
(MPK)

1.3.3.1. ZNAČAJKE SUVREMENIH METODA PROJEKTIRANJA

- računalna tehnika rada
- računalni-blok model ležište
- financijska analiza
- ekonomski čimbenici
- dnevni rad za određivanje konture kopa
- niski troškovi izrade projekta
- dobivanje preciznih podataka
- 2D i 3D prikaz grafike
- velika investicijska ulaganja

TEHNO-EKONOMSKI KRITERIJI SUVREMENIH METODA

- **Optimalnost**
- **Stabilnost**
- **Kompatibilnost**

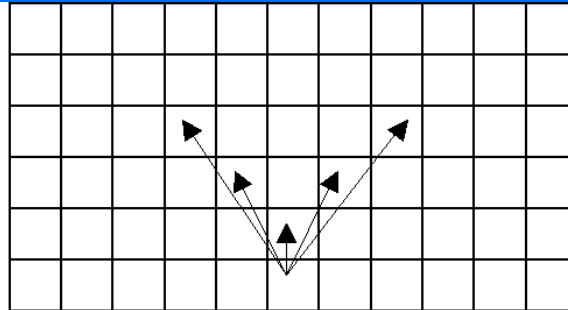
NUMERIČKI IZRAZI ZA PRORAČUN KONTURA POVRŠINSKOG KOPA

<p>Osnovni izraz za netto vrijednost površinskog kopa</p> <p>gdje je:</p> <p>P - netto dobit, novčanih jedinica</p> <p>E_U - ukupna količina mineralne sirovine izražena u ekvivalentu (ekv)</p> <p>C_t - tržišna cijena, nov.jed/ekv</p> <p>C_{pr} - prosječna proizv. cijena, nov.jed/ekv</p>	$P = E_U \cdot (C_t - C_{pr})$
<p>Prosječna-proizvodna cijena mineralne sirovine</p> <p>gdje je:</p> <p>T_U - ukupni troškovi proizvodnje mineralne sirovine, (nov.jed.)</p>	$C_{pr} = \frac{T_U}{E_U}$
<p>Optimalizacija konture površinskog kopa s lijeva na desno izvodi se korištenjem izraza</p> <p>gdje je:</p> <p>$P_{i,j,k}^{L-D}$ - vrijednost kopa, do bloka $b_{i,j,k}$ koji, uz stožac $S_{i,j,k}$, uključuje i najpovoljniju kosinu s desne strane</p> <p>$S_{i,j,k}^{L-D}$ - vrijednost kopa (s lijeva na desno) do kosine u kojoj blok ($b_{i,j,k}$) predstavlja najnižu razinu</p>	$P_{i,j,k}^{L-D} = S_{i,j,k}^{L-D} + maks \left\{ \begin{array}{l} k_{i+1,j,k} \\ k_{i+1,j+1,k} \\ k_{i,j+1,k} \\ k_{i-1,j+2,k} \\ k_{i-2,j+3,k} \\ \vdots \\ k_{0,j+n,k} \end{array} \right\}$

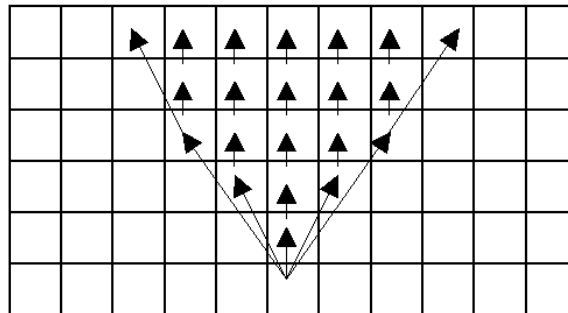
TEORIJSKI POSTUPAK PRIMJENE SUVREMENIH METODA

1.3.3.2. REDOSLIJED PROCESA U LERCHS-GROSSMANN-ovoj METODI

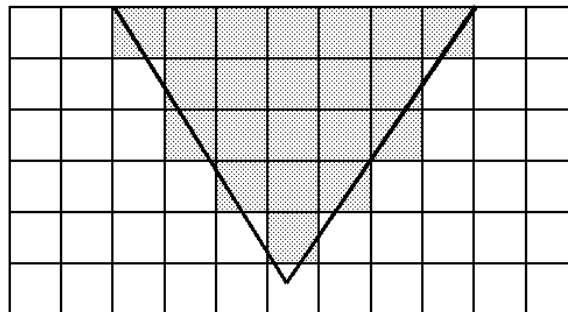
- Model geoloških i rudarskih rezervi
- Topografija terena
- Model regularizacije
- Proračun ekonskih vrijednosti
- Stabilnost kosina površinskog kopa
- Faze eksploatacije
- Optimalizacija površinskog kopa
- Spojeni model i rezultirajuće datoteke urađenih analiza
- Završna kontura kopa



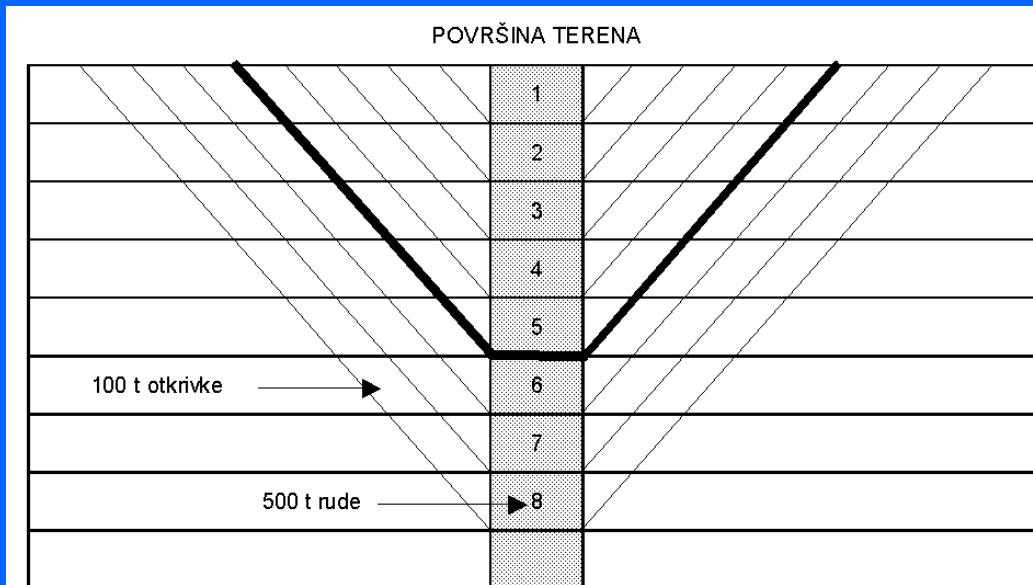
a) Pridruživanje parova lukova od najnižeg bloka



