

5. OTVARANJE I RAZVOJ PODZEMNOG KOPA

5.1. RAZVRSTAVANJE I IZRADA RUDARSKIH PODZEMNIH PROSTORIJA

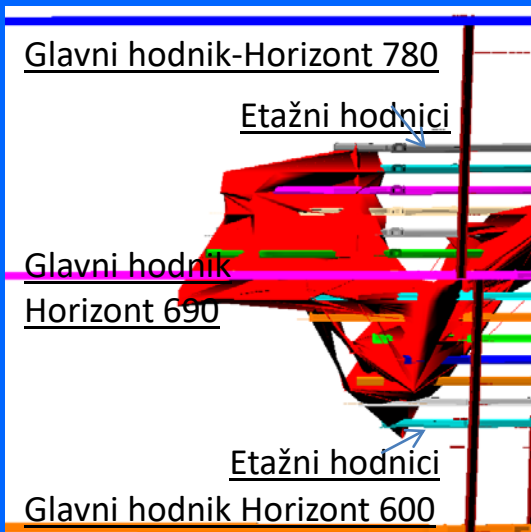
- prema zalijeganju u prostoru,
- prema položaju u odnosu na povezanost s površinom terena i ležištem,
- prema značaju-ulozi u transportu i provjetravanju.

5.1.1. Podjela rudarskih podzemnih prostoriya prema zalijeganju u prostoru

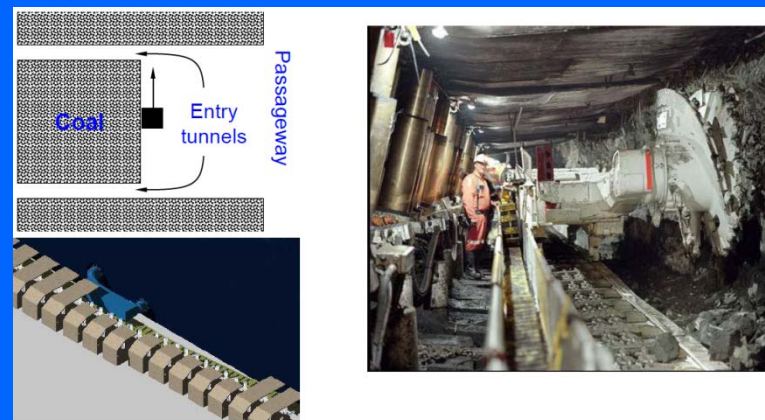
- Horizontalne: hodnici, galerije-komore,
- Kose: niskopi i uskopi,
- Vertikalne: okna
- Spiralne (zakrivljene): niskopi i uskopi

5.1.1.1. Horizontalne i subhorizontalne prostorije

Hodnici (boksitna ležišta)



Široka čela (ugljen)



Galerije (agk)



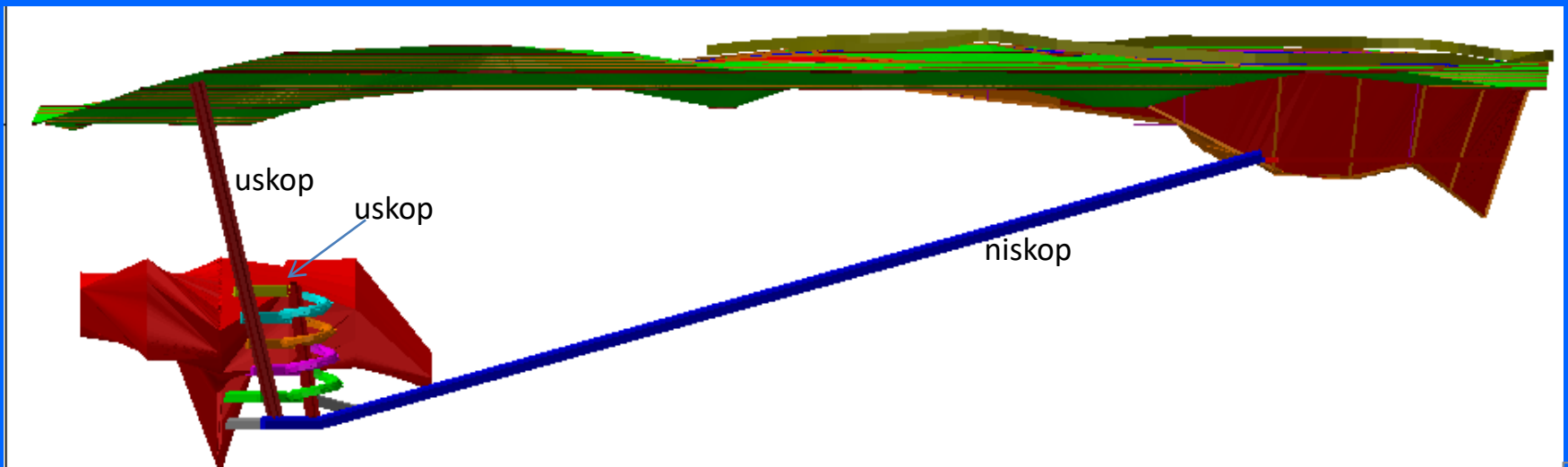
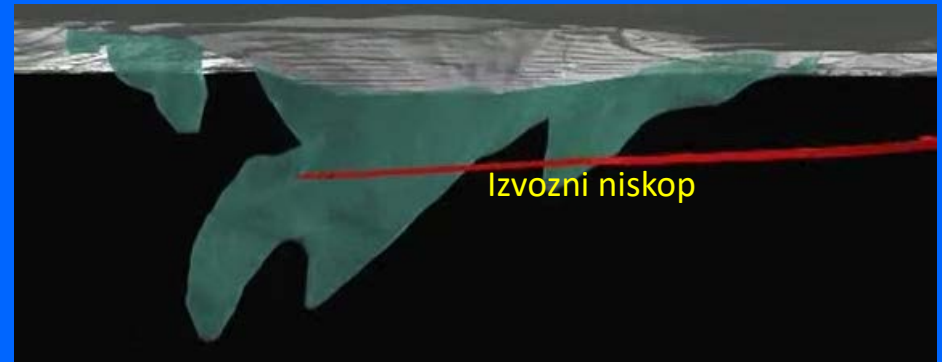
Komore (sol, metali)



Slika 5.1

5.1.1.2. Kose prostorije

- Niskopi
- Uskopi

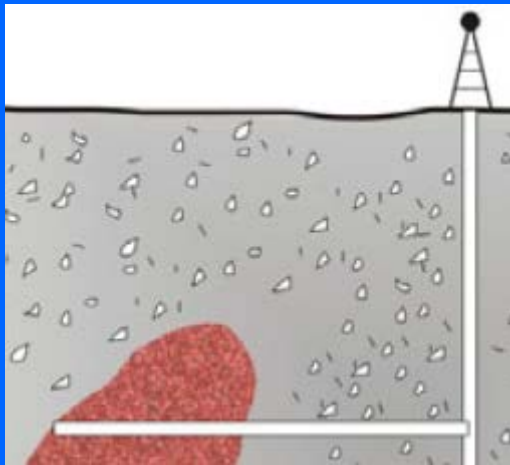


Slika 5.2

5.1.1.3. Vertikalne i subvertikalne prostorije

- Vertikalna i kosa okna

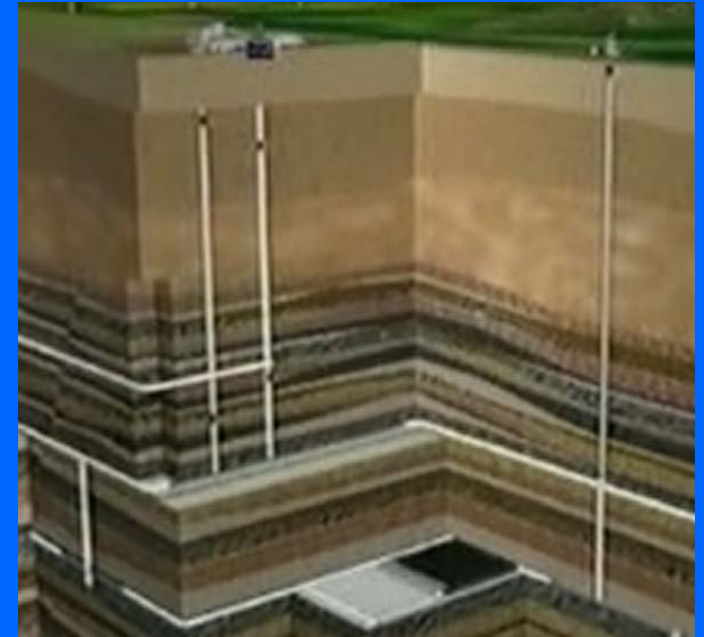
Masivna ležišta metaličnih ruda



Duboka ležišta plemenitih elemenata



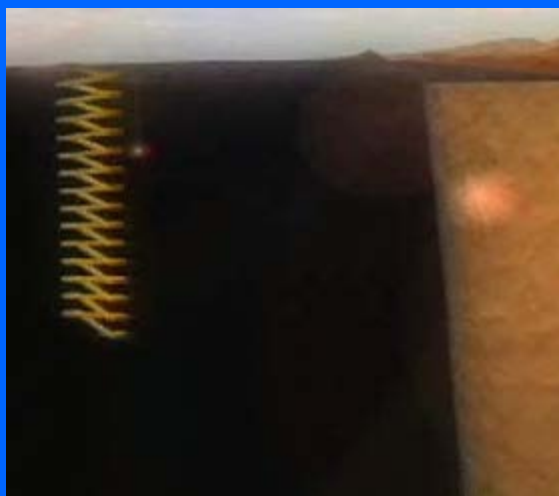
Ležišta ugljena i ležišta soli



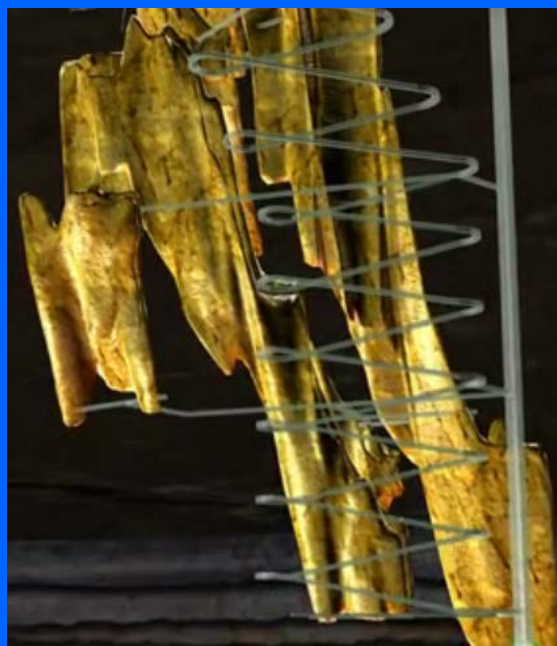
Slika 5.3

5.1.1.4. Spiralne (zakrivljene) prostorije

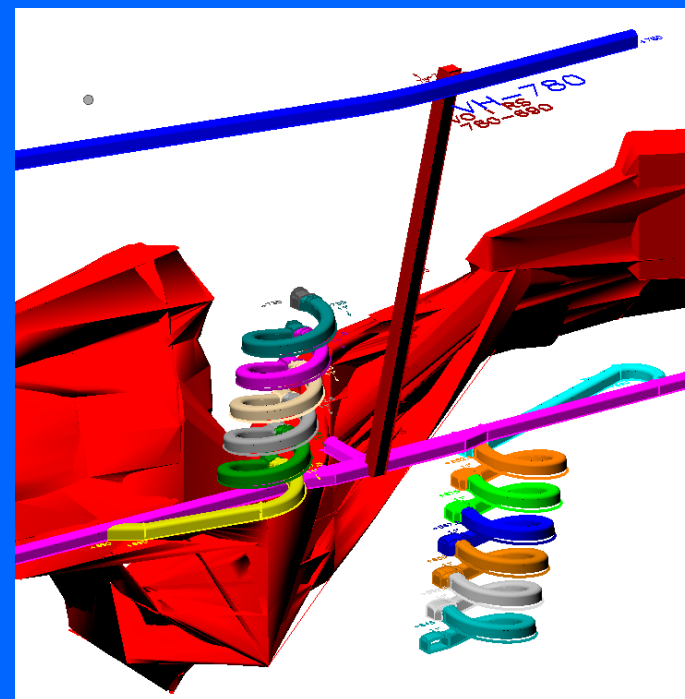
Spiralni niskop bočno od ležišta



Spiralni niskop oko ležišta



Spiralni niskop i uskop neposredno uz ležište



Slika 5.4

5.1.2. Podjela rudarskih podzemnih prostorija prema položaju u odnosu na povezanost s površinom terena i ležištem

- Prostorije otvaranja: izbor načina otvaranja; izbor mjesta otvaranja; otvaranje: potkop (hodnik), galerija (komora), niskop, okno, kombinirane prostorije otvaranja
- Prostorije razrade (hodnici, niskopi, uskopi)
- Prostorije pripreme (hodnici, niskopi, spiralni niskopi, uskopi)
- Prostorije otkopavanja (hodnici, uskopi, komore).

5.1.2.1. Prostorije otvaranja

- Izbor mjesta otvaranja
- Izbor načina otvaranja
- Otvaranje podzemnog kopa: potkop (hodnik), galerija (komora), niskop, okno, kombinirane prostorije otvaranja.

5.1.2.1.1. Mjesto i način otvaranja podzemnog kopa

Izbor mjesta otvaranja ovisi o:

- položaju ležišta
- topografiji terena
- fizičko-mehaničkim svojstvima stijenskog masiva
- odnosu ležišta i prostorija otvaranja
- položaju uređaja za oplemenjivanje i preradu.