b) Pridruženi parovi lukova u završnoj konturi kopa



c) Postavljeni završni kut konture kopa



Pojednostavljeni poprečni presjek ležišta

Vrijednost pojedinačnih kopova

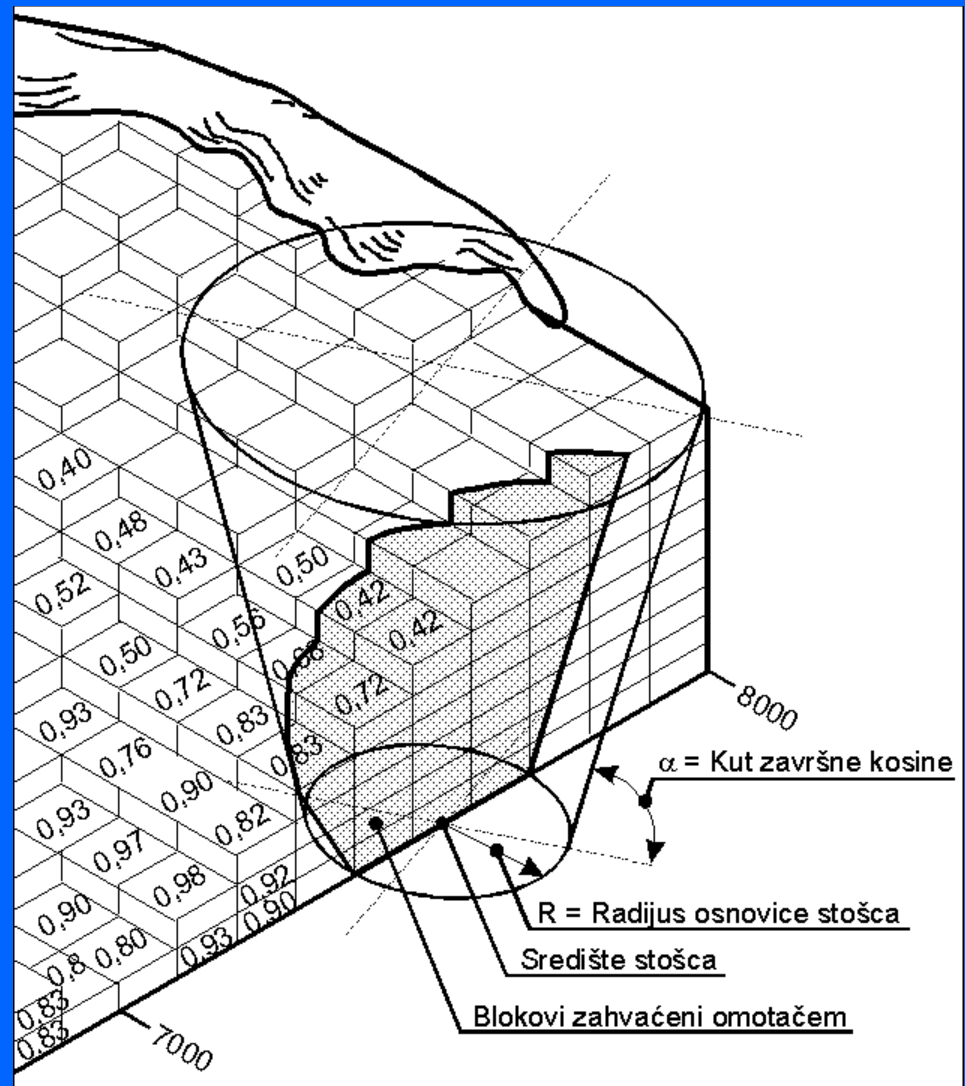
Troškovi eksploatacije i vrijednost mineralne sirovine za moguće konture kopa, nov.jed.

Kontura	Vrijednost mineral. sirov.	Troškovi	Dobit
1	1000	100	900
2	1000	400	1600
3	1000	900	2100
4	1000	1600	2400
5	1000	2500	2500
6	1000	3600	2400
7	1000	4900	2100
8	1000	6400	1600

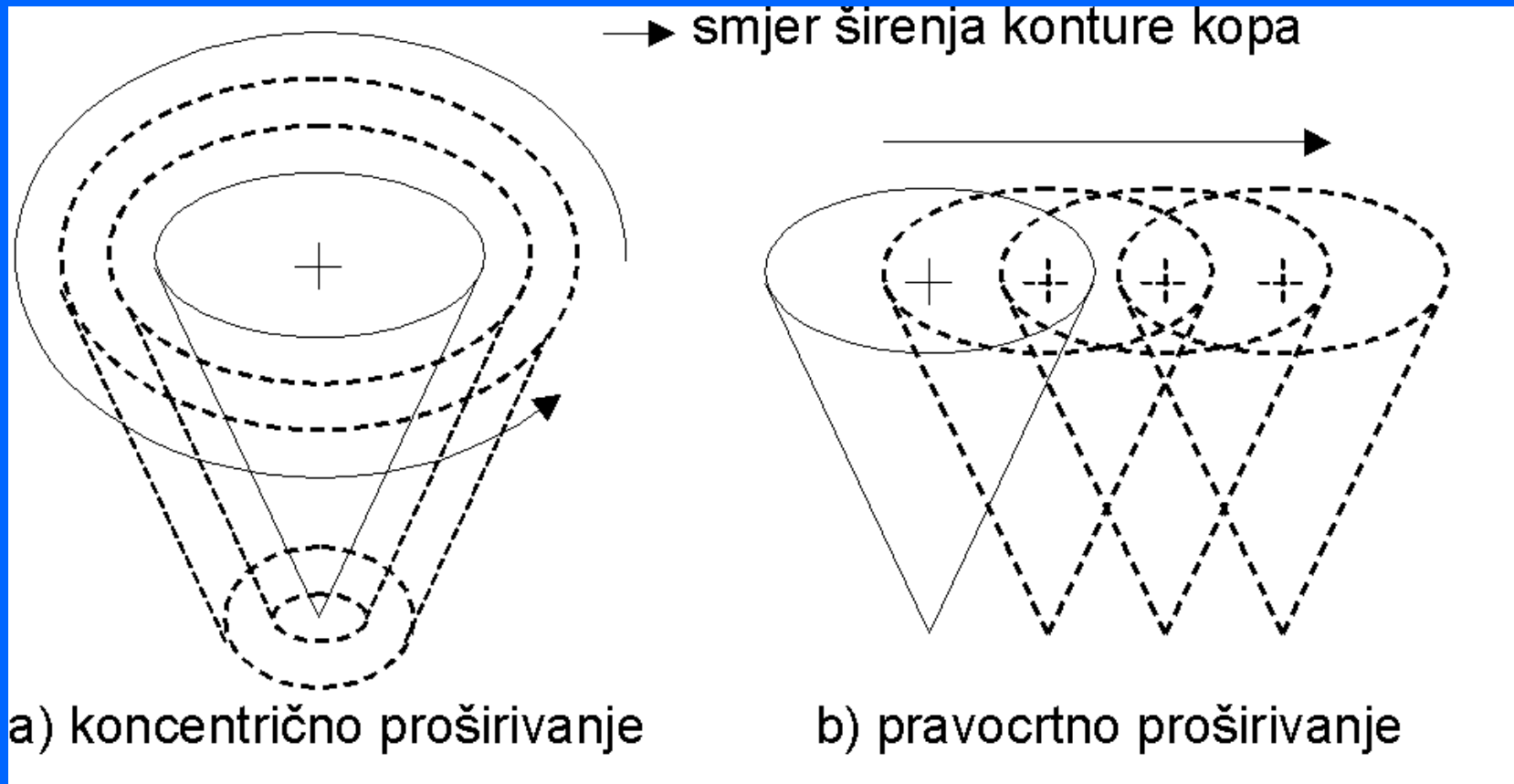
Slika 1.3.5 Određivanje optimalne konture površinskog kopa LG metodom

1.3.3.3. ALGORITAM METODE POMIČNOG STOŠCA

- Unos podataka
- Diskretizacija i označavanje blokova
- Traženje najbogatijih blokova
- Generiranje računalnog izlaza



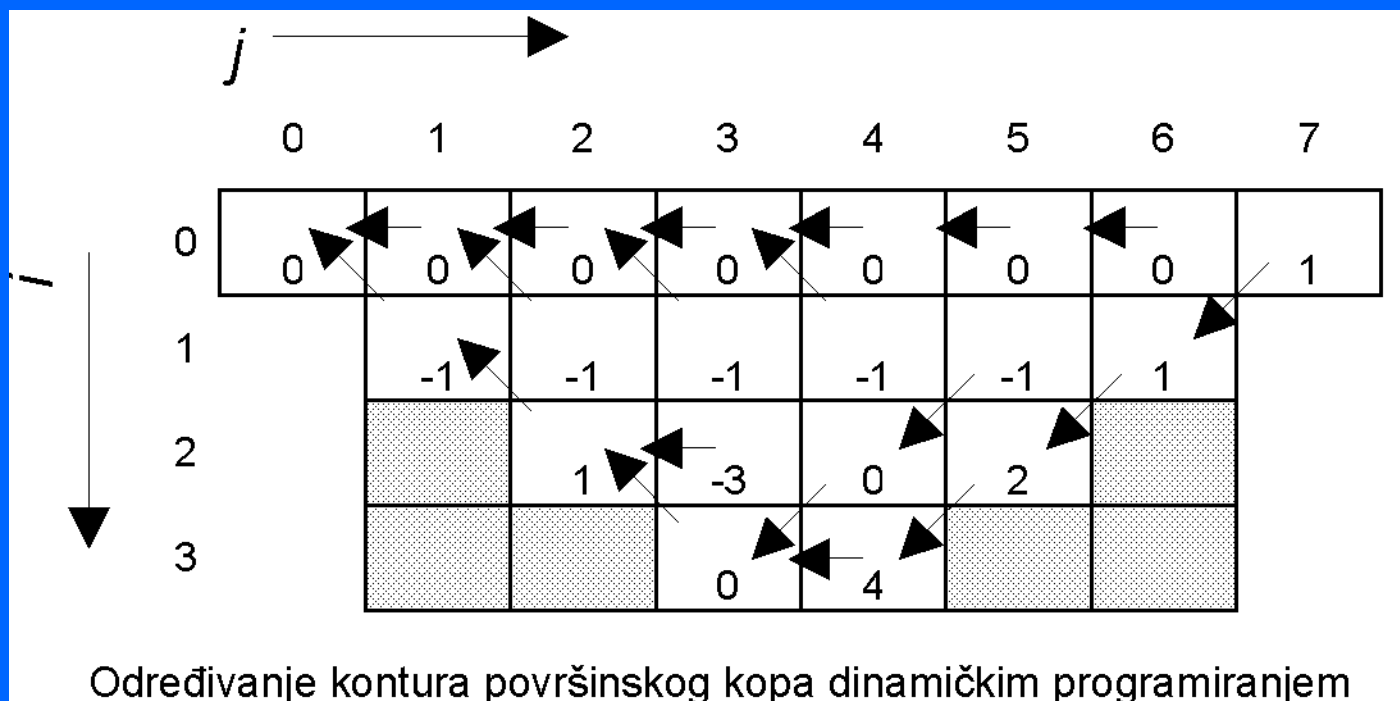
Slika 1.3.6 Formiranje konture MPS-om 15