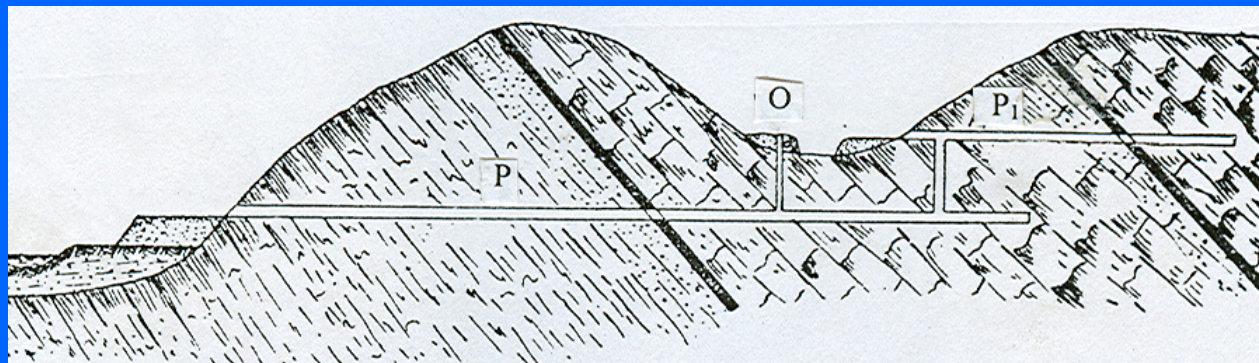
Izbor načina otvaranja ovisi o:

- konfiguraciji terena
- položaju i obliku ležišta
- dubini eksploatacije
- rasporedu korisne mineralne sirovine
- utvrđenim rezervama korisne mineralne sirovine
- tektonici terena
- fizičko-mehaničkim značajkama mineralne sirovine i pratećih naslaga
- provjetravanju jame
- prometnim prilikama.

Načini otvaranja podzemnog kopa:

- Horizontalnim i subhorizontalnim prostorijama: potkopima i/ili otvorenim galerijama
- Kosim prostorijama: niskopima i uskopima
- Vertikalnim i subvertikalnim prostorijama-vertikalnim i kosim oknima
- Kombinacijom podzemnih prostorija otvaranja

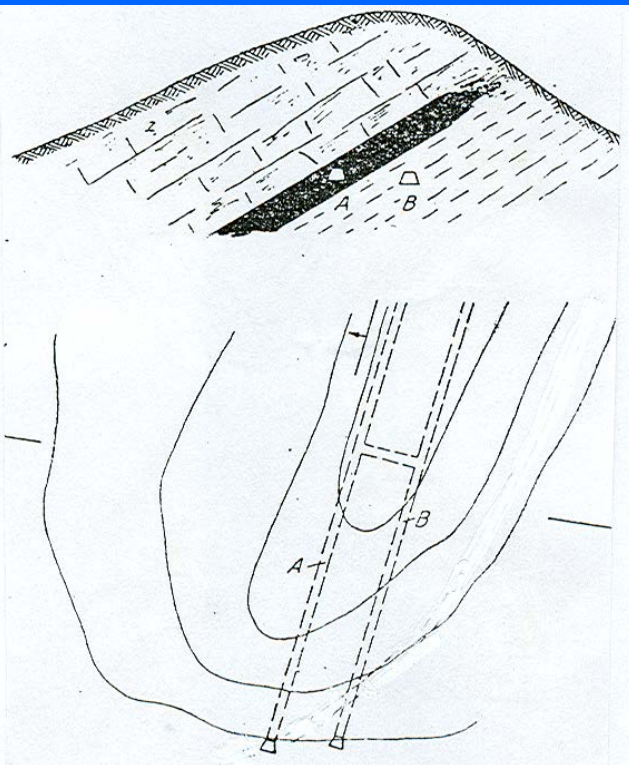
5.1.2.1.2. Otvaranje podzemnog kopa potkopima i galerijama



P, P1-potkop

O-okno

Izrada potkopa poprečno na sloj

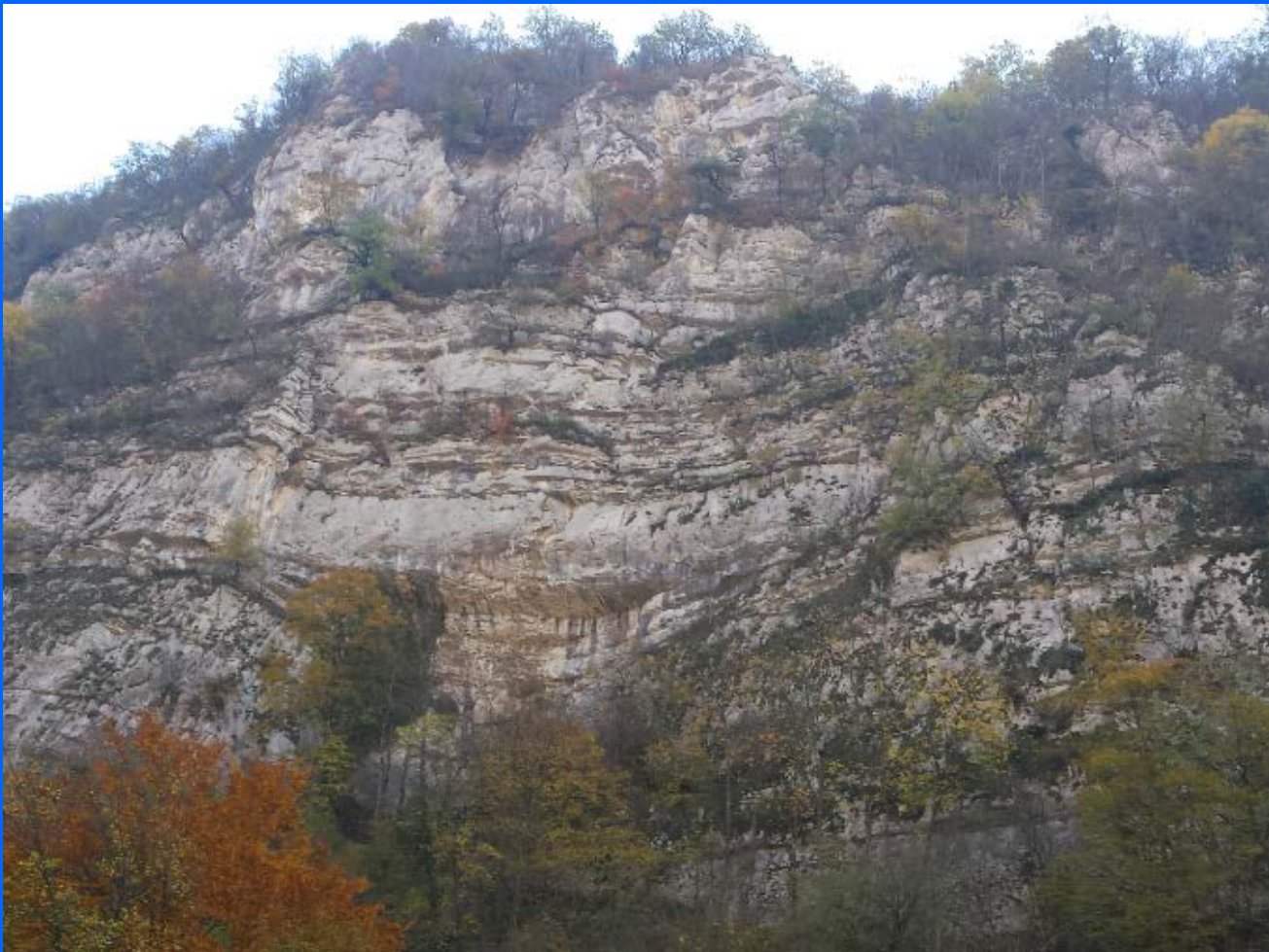


A-potkop u mineralnoj sirovini

B-potkop u pratećim naslagama

Izrada potkopa po pružanju sloja

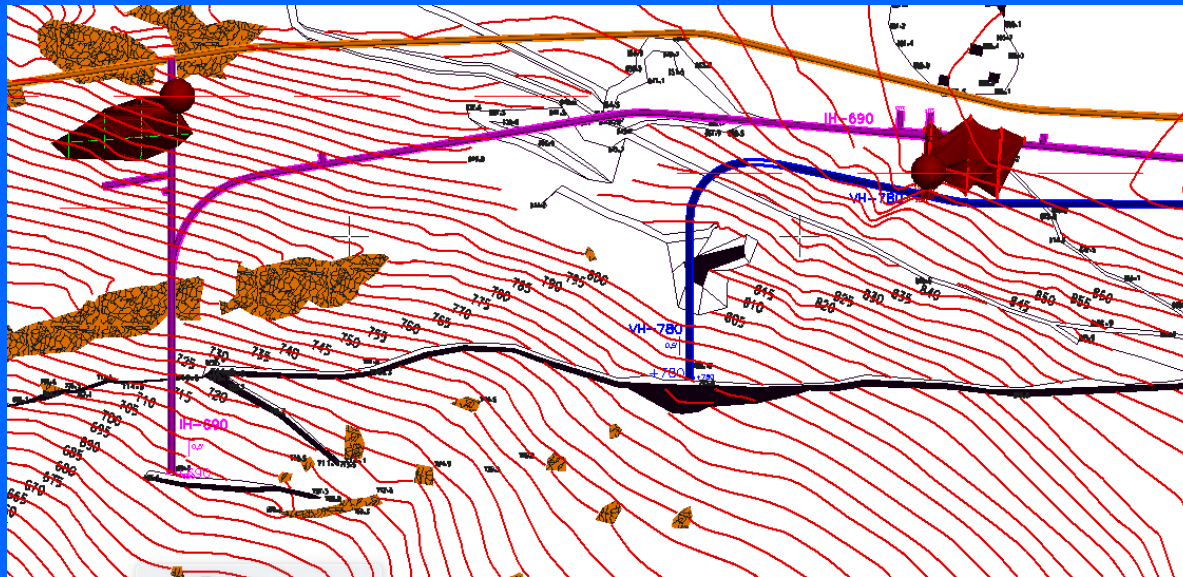
Slika 5.5



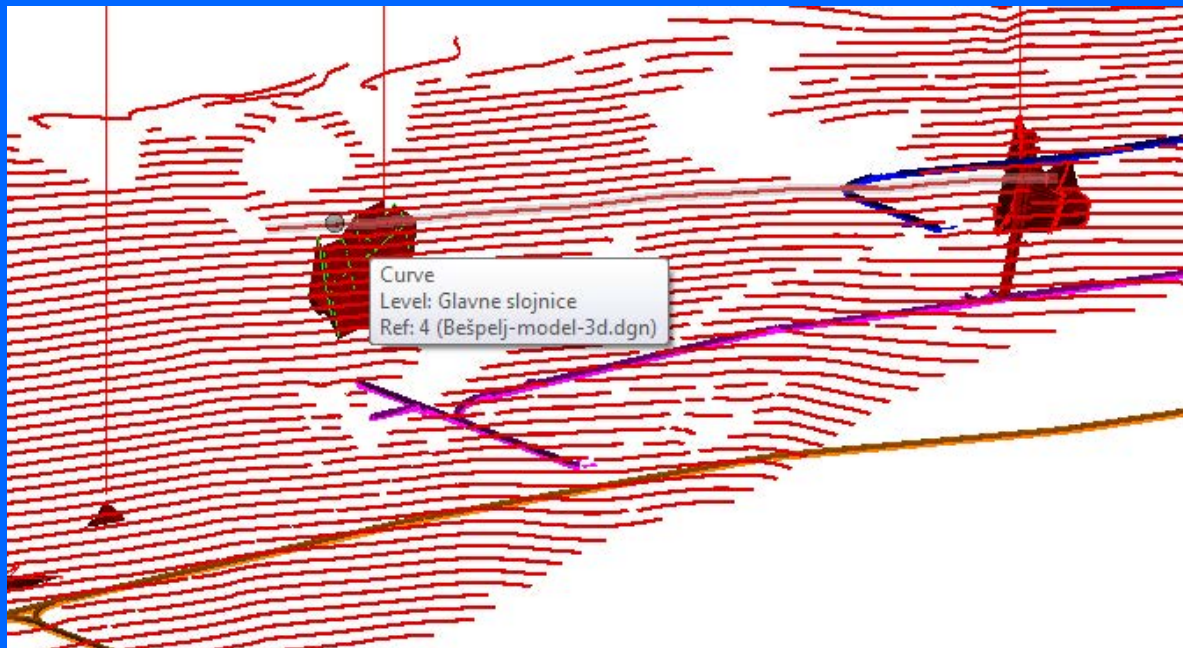
Prikaz terena pogodnog za otvaranje podzemnog kopa potkopom

Slika 5.6

Otvaranje ležišta boksita potkopima



Tlocrt



3D



izvozni potkop



vjetreni potkop

Fotografije ulaza u potkope

Slika 5.7

Otvaranje ležišta a-gk galerijama



Početak izrade



Otvorena galerija na ležištu Kanfanar



Kraj izrade (5,4 x 4,5 x 4,8 m)