Slika 1.3.7 Proširivanje konture površinskog kopa Metodom pomičnog stošca

1.3.3.4. ODREĐIVANJE KONTURE KOPA METODOM DINAMIČKOG PROGRAMIRANJA

- Manje kvalitetna ležišta
- Nehomogena ležišta
- Minimalan rok optimalizacije konture kopa



Slika 1.3.8

1.3.3.5. ODREĐIVANJE KONTURE KOPA METODOM POMIČNIH KOSINA (MPK)

- **Poticaaj**

- metoda prvenstveno za slojevita, a primjenjiva i za druge tipove ležišta
- Ležišta ujednačene kvalitete mineralne sirovine
- Prilagodba blok modela formi ležišta i nagibu završne kosine
- Označavanje blokova utjecajnim čimbenicima (ekvivalent, troškovi, cijena, dobit)

Osnovne postavke-redosljed procesa u mpk

- Obrada ulaznih podataka
- Izrada geološkog modela ležišta
- Izrada blok modela-diskretizacija
- Označavanje blokova tehno-ekonomskim parametrima
- Izrada ekonomskog modela površinskog kopa
- Podređivanje blokova kosinama
- Optimalizacija kontura pomicanjem kosina s površine
- Uvođenje i određivanje optimalne, namjenske i granične konture površinskog kopa

TEORIJSKI MODELI

- Blago nagnuto ležište
- Strmo nagnuto ležište

Slika 1.3.9
Model blago
nagnutog ležišta
ugljena

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	30 0,273 110	60 0,455 132	60 0,732 10	60 0,313 0	60 0,800 0	60 0,271 0	60 0,417 0	60 0,357 0	60 0,357 0	60 0,366 0	60 0,250 0	60 0,380 0	60 0,221 0	60 0,351 0
2		28 0,389 72	66 0,344 192	70 0,933 36	70 0,317 0	70 0,48611 0	70 0,417 0	70 0,417 0	70 0,427 0	70 0,292 0	70 0,443 0	70 0,25735 0	70 0,409 0	
3			12 0,308 39	72 0,326 221	80 0,556 130	80 0,476 0	80 0,476 0	80 0,488 0	80 0,333 0	80 0,506 0	80 0,294 0	80 0,468 0		
4				6 0,429 14	54 0,321 168	90 0,536 168	90 0,600 14	90 0,375 0	90 0,570 0	90 0,331 0	90 0,526 0			
5						50 0,333 150	100 0,417 240	100 0,633 30	100 0,368 0	100 0,585 0				
6							44 0,344 128	94 0,346 272	110 0,643 120					
7	T=...nov.jed. C _{jed} ...nov.jed./J E=...J							18 0,353 51						

Tablica 1.3.1
Izlazni rezultati

Broj konture	Stošac S _j	Tržišna cijena, C _t nov.jed./J	Troškovi T, nov.jed.		Ekvivalentna vrijed. E, J		Prosječna cijena C _{pr} , nov.jed./J		Dobit P=E*(C _t -C _{pr}), nov.jed.	
			U kosini	Kumulativ.	U kosini	Kumulativ.	U kosini	Ukupno	U kosini	Kumulativ.
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)/(4)	(7)=(3)/(5)	(8)=(4)*((1)-(6))	(9)
1	11	1,500	30	30	110	110	0,273	0,273	135	135
2	12	1,500	60	90	132	242	0,455	0,372	138	273
3	22	1,500	88	178	82	324	1,073	0,549	35	308
4	23	1,500	126	304	192	516	0,656	0,589	162	470
5	33	1,500	142	446	75	591	1,893	0,755	-29,5	441
6	34	1,500	202	648	221	812	0,914	0,798	129,5	570
7	44	1,500	216	864	144	956	1,500	0,904	0	570
OPTIMALNA KONTURA										
8	45	1,500	264	1.128	168	1.124	1,571	1,004	-12	558
9	46	1,500	300	1.428	168	1.292	1,786	1,105	-48	510
10	56	1,500	350	1.778	164	1.456	2,134	1,221	-104	406
11	57	1,500	400	2.178	240	1.696	1,667	1,284	-40	366
12	67	1,500	444	2.622	158	1.854	2,810	1,414	-207	159
13	68	1,500	494	3.116	272	2.126	1,816	1,466	-86	73
GRANIJNA KONTURA										
14	78	1,500	528	3.644	179	2.305	2,950	1,581	-259,5	-187
KRAJ MODELA										



Slika 1.3.10 Dijagram dobiti

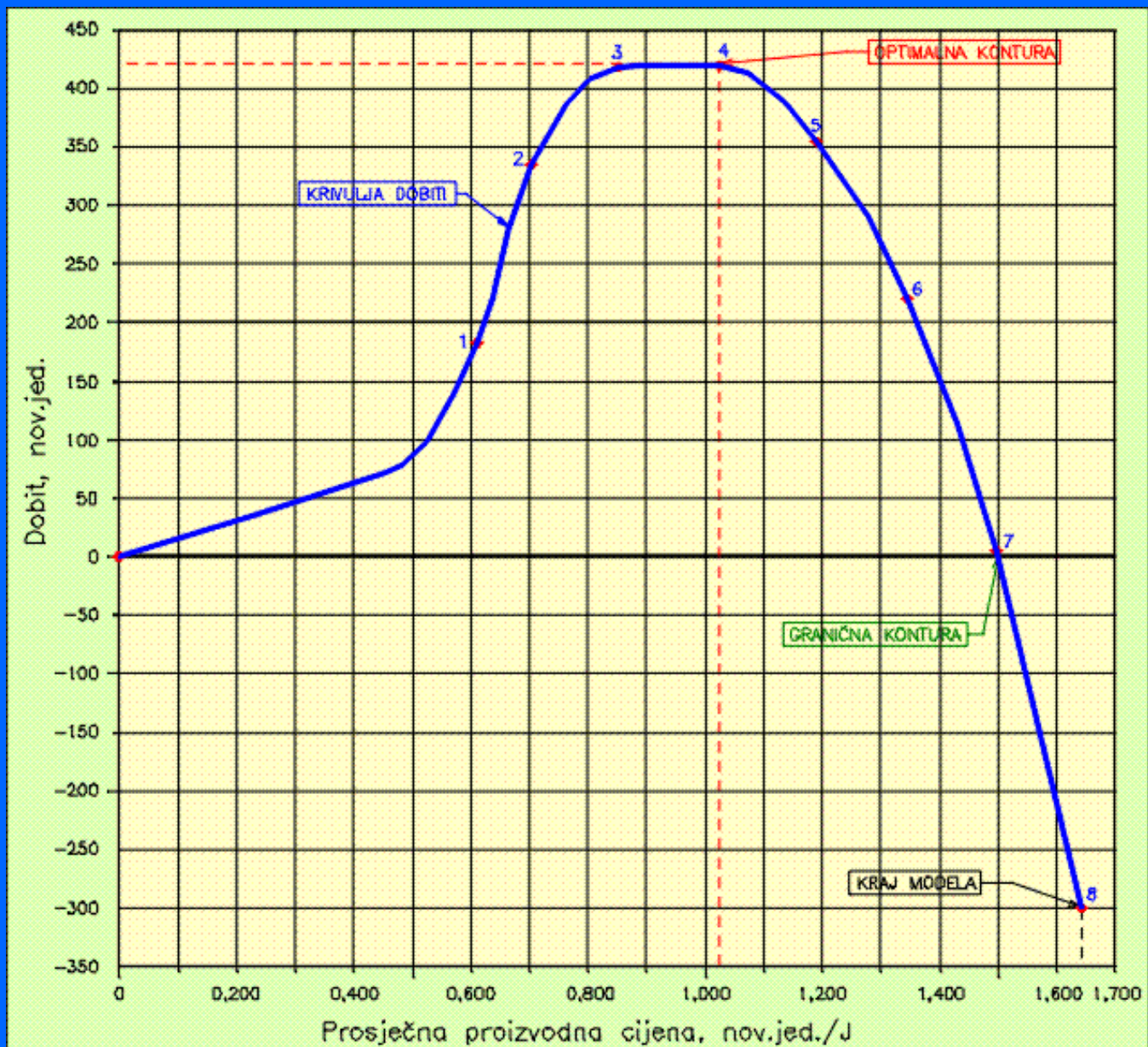
Slika 1.3.11

Model
strmo
nagnutog
ležište
ugljena

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	30 0,086 0	30 0,094 0	30 0,103 0	30 0,115 0	30 0,128 0	30 0,133 0	30 0,140 0	30 0,146 0	30 0,146 0	30 0,146 0	30 0,140 0	30 0,133 0	30 0,128 0	30 0,115 0	30 0,103 0	30 0,094 0	30 0,086 0
2		35 0,100 0	35 0,109 0	35 0,121 0	35 0,135 0	35 0,1489 0	35 0,156 0	35 0,163 0	35 0,171 205	35 0,163 0	35 0,156 0	35 0,1489 0	35 0,135 0	35 0,121 0	35 0,109 0	35 0,100 0	
3			40 0,114 0	40 0,125 0	40 0,138 0	40 0,154 0	40 0,170 0	40 0,178 0	40 0,186 215	40 0,178 0	40 0,170 0	40 0,154 0	40 0,138 0	40 0,125 0	40 0,114 0		
4				45 0,129 0	45 0,141 0	45 0,155 0	45 0,173 0	45 0,191 0	45 0,200 225	45 0,191 0	45 0,173 0	45 0,155 0	45 0,141 0	45 0,129 0			
5					50 0,143 0	50 0,156 0	50 0,172 0	50 0,192 0	50 0,213 235	50 0,192 0	50 0,172 0	50 0,156 0	50 0,143 0				
6						55 0,157 0	55 0,172 0	55 0,190 0	55 0,212 260	55 0,190 0	55 0,172 0	55 0,157 0					
7							60 0,171 0	60 0,188 0	60 0,207 290	60 0,188 0	60 0,171 0						
8								65 0,186 0	65 0,203 320	65 0,186 0							
9	T=...nov.jed. C _{jed} ...nov.jed./J E=...J								70 0,200 350								

Tablica 1.3.2
Izlazni rezultati

Broj konture	Stoĉac S _j	Trĉišna cijena, C _t nov.jed./J	Troškovi T, nov.jed.		Ekvivalentna vrijed. E, J		Prosjeĉna cijena C _{pr} , nov.jed./J		Dobit P=E*(C _t -C _{pr}), nov.jed.	
			U kosini	Kumulativ.	U kosini	Kumulativ.	U kosini	Ukupno	U kosini	Kumulativ.
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)/(4)	(7)=(3)/(5)	(8)=(4)*((1)-(6))
1	29	1,500	125	125	205,00	205	0,610	0,610	182,5	182,5
2	39	1,500	170	295	215,00	420	0,791	0,702	152,5	335,0
3	49	1,500	255	550	225,00	645	1,133	0,853	82,5	417,5
4	59	1,500	350	900	235,00	880	1,489	1,023	2,5	420,0
OPTIMALNA KONTURA										
5	69	1,500	455	1.355	260,00	1.140	1,750	1,189	-65	355,0
6	79	1,500	570	1.925	290,00	1.430	1,966	1,346	-135	220,0
7	89	1,500	695	2.620	320,00	1.750	2,172	1,497	-215	5,0
GRANIĀNA KONTURA										
8	99	1,500	830	3.450	350,00	2.100	2,371	1,643	-305	-300,0
KRAJ MODELA										

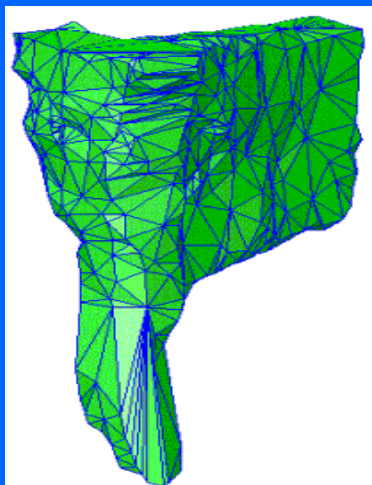


Slika 1.3.12 Dijagram dobiti

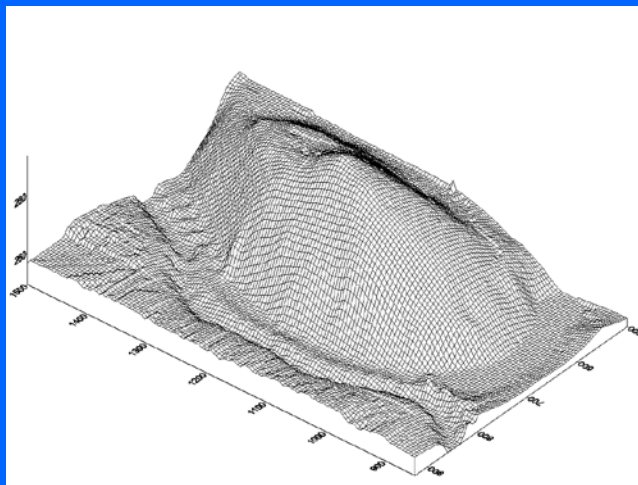
RAČUNALNI (NAMJENSKI) PROGRAMI

Profesionalni rudarski ili geološki programi	Namjenski programi za obradu baza podataka	Programi za izvedbu različitih proračuna	Programirane baze podataka	Programi za grafičku obradu podataka
Datamine Vulcan Surpac Lynxgeosystem Minesight i dr.	Oracle Access, dbMan-Verafox Foxbase+ I dr.	Lotus 1-2-3 Excel Statgraphics I dr.	Fortran Pascal Basic, C Cobol I dr.	Autocad Microstation SiteWorks Surfer Grapher I dr.

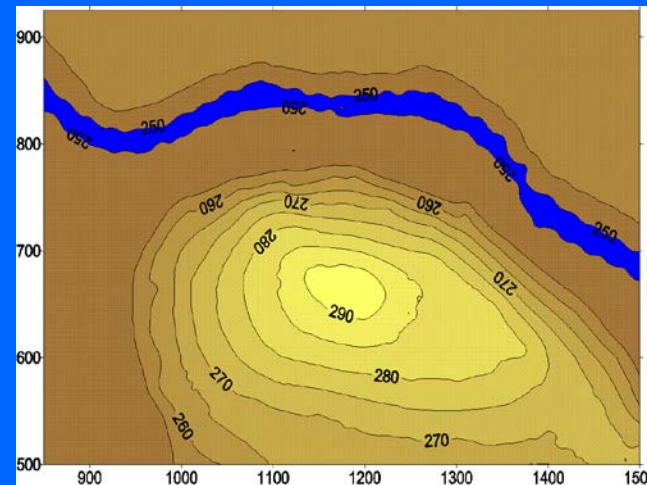
RAČUNALNI MODELI LEŽIŠTA I RUDARSKIH ZAHVATA