Prva galerija - Crvene stijene



Otvorena galerija na ležištu Hotavlje



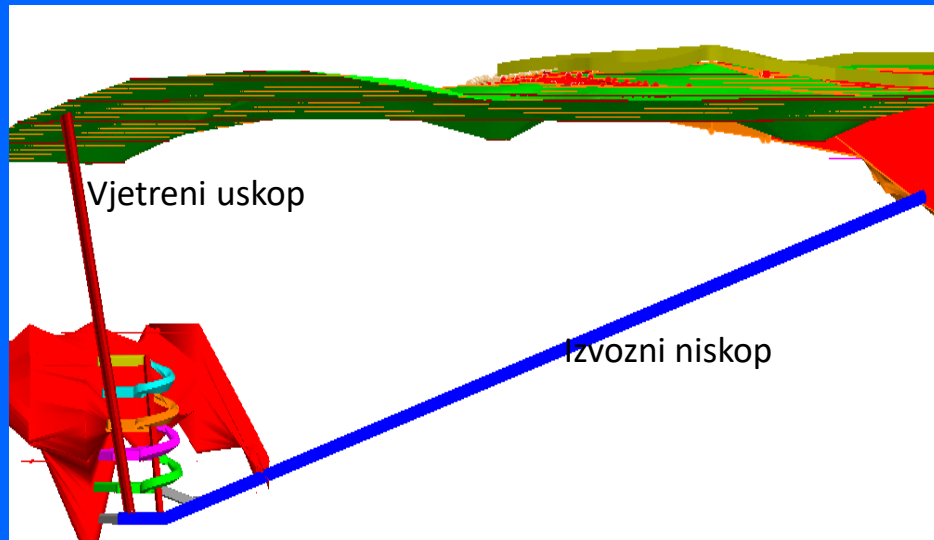
Otvorene galerije na ležištu Kanfanar



Slika 5.9

Otvorene galerije na ležištu Marmor Sežana-Lipice

5.1.2.1.3. Otvaranje podzemnog kopa niskopima



Otvaranje ležišta boksita niskopom i uskopom



Transport kamionima



Izrada ulazne cijevi

Zasipanje ulazne cijevi

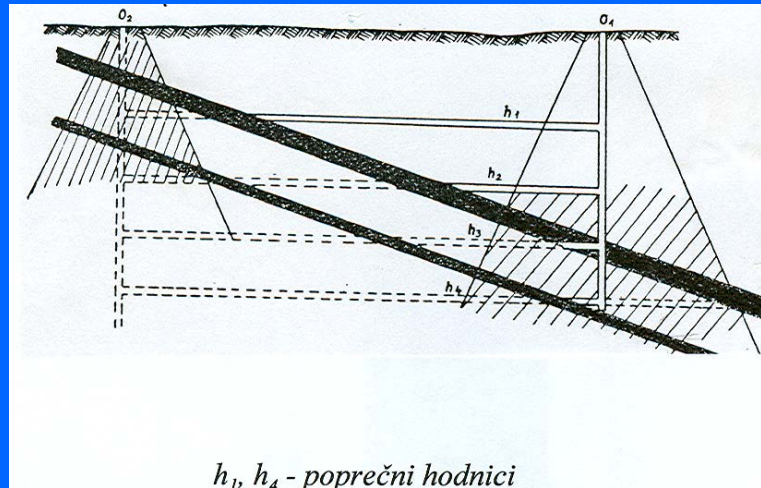
Izrada ulaza u niskop



Transport trakama

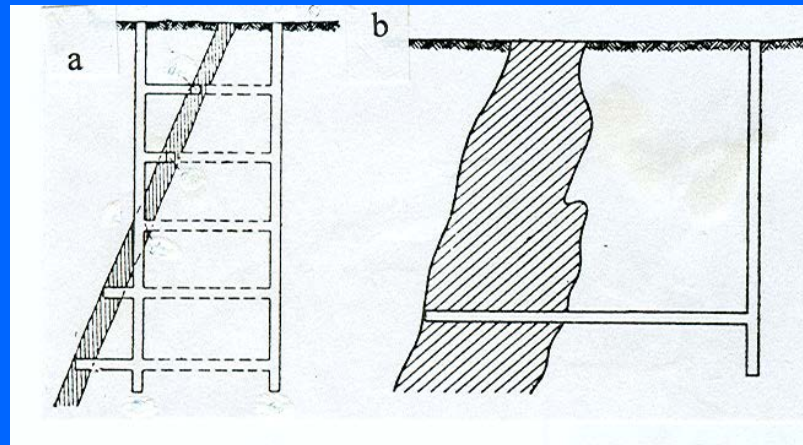
Fotografije ulaza u niskope

5.1.2.1.4. Otvaranje podzemnog kopa oknima



h_1, h_4 - poprečni hodnici

Krovinski i podinski položaj okna i sigurnosni stupovi kod otvaranja blago nagnutog ležišta

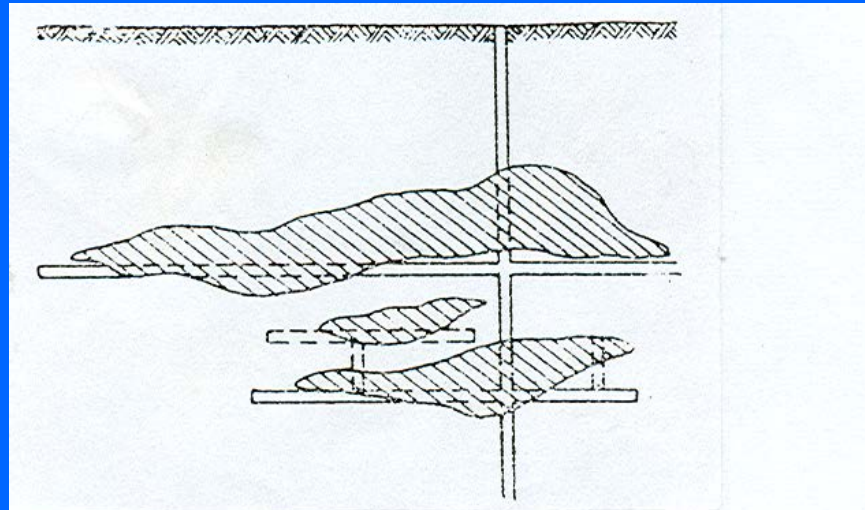


a - podinsko-krovinska lokacija
b - podinska lokacija

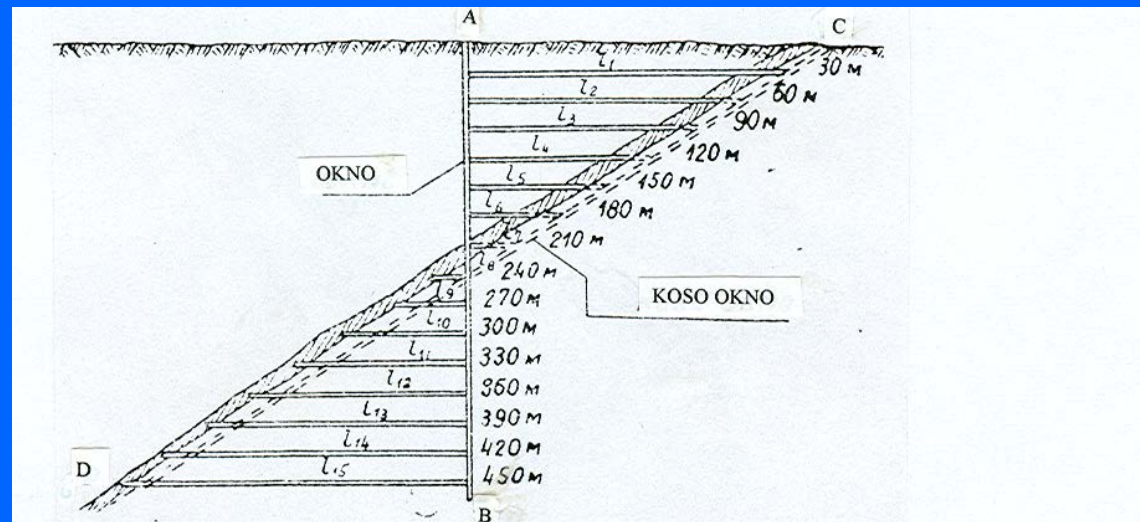
Lokacija okna kod kosog i strmog ležišta

Slika 5.11

Otvaranje ležišta oknom



Ležište je horizontalno i nalazi se u dubini

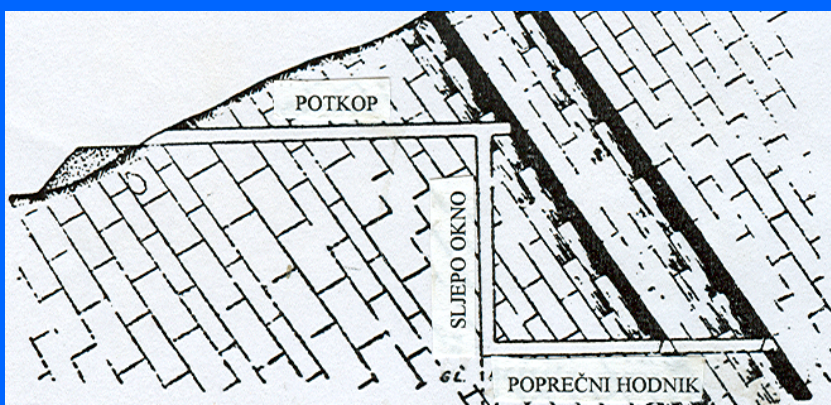


Slika 5.12

$l_1...l_n$ - poprečni hodnici

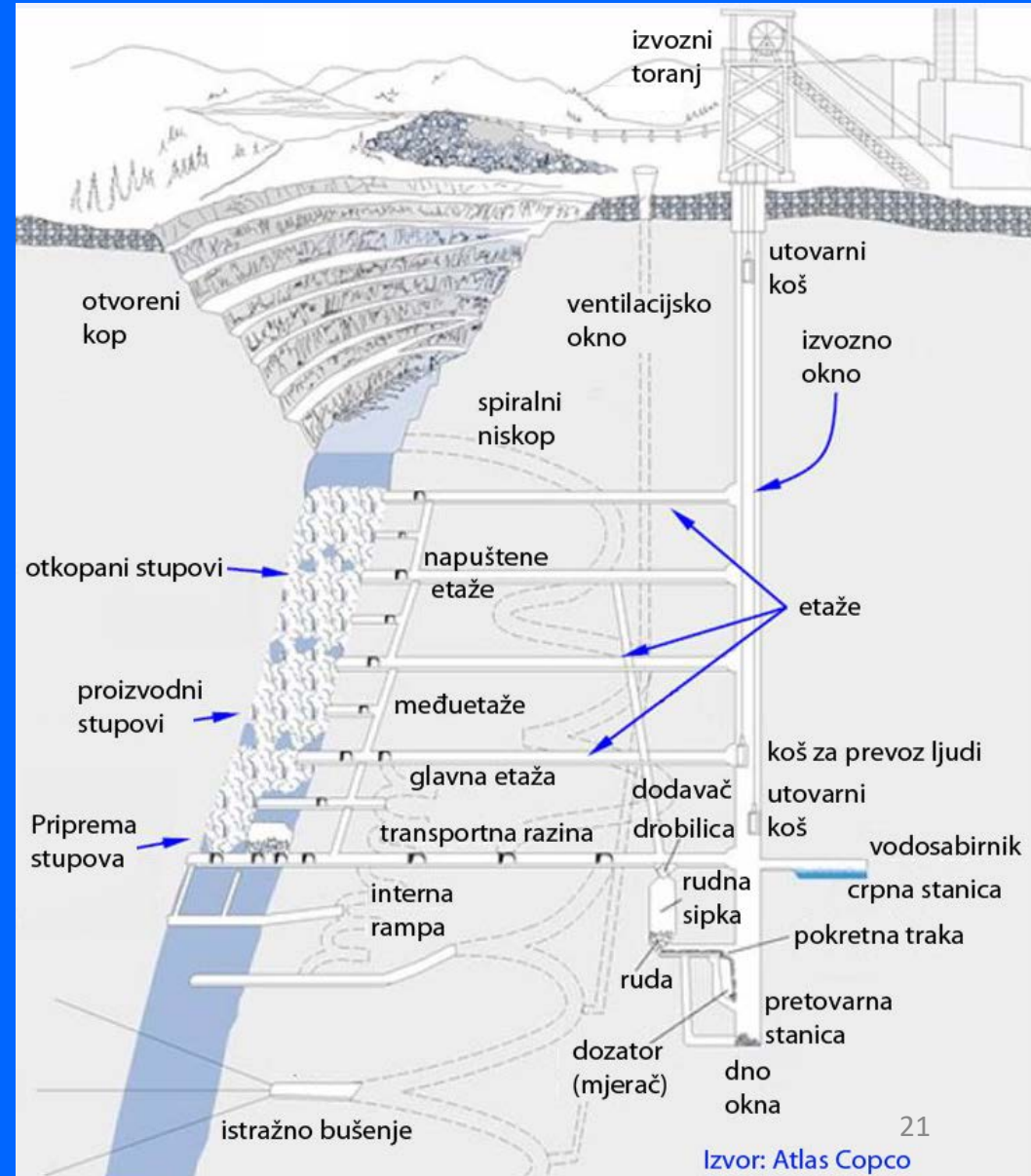
Otvaranje ležišta koje ima nagib, a izdanak izlazi na površinu

5.1.2.1.5. Otvaranje podzemnog kopa kombiniranim prostorijama otvaranja



Otvaranje kombinacijom potkop-okno

Otvaranje kombinacijom okno-spiralni niskop-okno

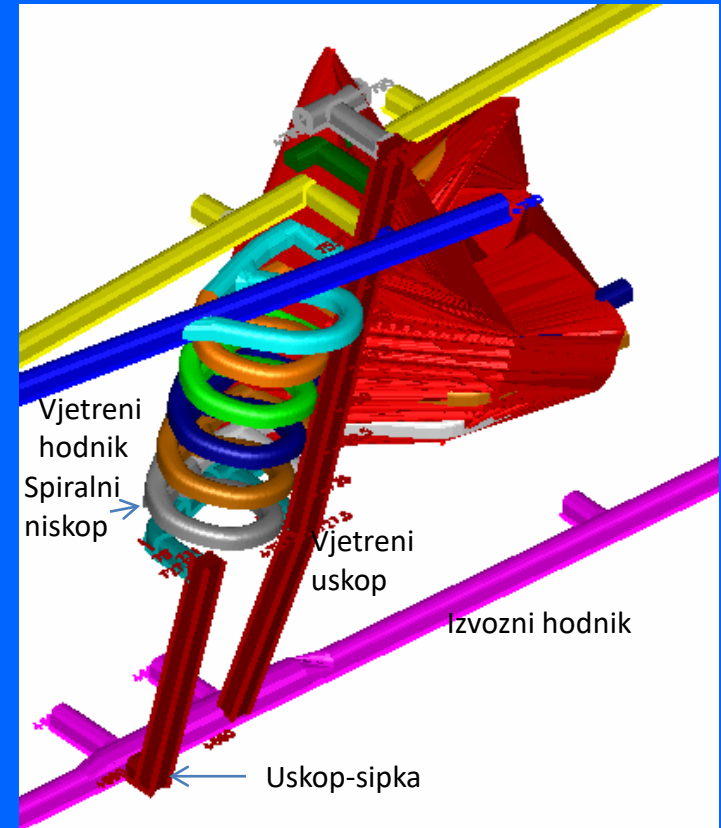
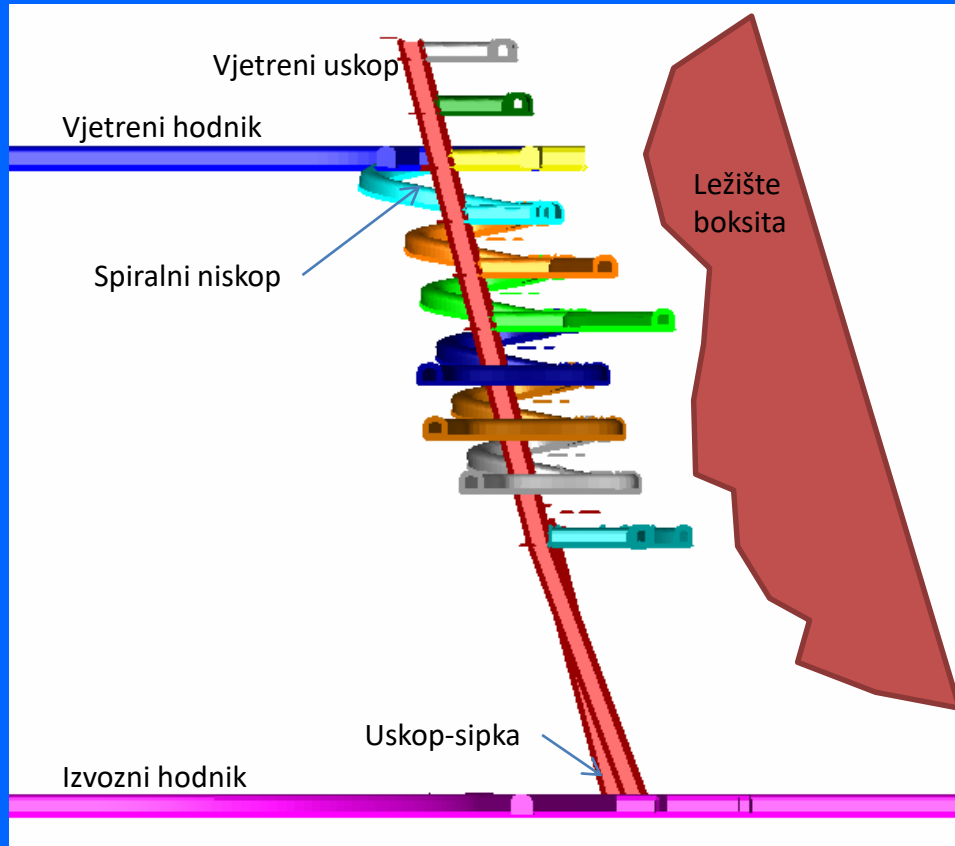