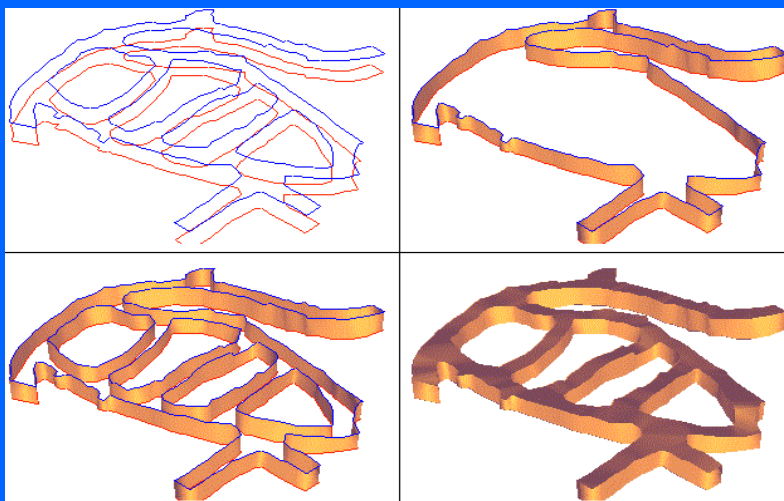
Triangulacijski



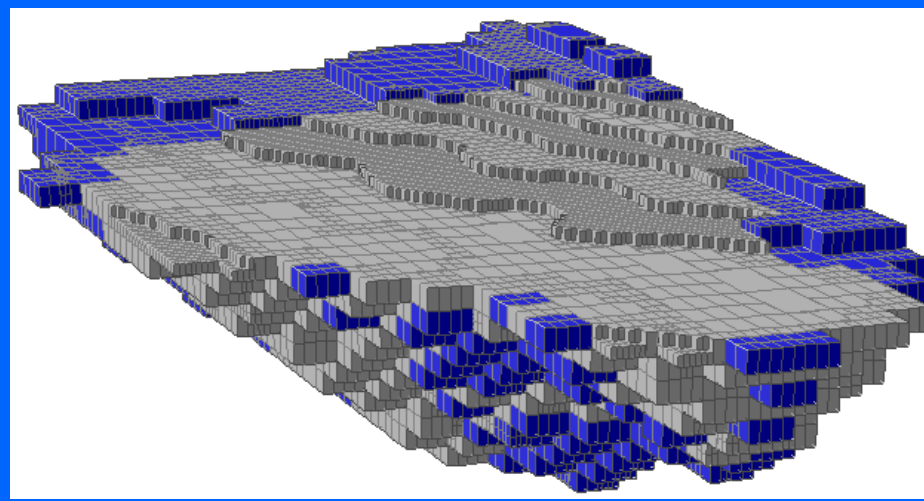
Mrežni



Konturni



Žični

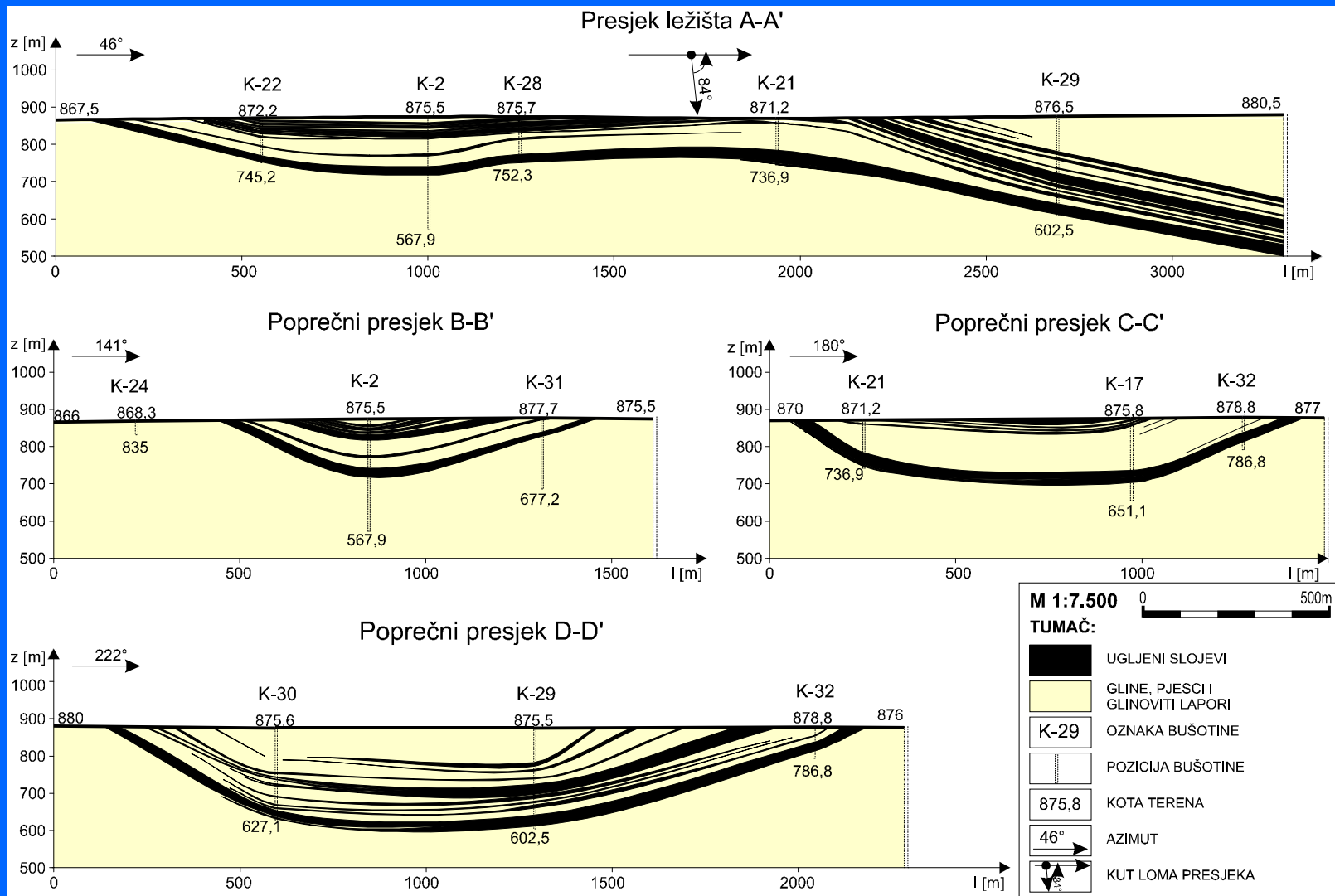


Blok

Slika 1.3.13

OPTIMALIZACIJA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA NA PRIMJERU LEŽIŠTA “KONGORA”

- Ležište ugljena (lignita) u Duvanjskom polju
- Istraživanje trajalo od 1956. do 1975. godine
- Izrađena 31 bušotina (najdublja 320 m)
- Urađeno 156 analiza
- Izrađeno preko 30 pisanih dokumenata (elaborati, studije, ekspertize, znanstveni i stručni radovi)
- Utvrđena četiri ugljena sloja s nizom proslojaka
- Utvrđeno oko 206 milijuna tona bilančnih rezervi
- Utvrđena prosječna toplinska vrijednost oko 7000 kJ/kg
- Razmatrana mogućnost potencijala termoelektrane od 300 do 600 MW snage



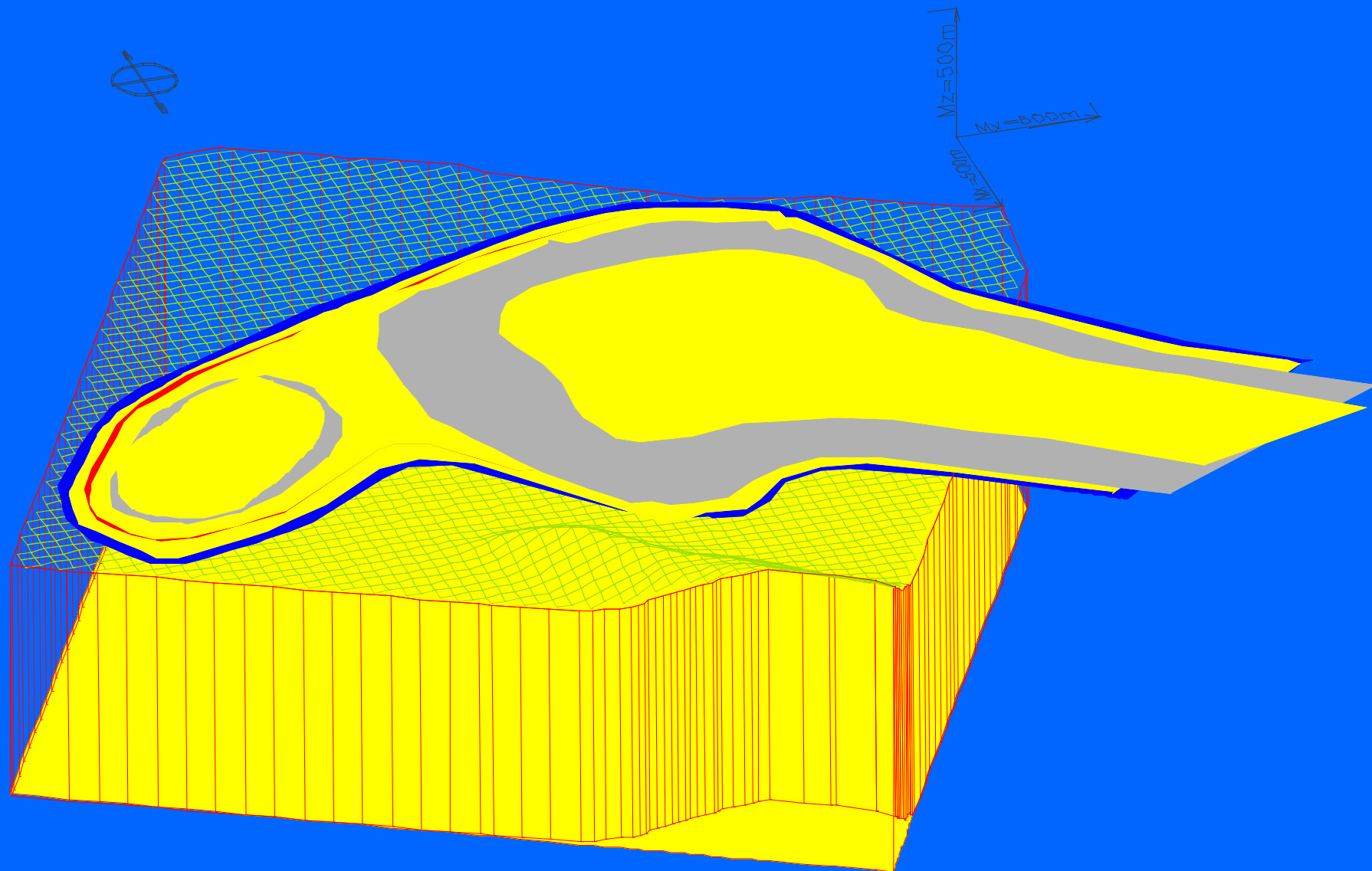
Slika 1.3.15 Geološki presjeci ležišta "Kongora"

Značajke optimalizacije na ležištu Kongora

- **Primjena Metode pomičnih kosina
(Pomoću namjenskih programa)**
- **Postavljanje ekonomskih-ekstremnih uvjeta
za optimalnu i graničnu konturu kopa**
- **Postavljanje tehničko-tehnoloških uvjeta za namjensku
konturu
(snaga termoelektrane, vijek eksploatacije)**
- **Računalna obrada podataka**

POSTUPAK PRIMJENE MPK

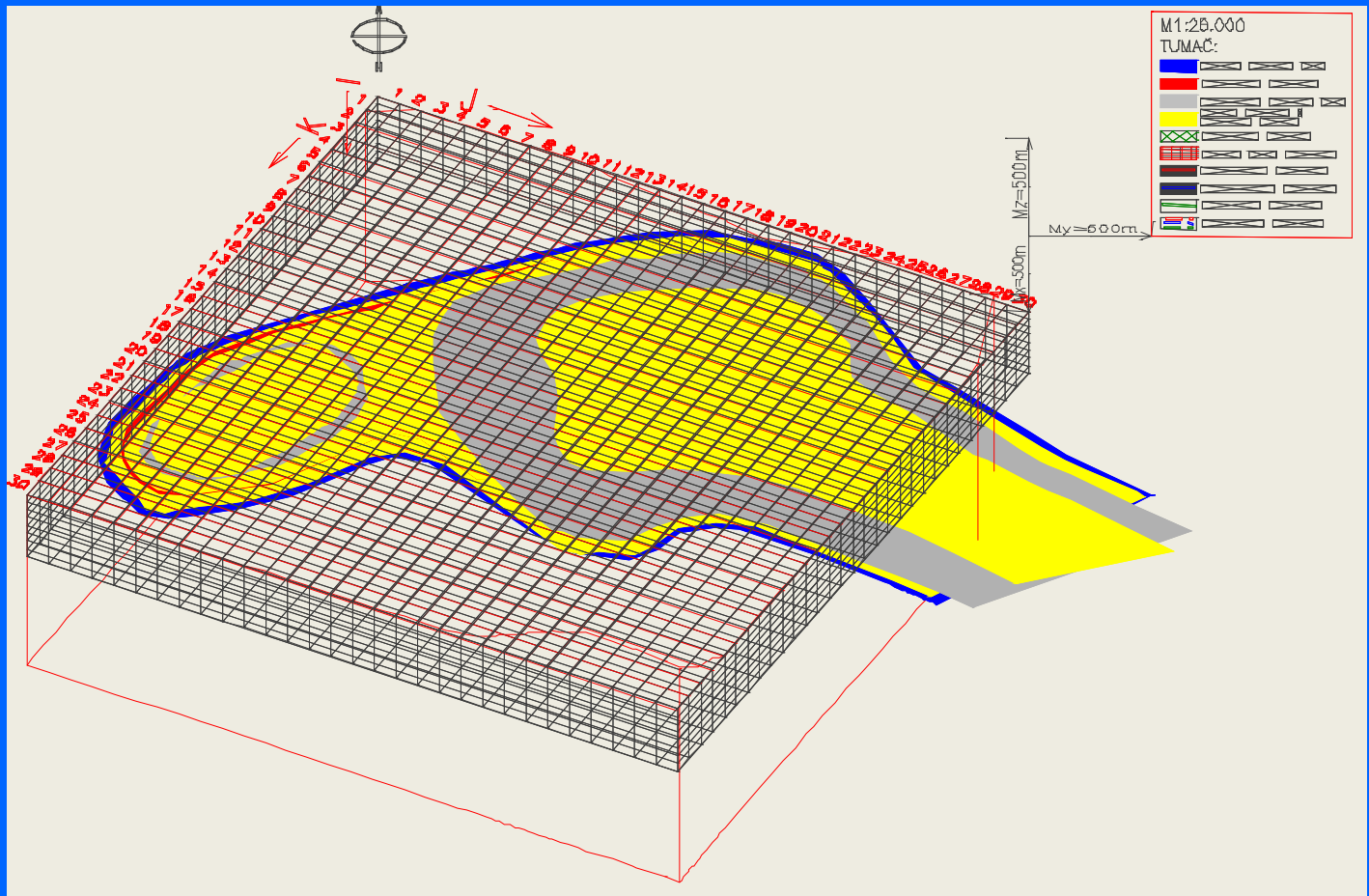
- **Računalna tehnika i namjenski programi:**
 - Surfer (prebacivanje-export podataka)
 - Microstation (2D i 3D prikaz, proračun obujma i površine)
 - SITEWORKS (dodatni alat za microstation)
 - Microsoft Excel (obrada ulaznih i proračun izlaznih vrijednosti)
 - Microsoft Word, program za pisanje i obradu teksta.



Slika 1.3.16 Geološki model ležišta

Blok model ležišta

- 30 kolona
- 30 stupaca
- 8 razina (redova)
- Oko 7.500 blokova
- Diskretizacija 100x100x40 m