Slika 5.13

5.1.2.2. Prostorije razrade

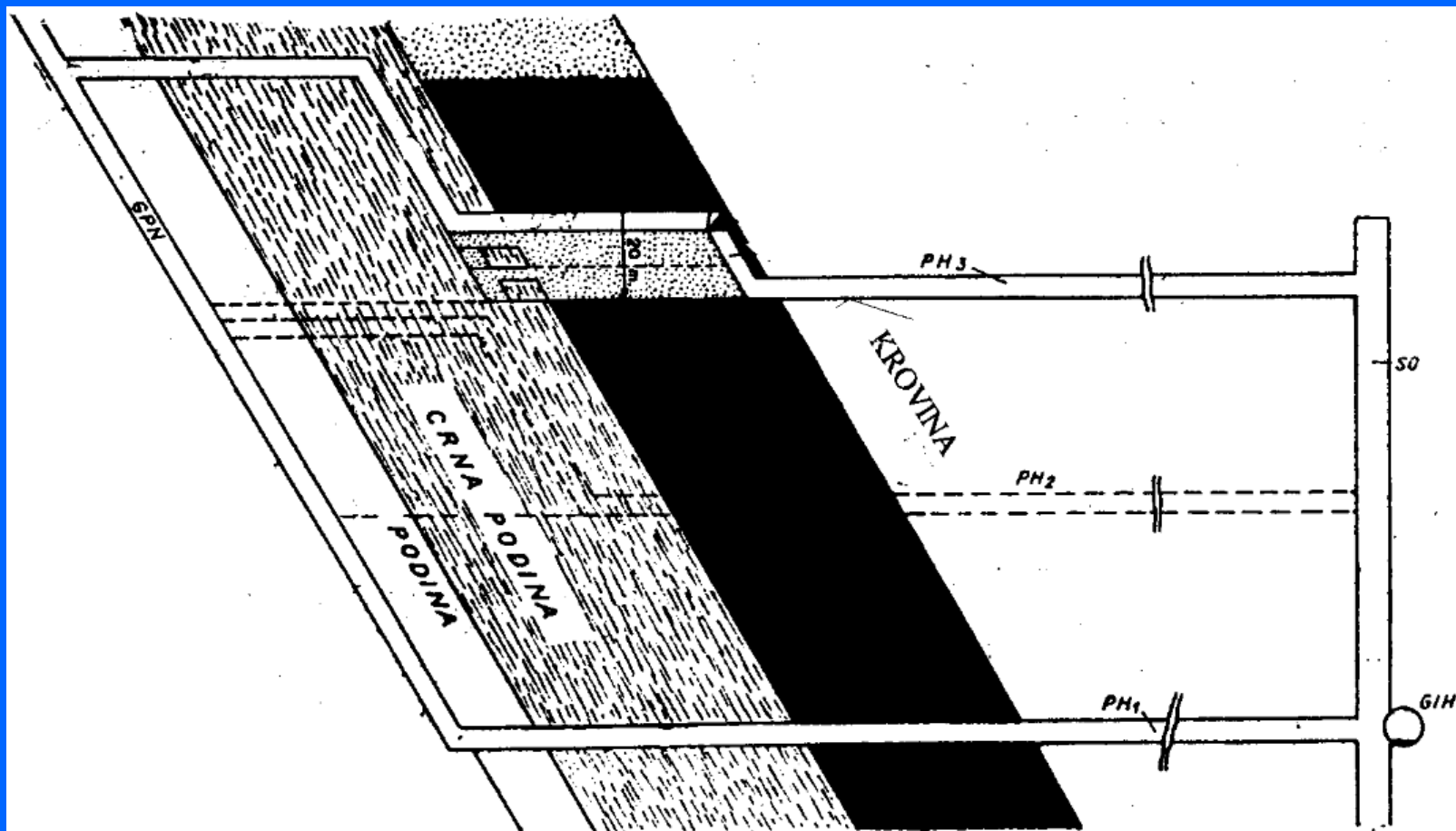
- hodnici
- niskopi
- spiralni niskopi i uskopi
- uskopi
- slijepa okna

Prostorije razrade ležišta boksita



Slika 5.14

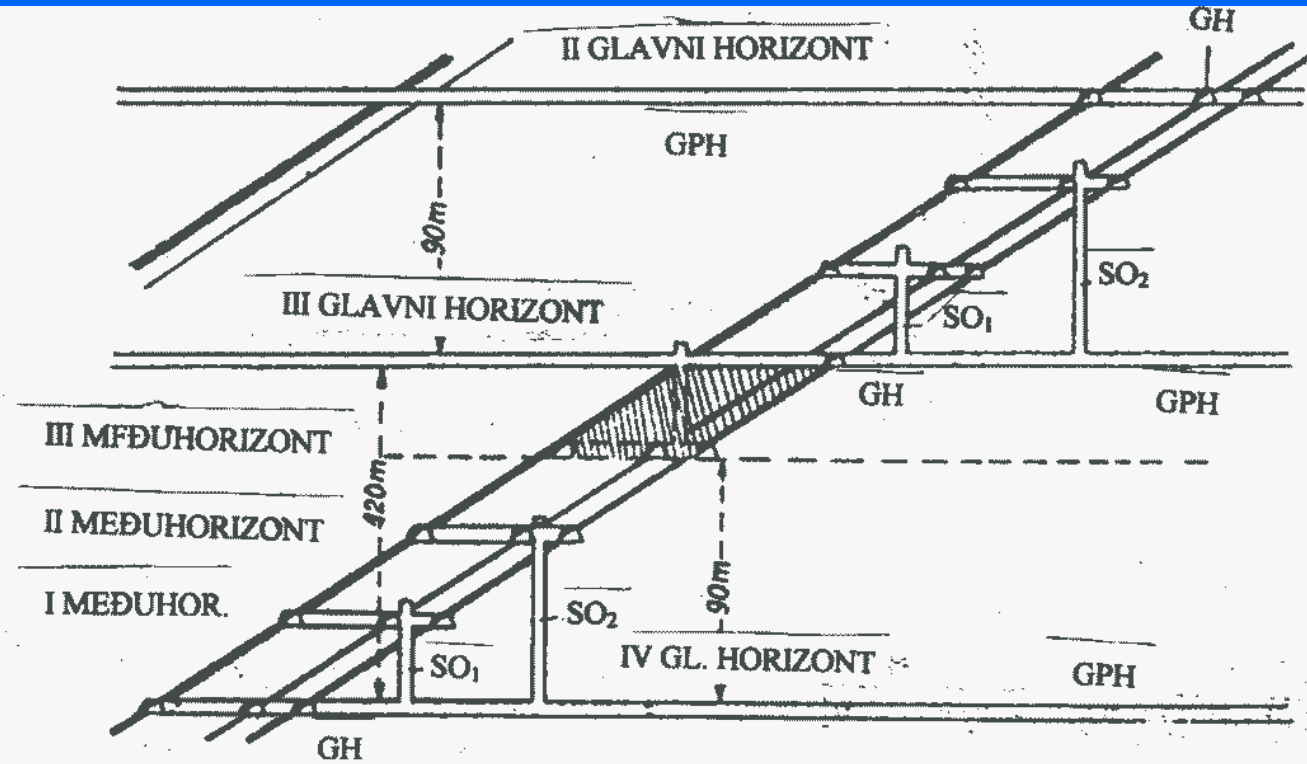
Prostorije razrade strmog ležišta ugljena



GIH-glavni izvozni smjerni hodnik
SO- slijepo okno
PH-poprečni hodnici
GPN-glavni niskop

Slika 5.15 Shema razrade strmog ugljenog sloja

Prostorije razrade više strmih ležišta ugljena



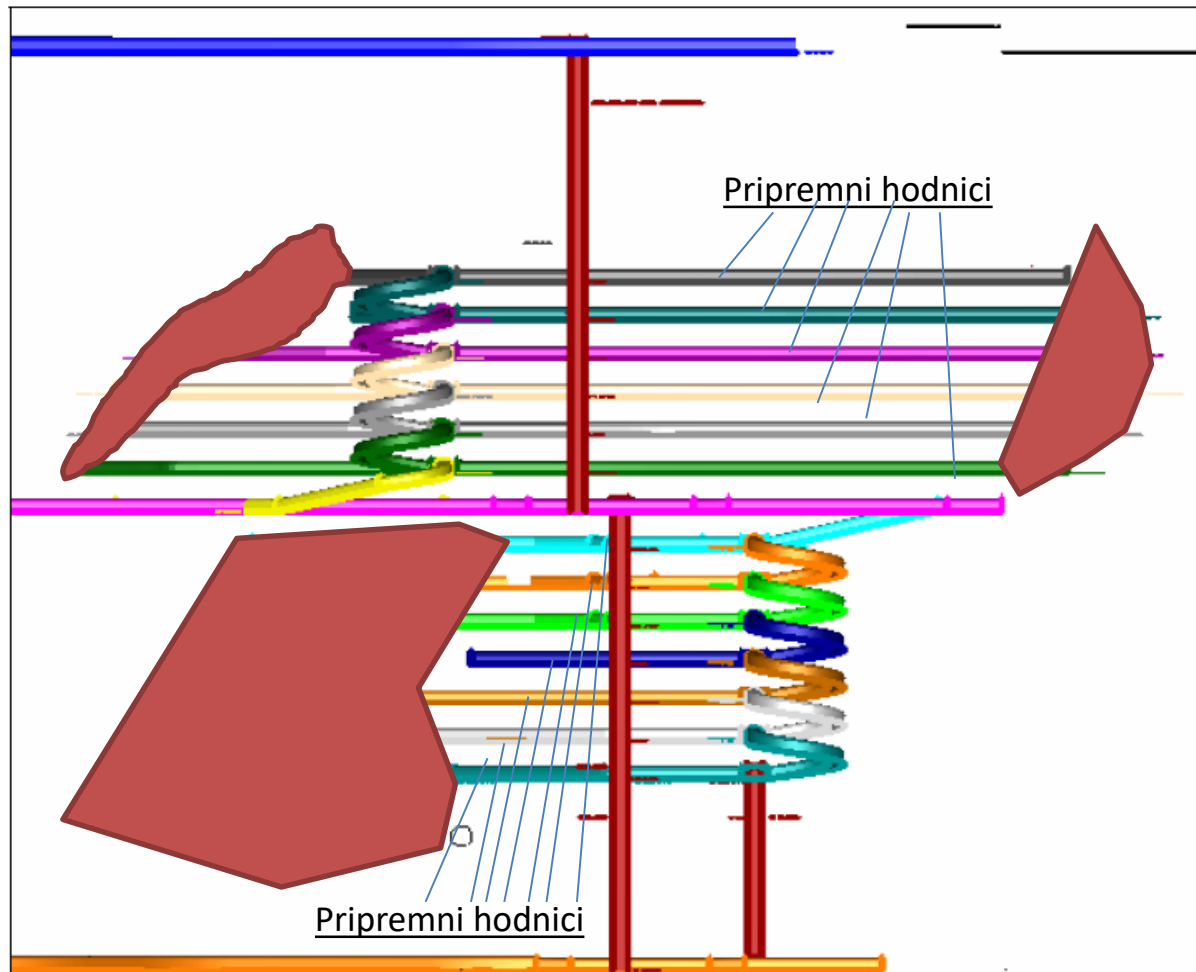
GPH - glavni poprečni hodnik
SO₁, SO₂ - slijepo okno
GH - glavni smjerni hodnik
▨ - otkopano