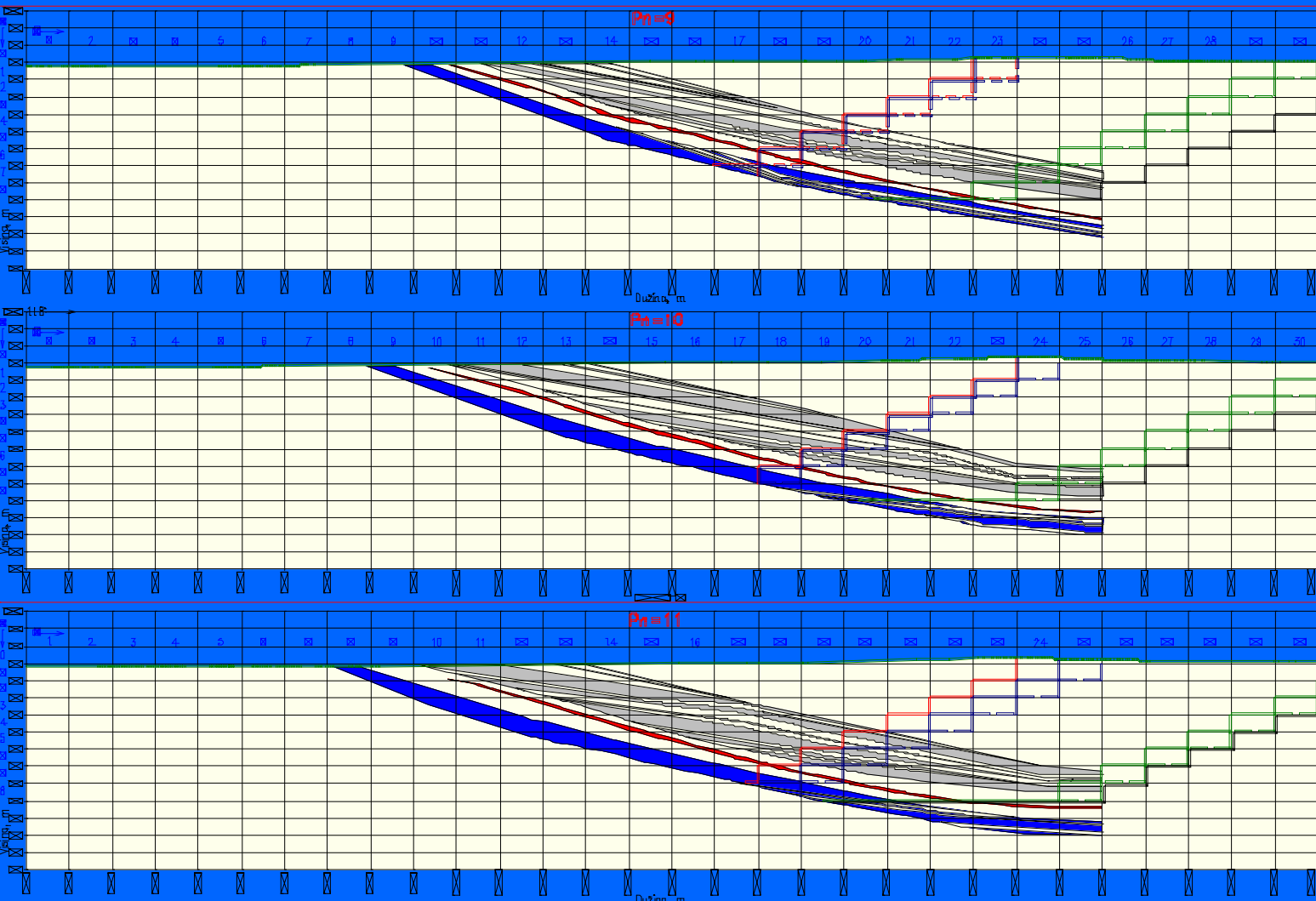
Slika 1.3.17

Presjeci modela (30 kom)

M1:10.000

TUMAČ:

- Glavni ugljeni sloj
- Međusloj ugljena
- Krovinski ugljeni sloj
- Prateće naslage i prosjipci - glina, pijesak i glinoviti lapor
- Površina terena
- Mreža blok modela
- Optimalna kontura
- Namjenska kontura
- Granična kontura
- Granica geološkog modela
- Proširenje konture ka presjeku Pn+1



Slika 1.3.18

Formiranje geološke baze podataka

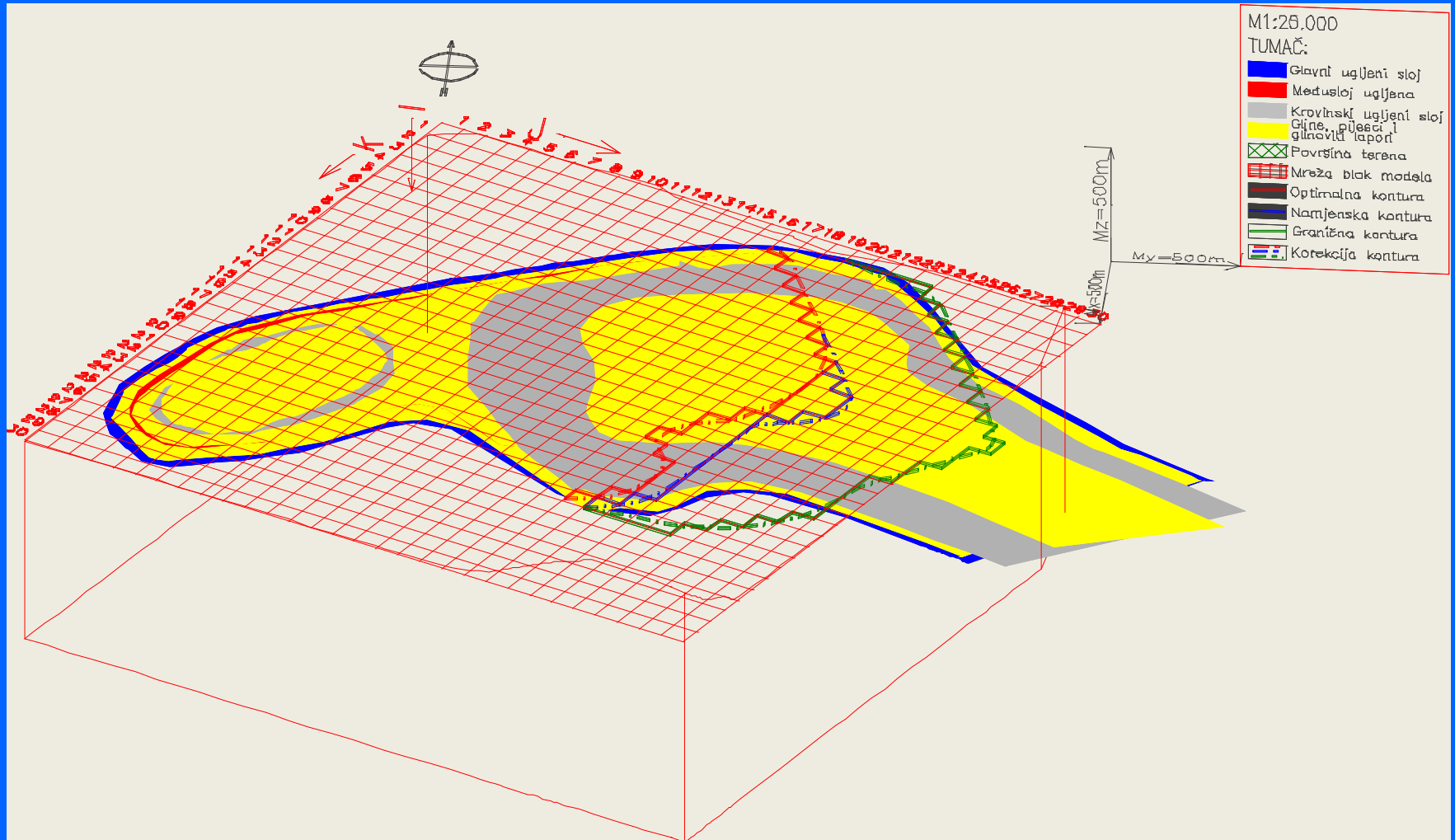
- Excel
- 350.000 ćelija-podataka (300 str. A4 formata)
- 7 MB memorije

Formiranje ekonomskog modela

- Excel
- 200.000 ćelija-podataka (150 str. A4 formata)
- 3 MB memorije

Određivanje optimalne, namjenske i granične konture površinskog kopa

- Postavljanje uvjeta
- Proces pretraživanja i utvrđivanja
- kontura prema načelima i uvjetima

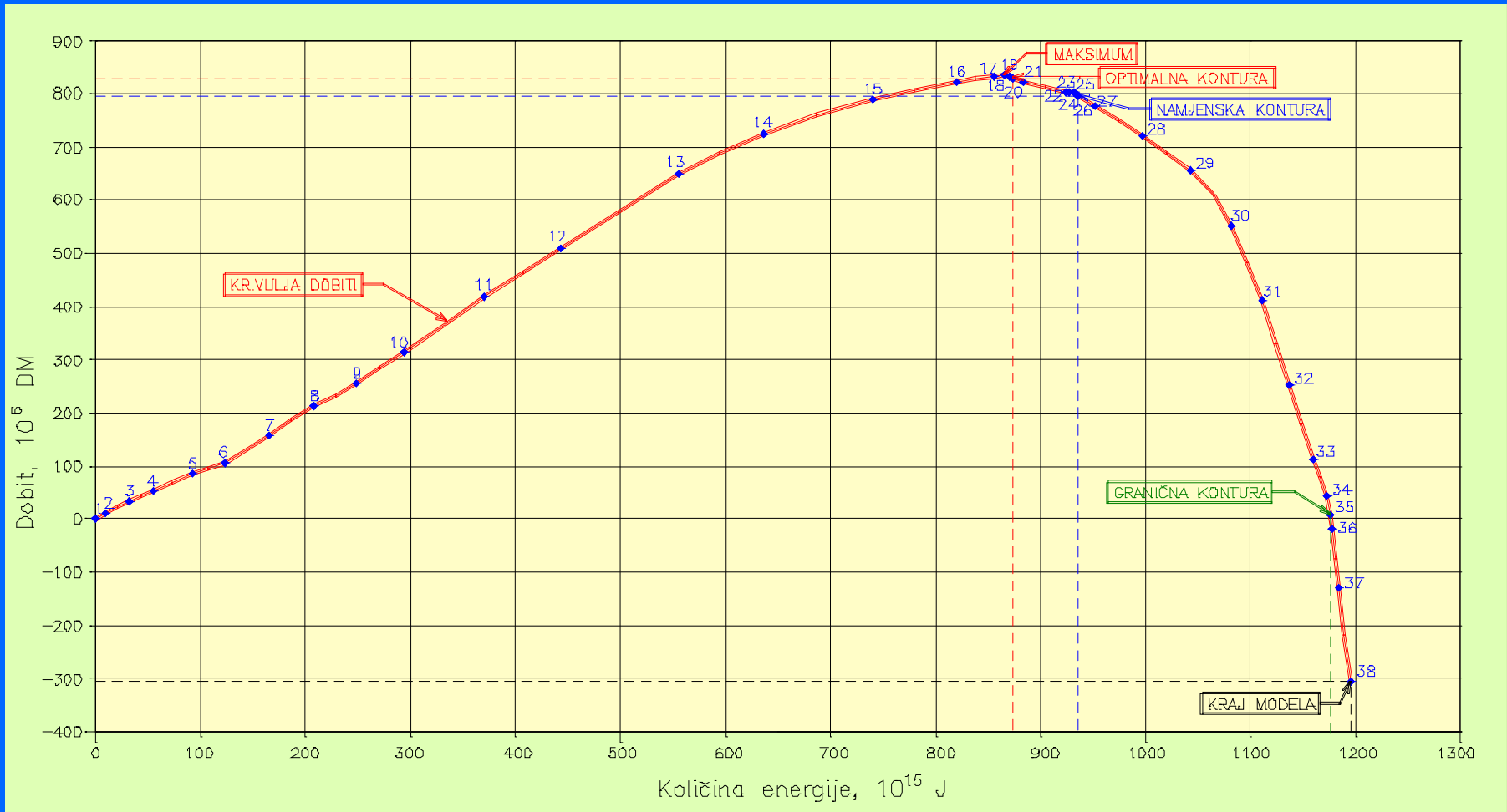


Slika 1.3.19

Tablica 1.3 Izlazni rezultati optimalizacije

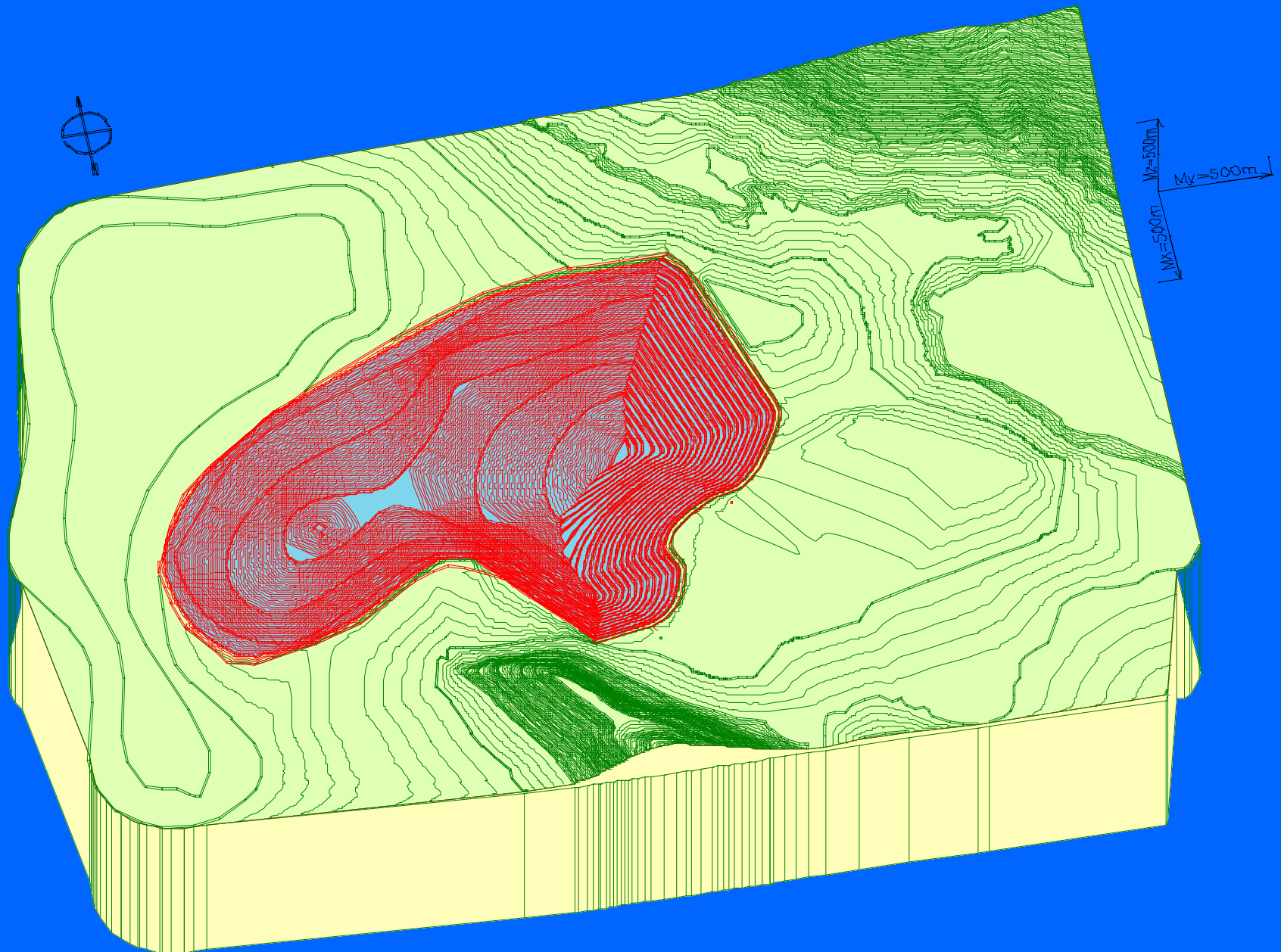
Značajka	Uvjeti za konturu		
	Optimalna maksimum	Namjenska tehnološki	Granična minimum
Snaga termoelektrane, MW	-	500	-
Količina ugljena, milijuna tona	119	128	164
Prosječna toplinska vrijednost, kJ/kg	7325	7282	7180
Ukupna energija, PJ	871	935	1174
Proizvodna cijena, DM/GJ	2,15	2,26	3,10
Vijek eksploatacije	33	35,5	44

Krivulja dobiti prema MPK-u



Slika 1.3.20

3D prikaz optimalne konture površinskog kopa "Kongora"



Slika 1.3.21

1.3.4. USPOREDBA (TRADICIONALNIH I SUVREMENIH) METODA RADA

- a) **suvremene metode** polaze od izrade **3D računalnog modela rudnog tijela**, tj. podjele ležišta na blokove, a **tradicionalne** od **geološki 2D okonturenog rudnog tijela**,
- b) **optimalno rješenje u suvremenim metodama se dobiva financijskim analizama blokova** utemeljenom na optimalnom redoslijedu otkopavanja, a **tradicionalne metode su bazirane na geometrijskoj analizi i koeficijentima otkrivke**,
- c) **suvremene metode ne poznaju pojam koeficijent otkrivke** jer je to **promjenjiva veličina u vremenu**, a **tradicionalne metode definiraju koeficijente otkrivke još u fazama izrade projekata** i održavaju ih tako definiranim do kraja eksploatacije ležišta (a poznato je da **cijena mineralne sirovine na tržištu varira skoro svakodnevno**),
- d) **za iznalaženje optimalnog rješenja suvremenim metodama potrebno je nekoliko sati računalnog (CPU) vremena**, a **kod tradicionalnih metoda to iznosi i po nekoliko mjeseci**,
- e) **troškovi projektiranja tradicionalnim metodama su nemjerljivo veći od troškova projektiranja suvremenim metodama**,
- f) **suvremene metode omogućavaju 3D prikaz svih objekata što ostvaruje veću realnost u promatranju objekta**, dok su **tradicionalne metode bazirane isključivo na 2D prikazu**,
- g) **za rad na suvremenim metodama projektiranja potrebna su veća investicijska ulaganja (posjedovanje računalne opreme i namjenskih programa) nego što je to potrebno za tradicionalne metode projektiranja**.