Slika 5.16 Shema razrade više strmih slojeva pomoću međuhorizontata

5.1.2.3. Prostorije pripreme

- hodnici
- niskopi
- uskopi

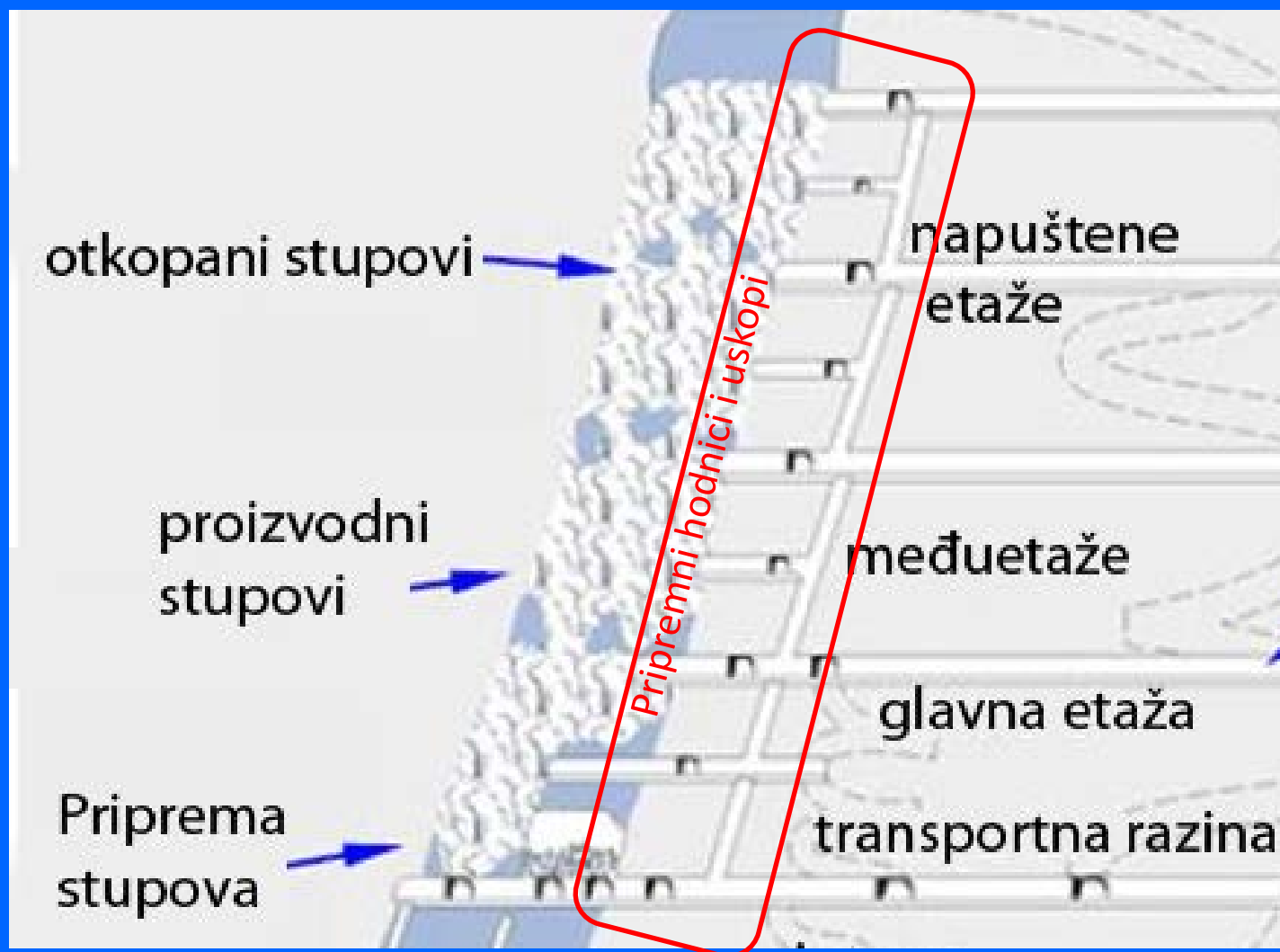
Prostorije pripreme ležišta boksita



Pogled sprijeda (front view)

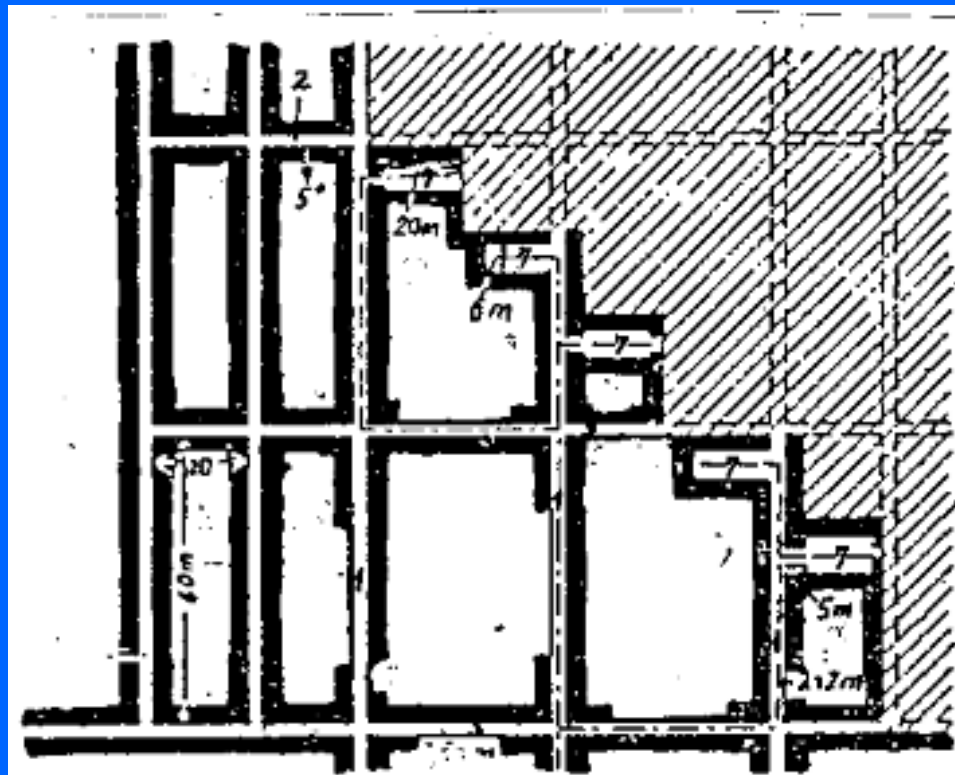
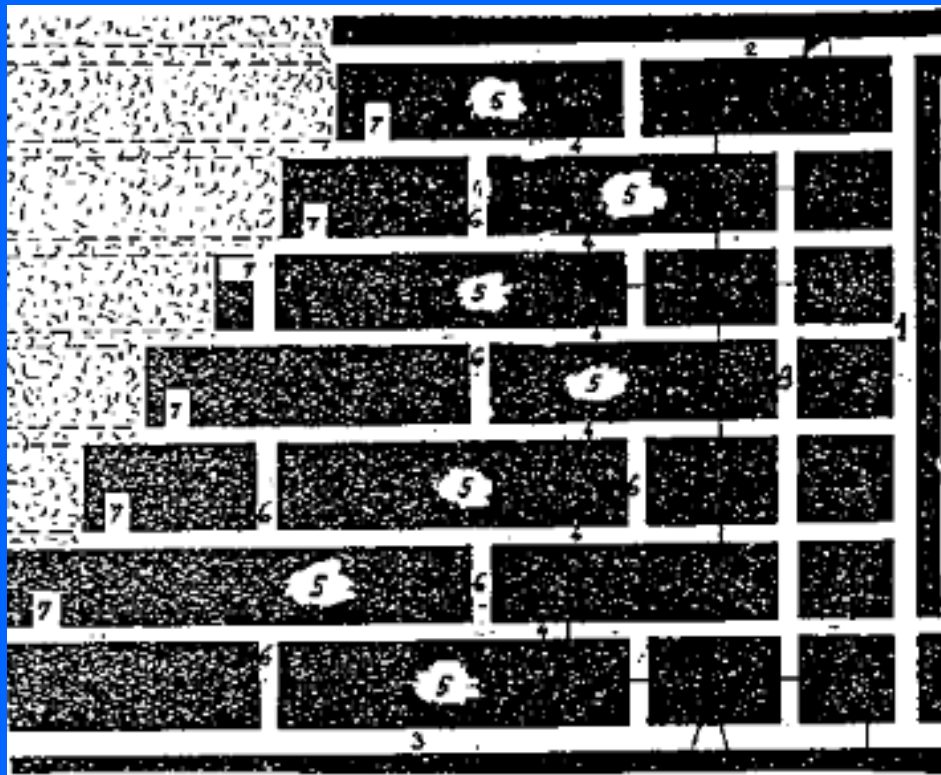
Slika 5.17

Prostorije pripreme stupnih ležišta



Slika 5.18

Prostorije pripreme ležišta ugljena



a) Stupovi po pružanju

b) Stupovi po padu (nagibu)

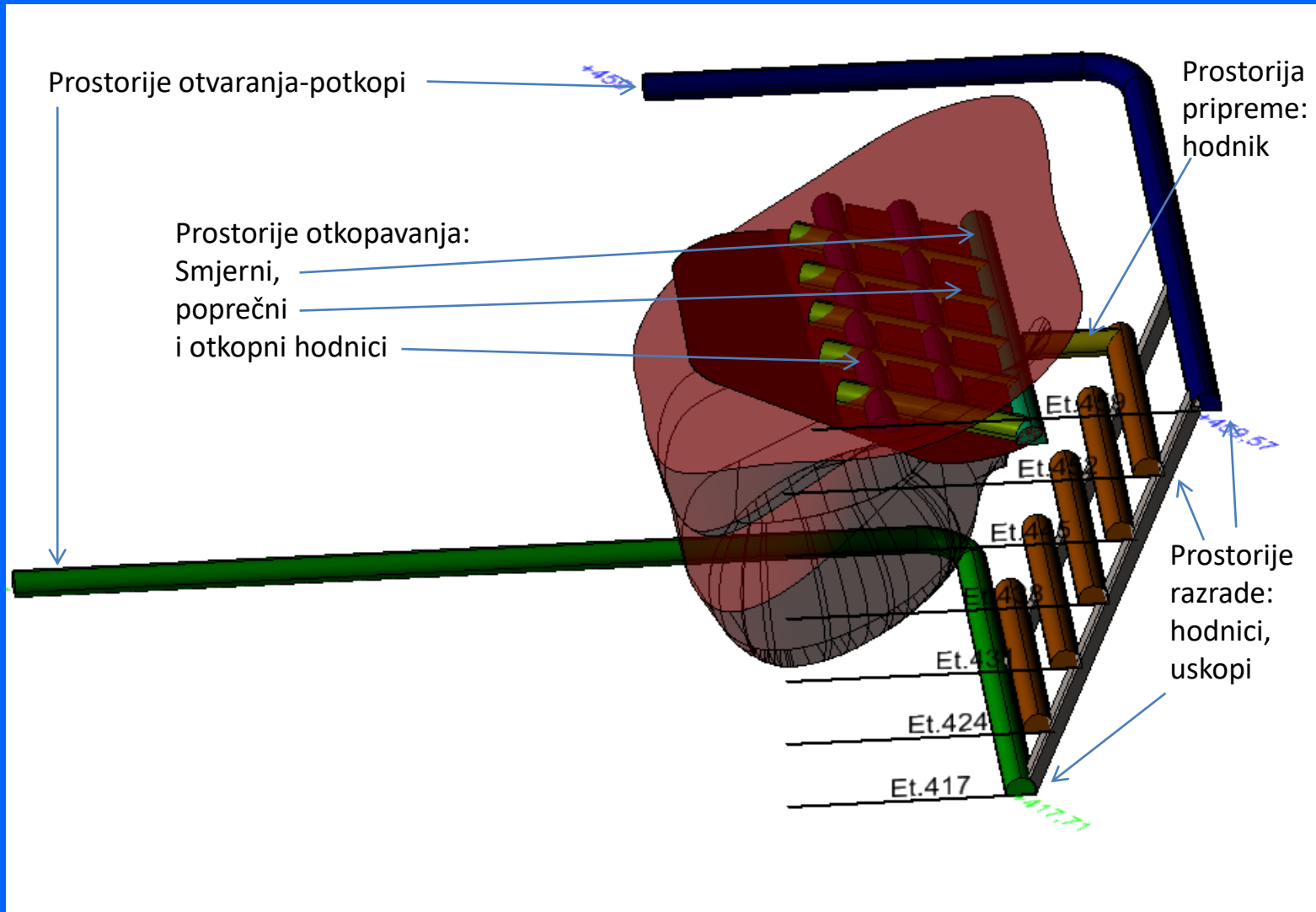
- 1-izvozni uskop
- 2-ventilacijski hodnik
- 3-izvozni hodnik
- 4-otkopni hodnici
- 5-stupovi po pružanju
- 6-kratki ventilacijski uskop
- 7-otkop
- 8-vjetreni uskop

5.1.2.4. Prostorije otkopavanja

Prostorije otkopavanja su:

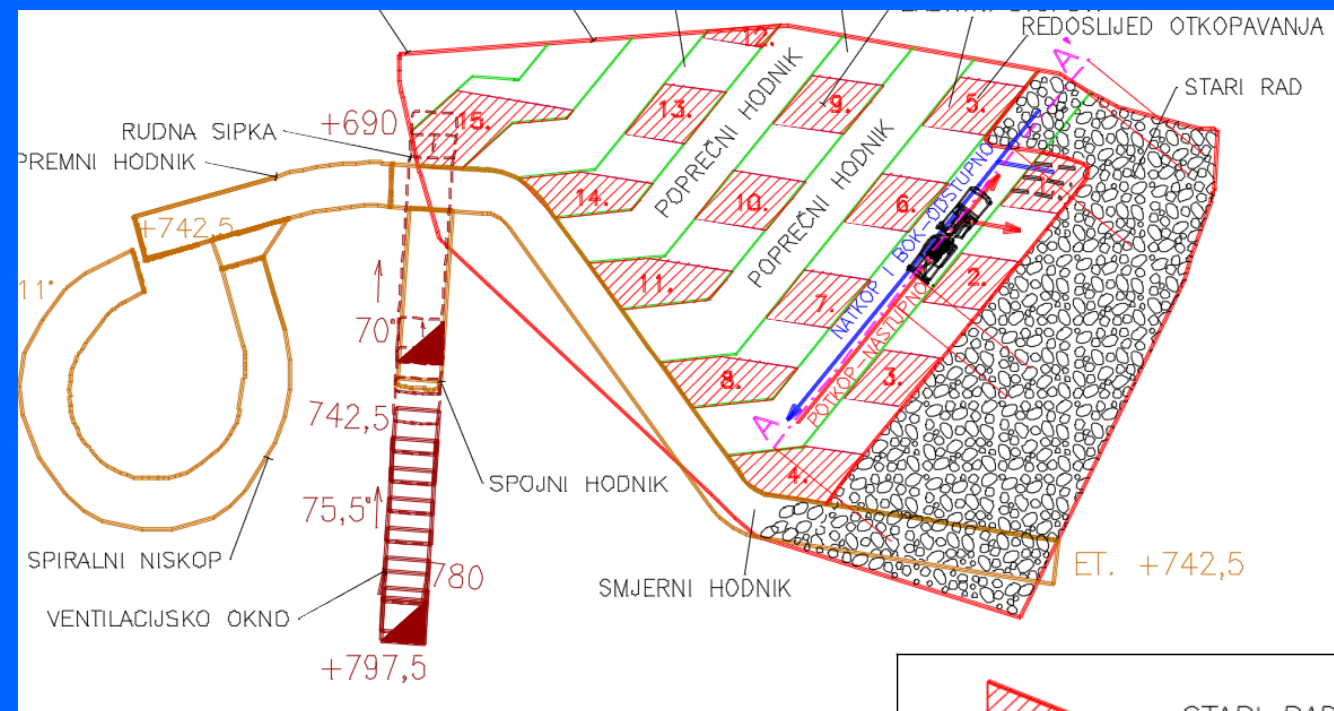
- Otkopni hodnici (smjerni, poprečni, prekopni)
- Otkopni uskopi (natkopi)
- Komore (galerije) otkopavanja

5.1.2.4.1. Otkopni hodnici (smjerni, poprečni, prekopni)



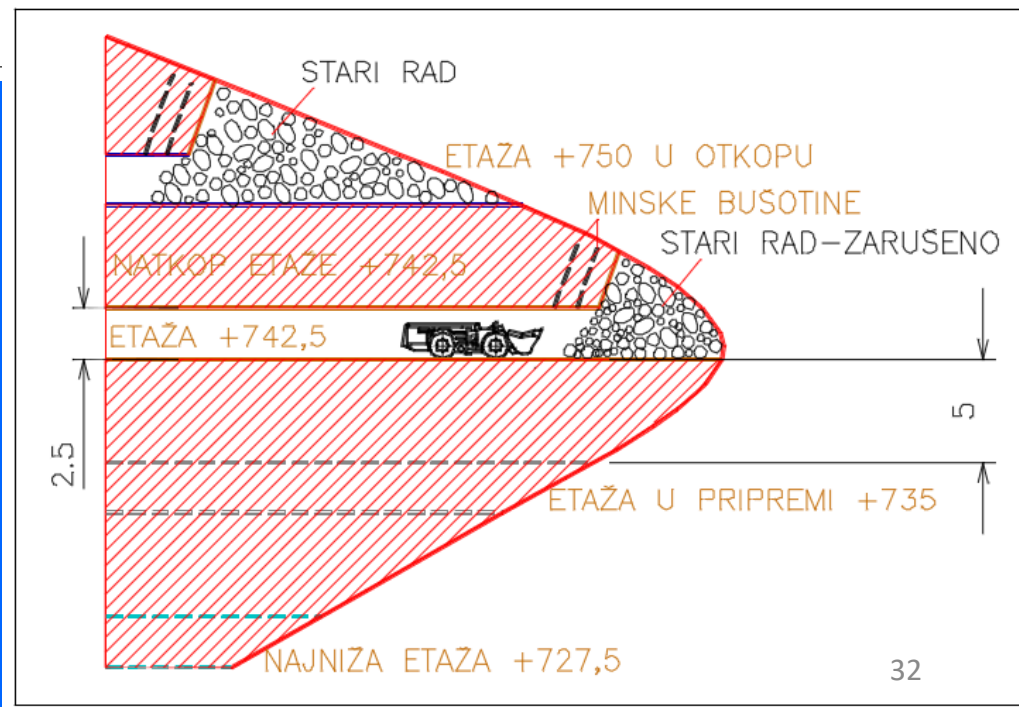
Slika 5.20 3D model otkopavanja ležišta boksita

Otkopne prostorije pri eksploataci boksita



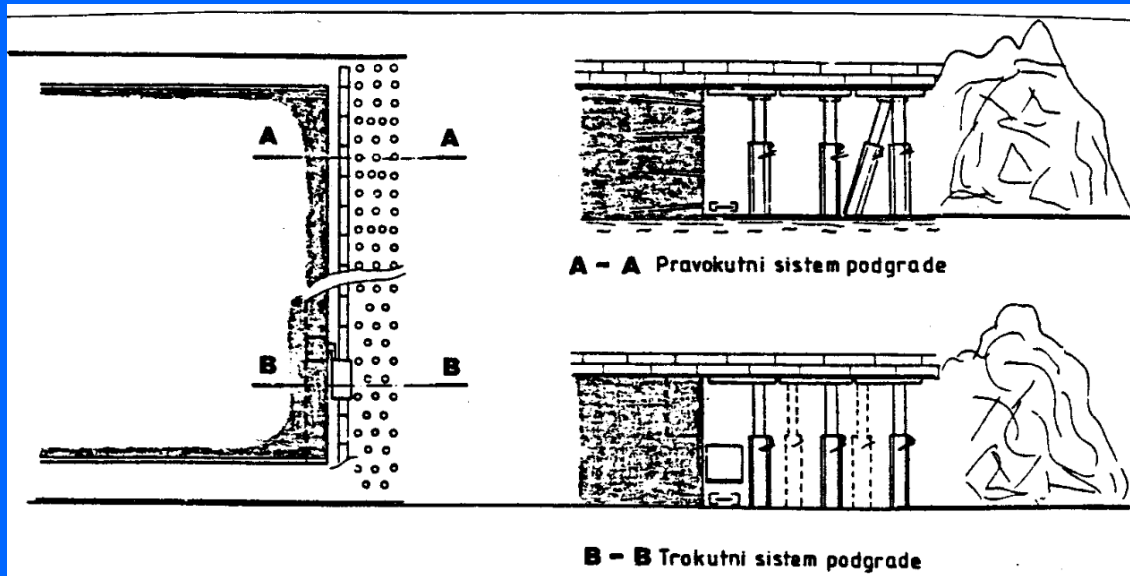
Etažna karta 742,5

Poprečni presjek A-A'

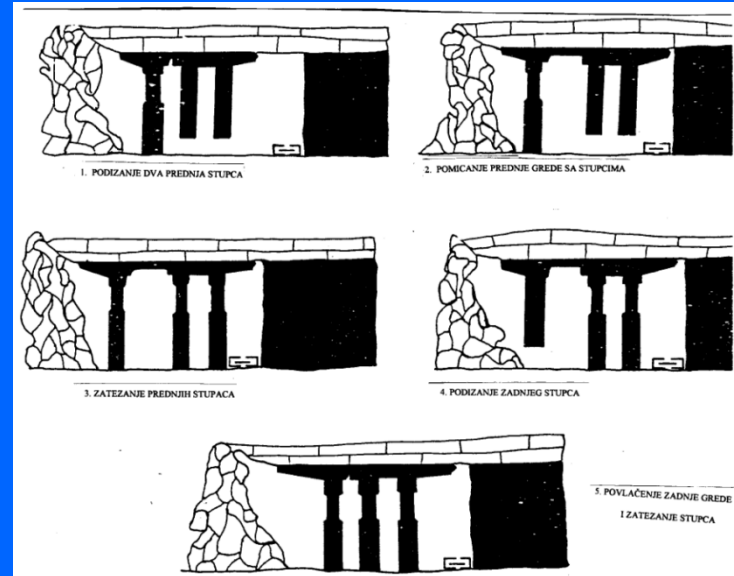


Slika 5.21

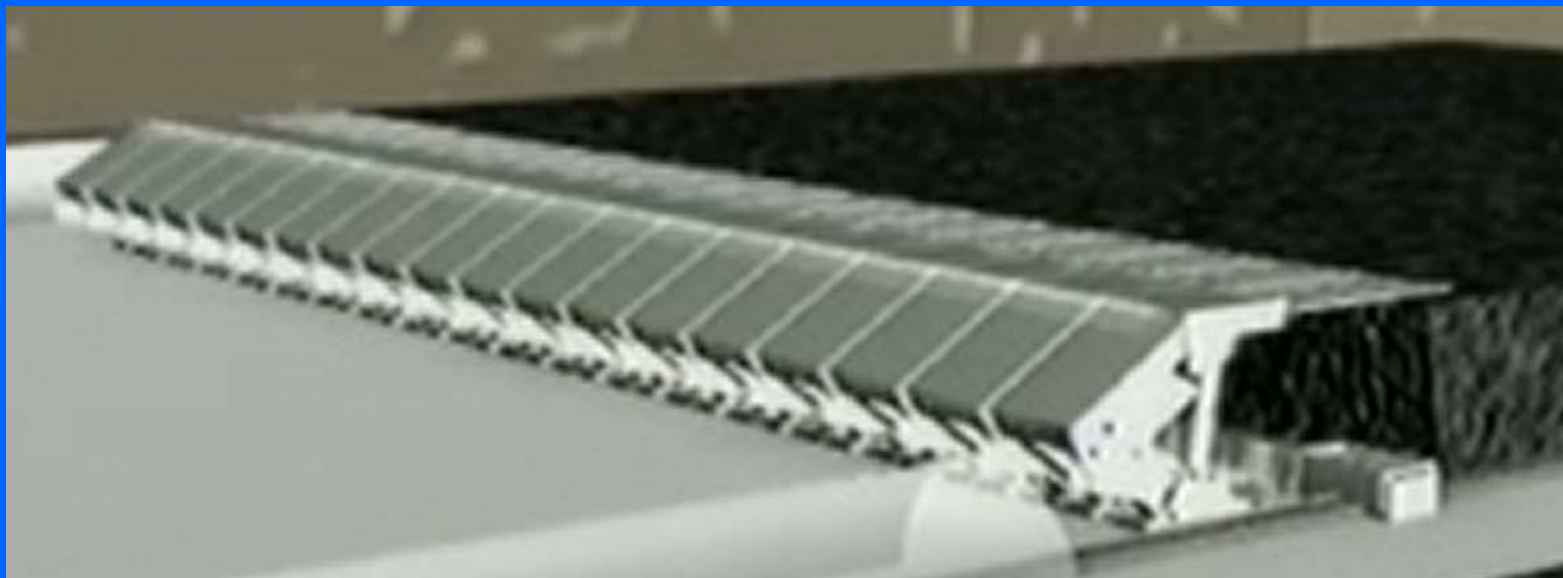
Široka čela



Klasični širokočelni otkopi



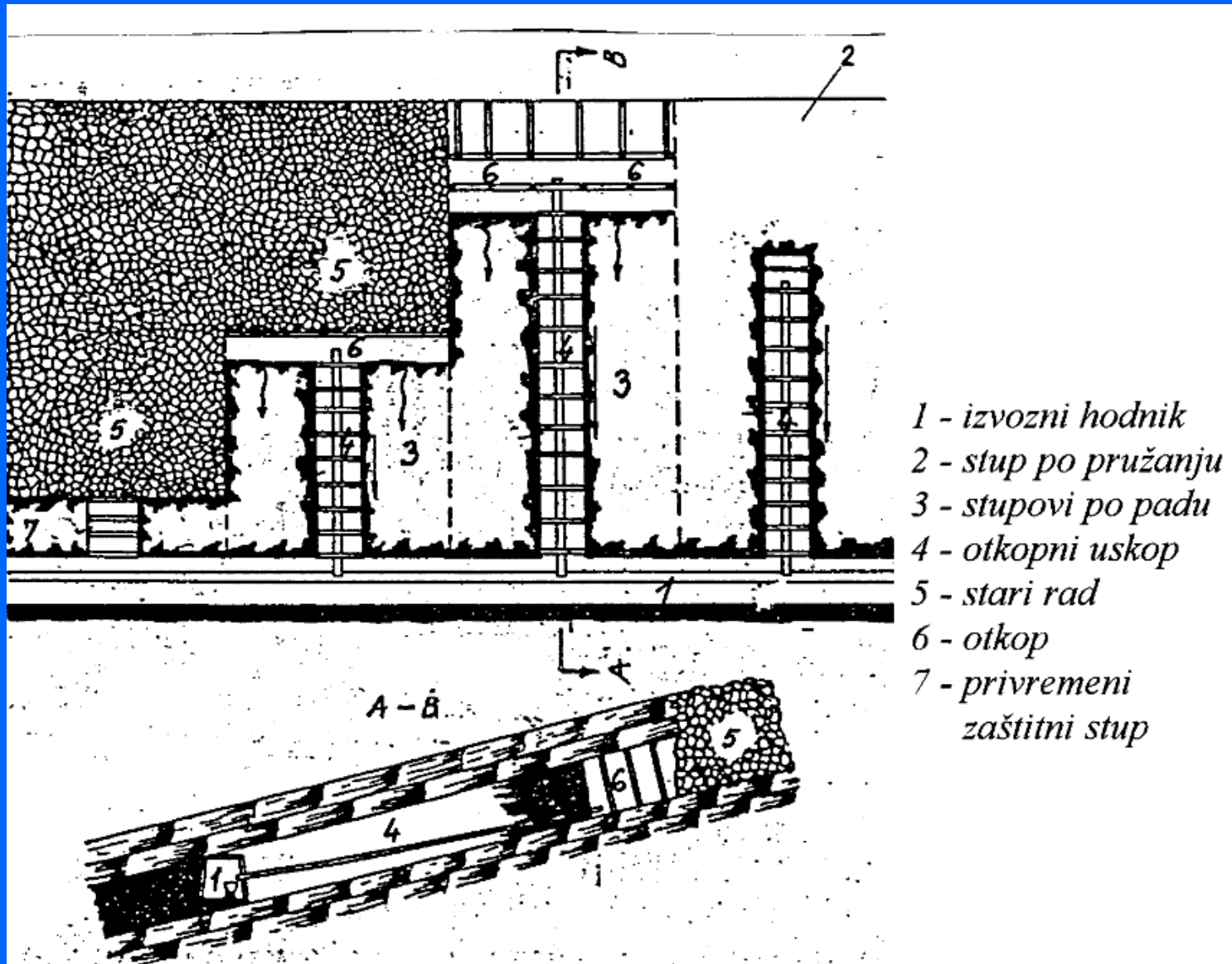
širokočelni otkopi s hidrauličnom koračajućom podgradom



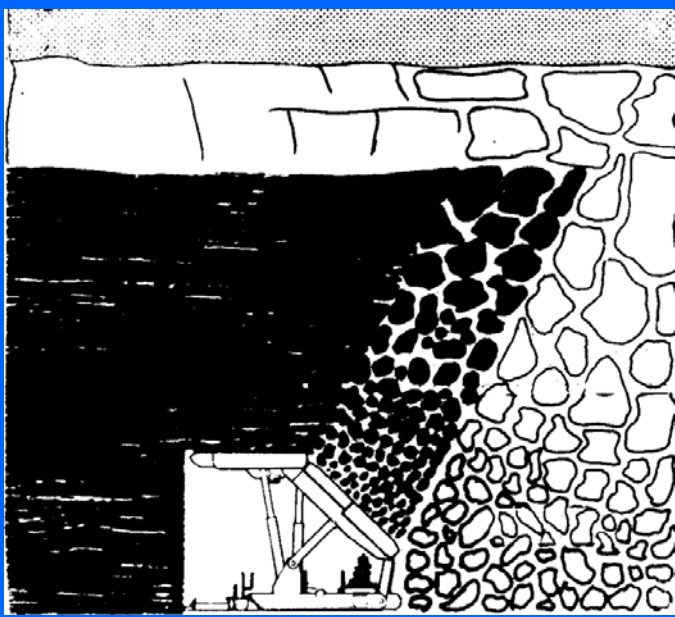
Slika 5.22

širokočelni otkopi s kompleksnom mehanizacijom

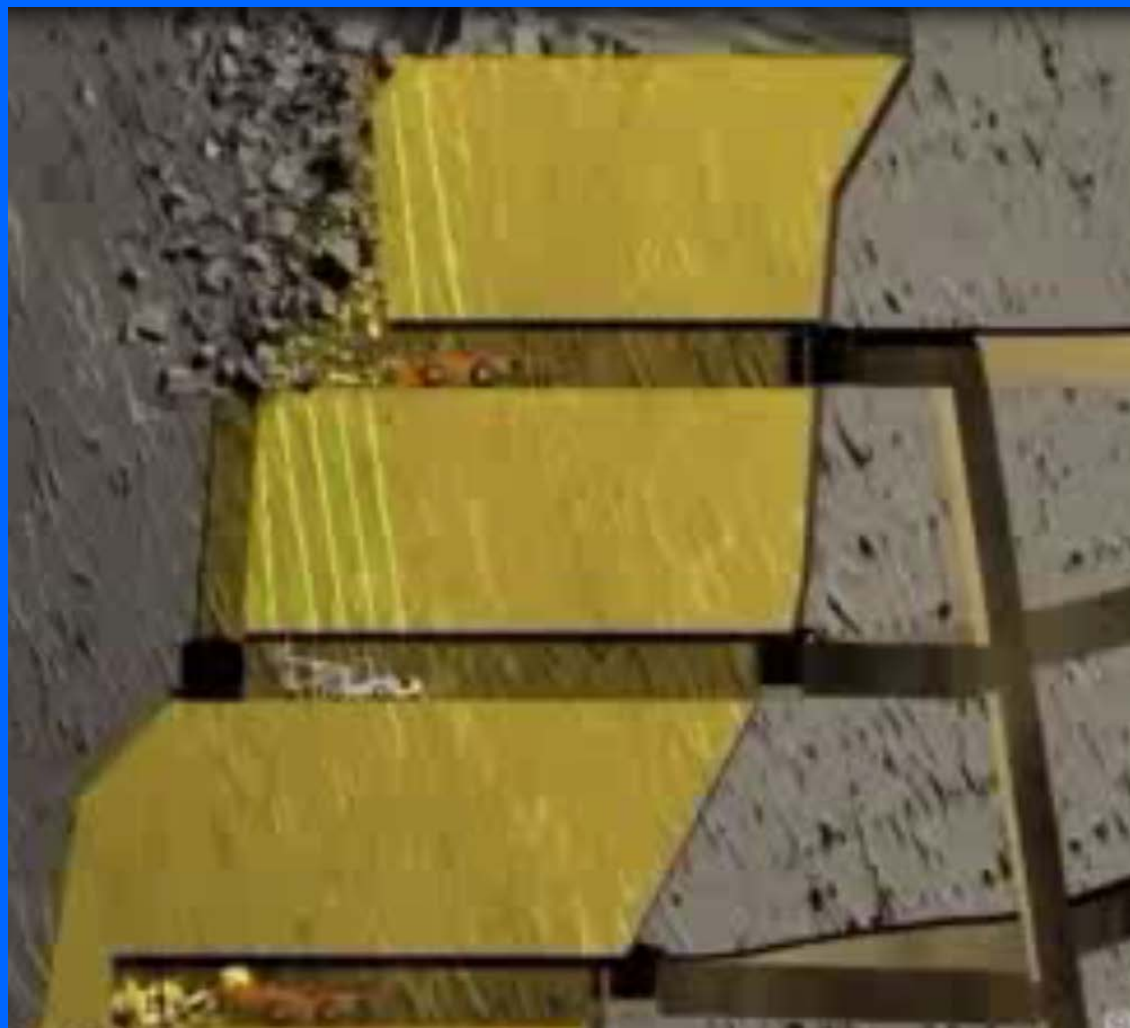
5.1.2.4.2. Otkopni niskopi, uskopi i natkopi



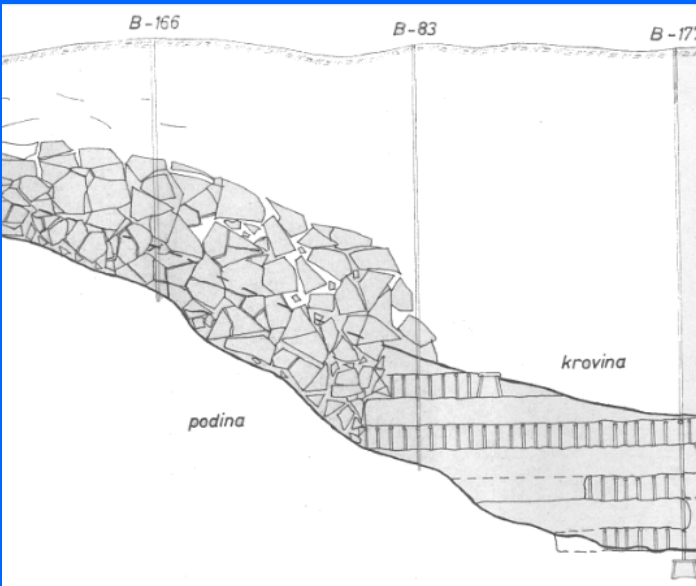
Slika 5.23 Stupno otkopavanje ugljena uskopima i niskopima



Natkopno dobivanje zarušavanjem
ugljena i krovine



Podetažno blokovsko zarušavanje rude metala i krovine



Natkopno dobivanje zarušavanjem rude
metala i krovine

Slika 5.24

5.1.2.4.3. Otkopne komore (galerije)



Galerije agk u Italiji-Bianco Lasa



Galerije agk u Kanfanaru

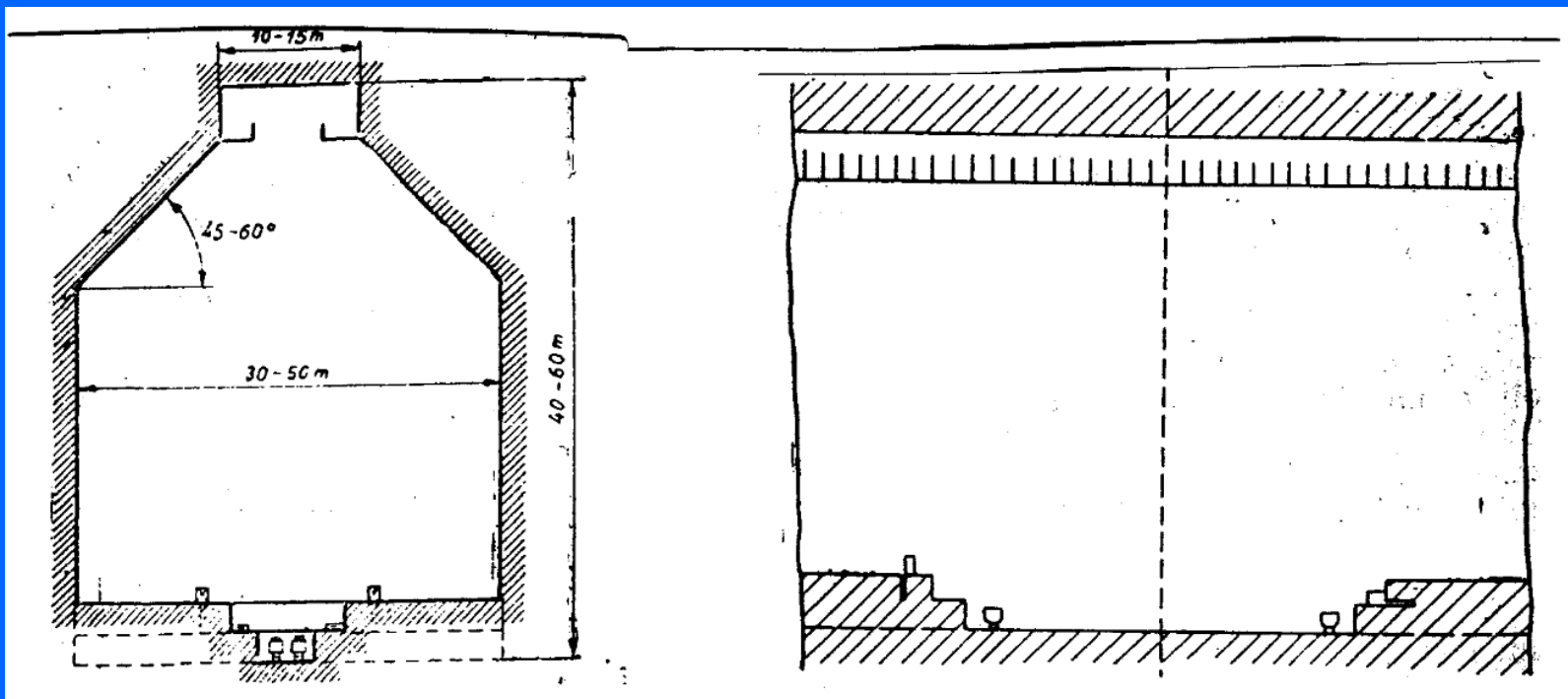


Rad na više etaža

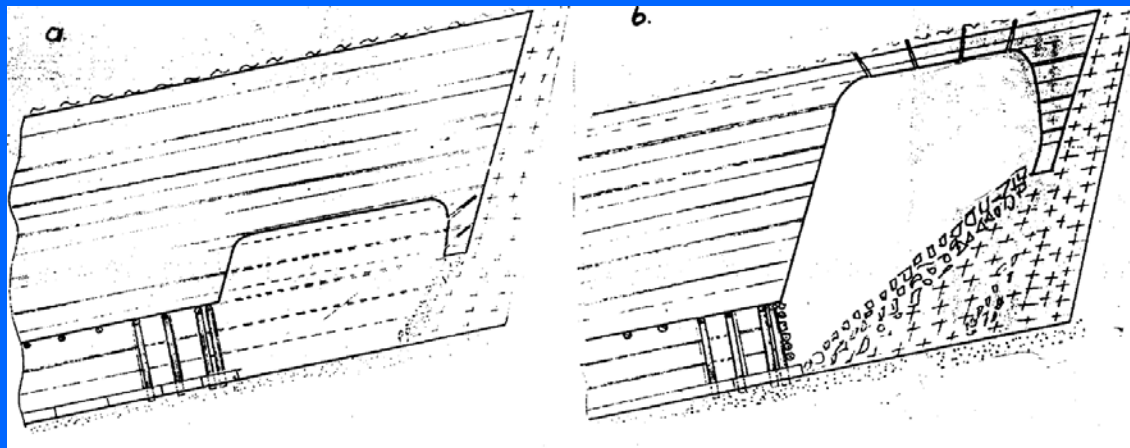


Rad na čelu jedne etaže

Slika 5.26 Galerije agk u Marmor Sežani (Slovenija)



Otkopavanje ležišta soli velikim komorama



podasipanje

zarušavanje

Slika 5.27 Otkopavanje ležišta ugljena komorama

5.1.3. Podjela rudarskih podzemnih prostorijskih prema značaju-ulozi u procesu rada jame (kopa)

Prema značaju, ulozi u procesu rada jame (kopa) podzemne prostorije mogu biti:

- transportne-izvozne (glavne, sabirne i etažne)
- i vjetrene (glavne, vezne i separatne).

5.1.3.1. Transportne-izvozne podzemne prostorije

- glavne,
- sabirne i
- etažne

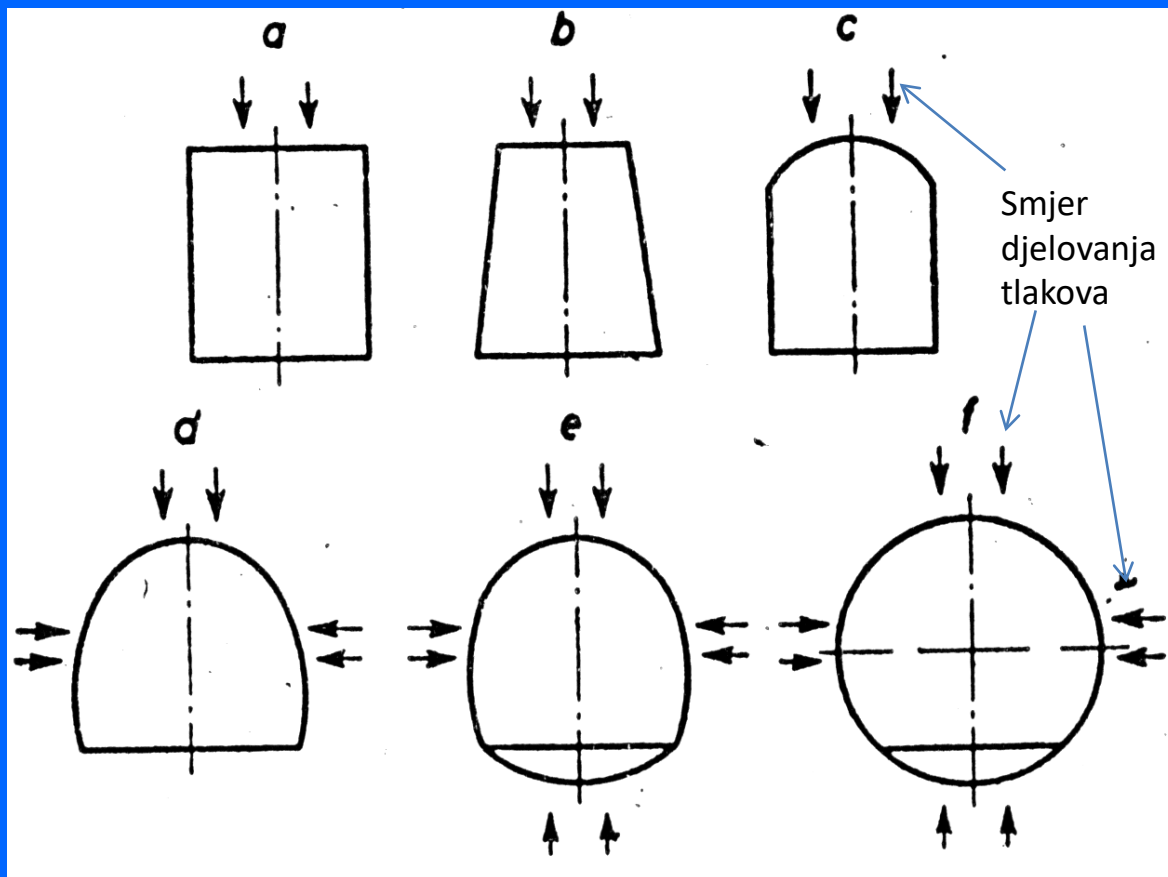
5.1.3.2. Vjetrene podzemne prostorije

- glavne,
- vezne (razdjelne) i
- separatne

5.1.4. Geometrization of underground spaces

- Shape of the cross-section of underground spaces
- Dimensioning and arrangement of contours of spaces

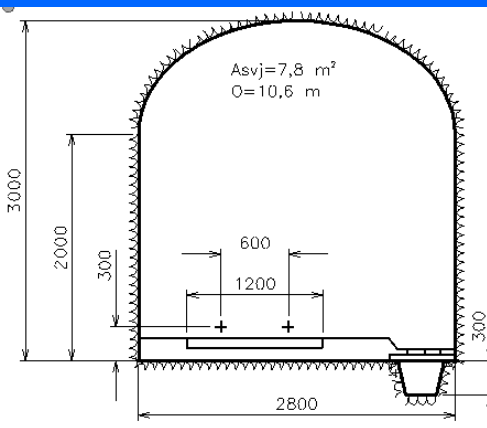
5.1.4.1. Oblik presjeka podzemnih prostorija



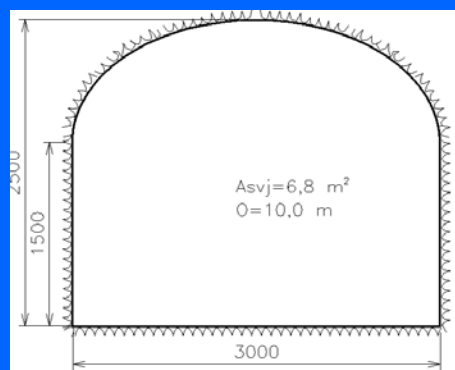
- a-četvrtasti
- b-trapezni
- c-lučno-četvrtasti
- d-lučni
- e-ovalni
- f-kružni

Slika 5.28 Znakoviti presjeci rudarskih prostorija

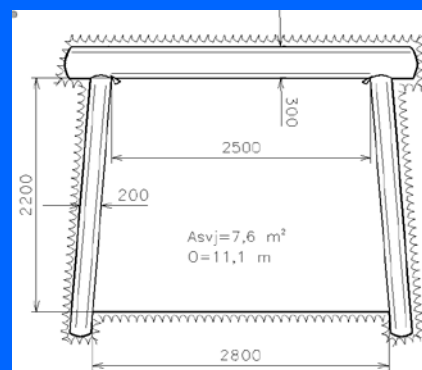
5.1.4.2. Dimenzioniranje i uređenje kontura prostorija



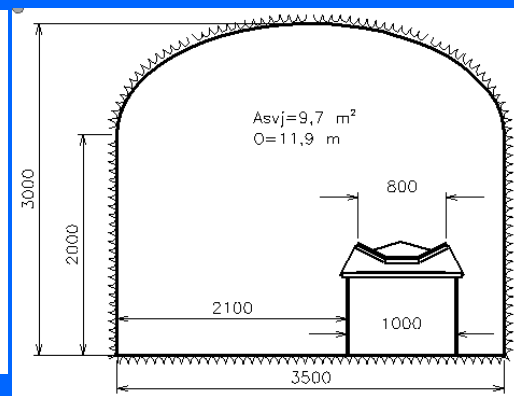
Izvozni hodnik



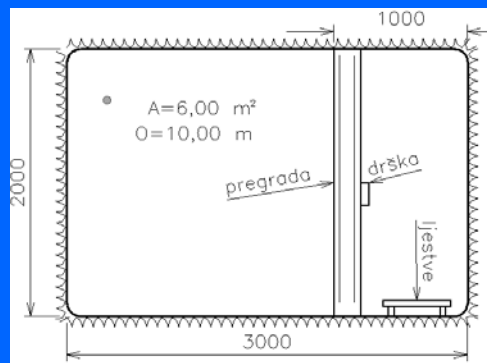
Pripremni hodnik (u stijeni)



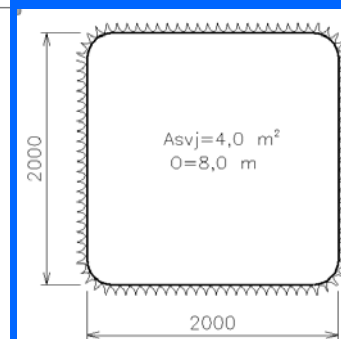
Otkopni hodnik (u rudi)



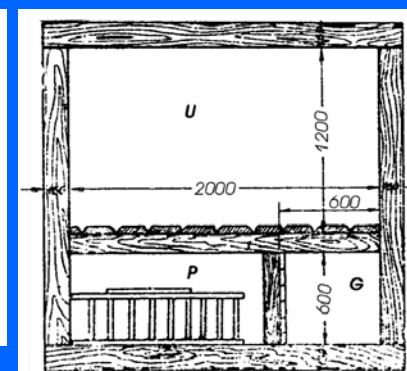
Izvozni niskop



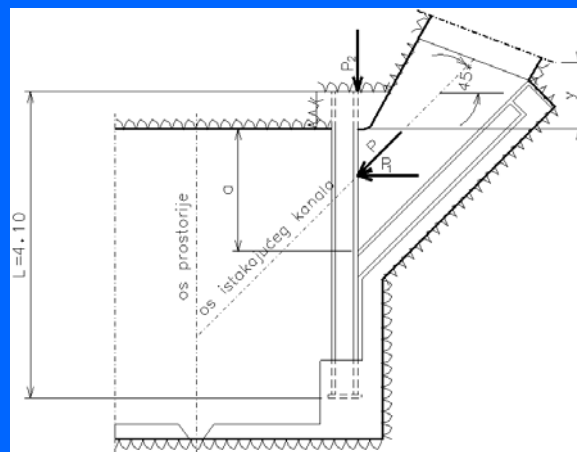
Ventilacijsko okno s prolazom



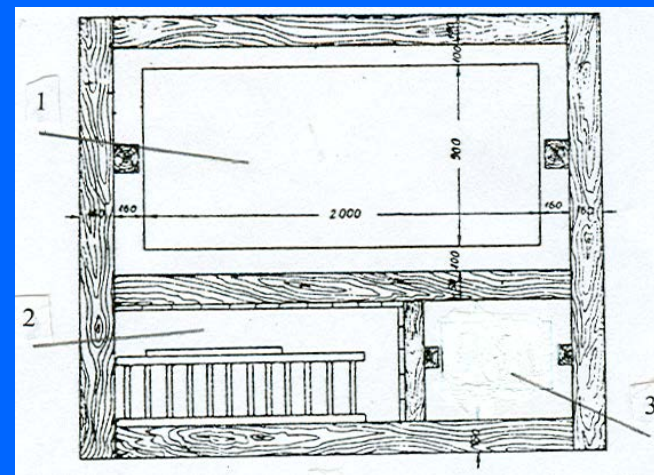
Sipka bez prolaza



Sipka s prolazom za ljude



konstrukcija i osiguranje istakajućeg otvora



Okno za izvoz mineralne sirovine i prolaz radnika

- 1 - Izvoz mineralne sirovine
- 2 - Za prolaz radnika
- 3 - Odjeljak za instalacije, kabeli, cjevovodi

- U - gravitacijski transport ugljena
- P - prolaz radnika
- G - transport repro-materijala, prolaz zraka

Slika 5.29

5.2. ODREĐIVANJE VELIČINA OTKOPNIH JEDINICA

Proizvodni pogon u podzemnoj eksploataciji naziva se jamski pogon (jama).
Proizvodnja iz jamskog pogona koja gravitira jednom izvoznom objektu je jamsko polje.

Gravitacijskim poljem nazivamo otkopna polja koja gravitiraju jednom izvozu.

Otkopno polje je proizvodna jedinica koja se sastoji od jednog ili više otkopa.

Pod otkopnim stupom podrazumijevamo prostor sa svih strana ograničen horizontalnim ili kosim prostorijama.

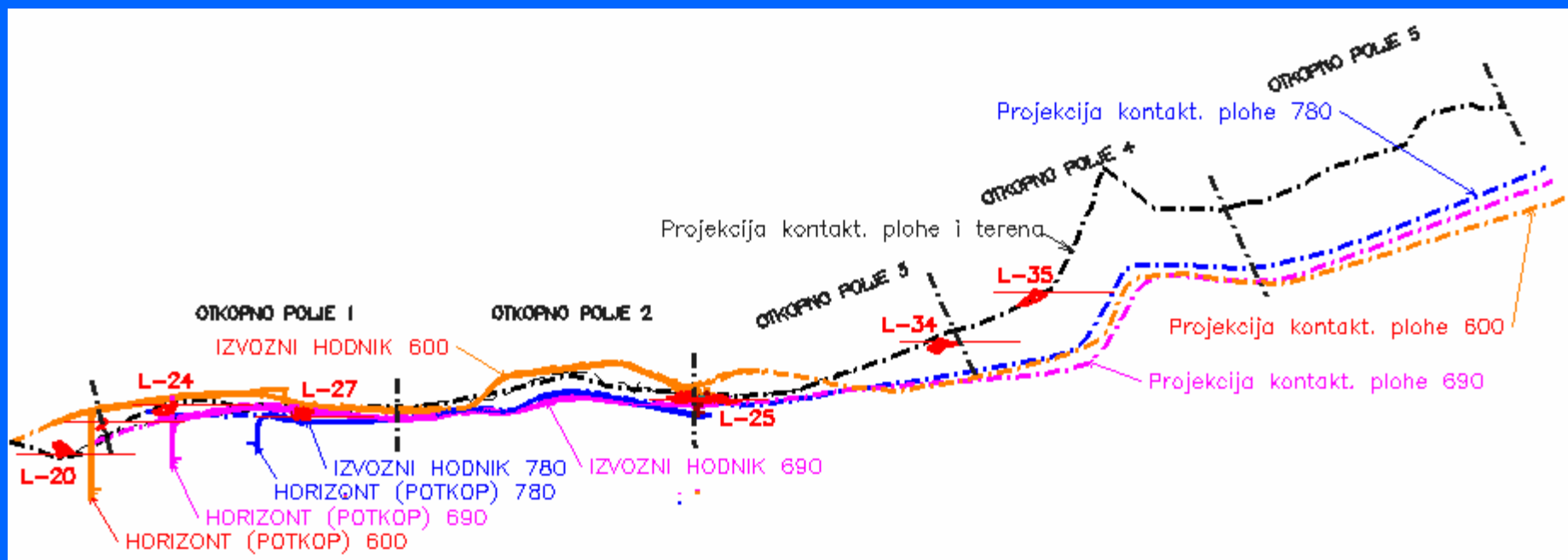
Otkopna etaža, kat u horizontalnim kosim ili vertikalnim slojevima je otkopni prostor iz kojega se izravno otkopava.

Elementi jamskog polja:

- granice (prirodne, umjetne)
- dužina
- širina (dužina po padu)
- krila (obično dva).

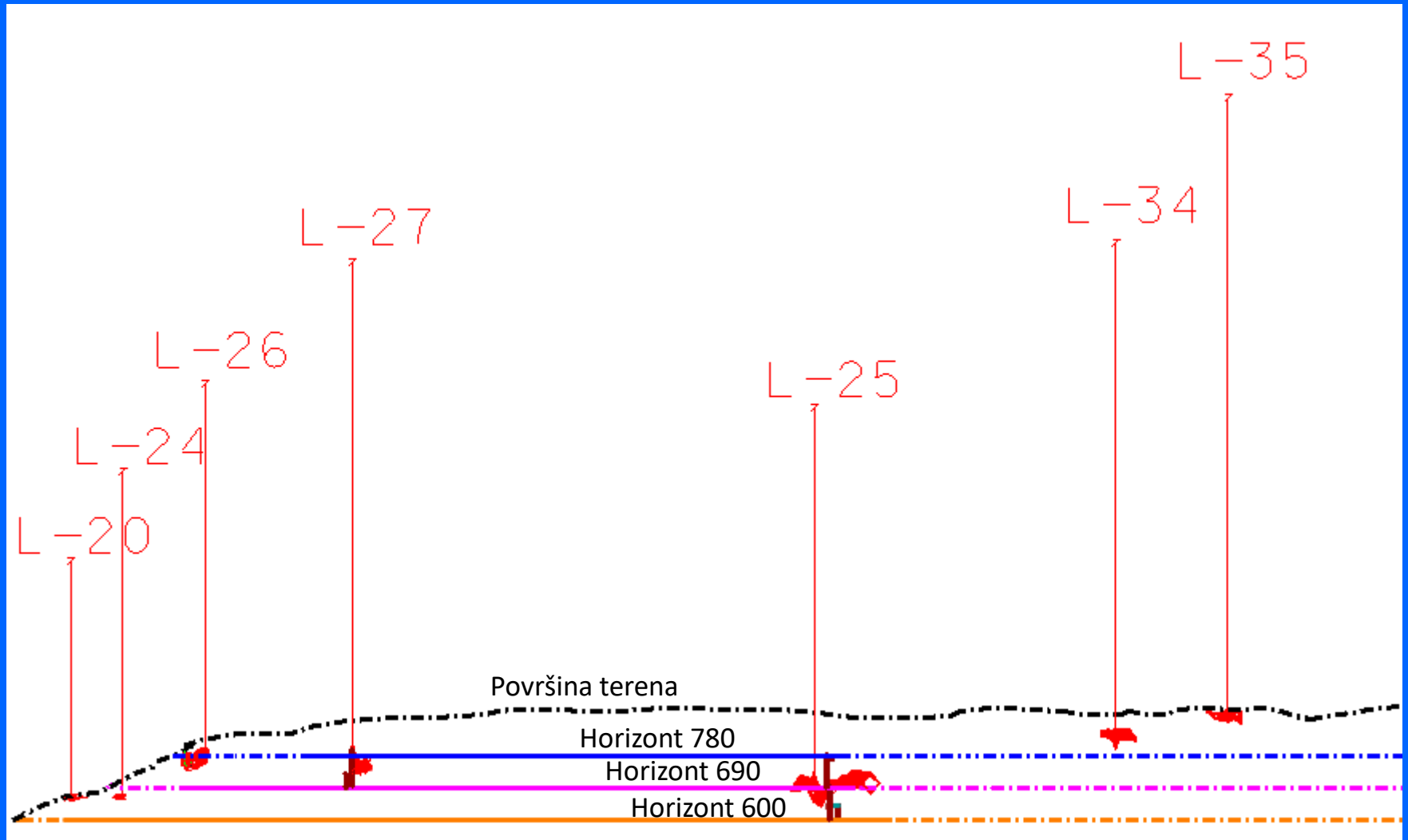
5.2.1. Dimenzije jamskog eksploatacijskog polja

5.2.1.1. Podjela rudonosne zone (jamskog polja) na otkopna polja



Slika 5.30

5.2.1.2. Podjela rudonosne zone (jamskog polja) na horizonte



Slika 5.31

5.2.2. Određivanje dimenzija jamskog polja

Određivanje dimenzija jamskog polja ima opravdanja u većim ležištima, gdje se u ovisnosti o projektiranom kapacitetu proizvodnje određuju optimalne dimenzije eksploatacijskog jamskog polja. Optimalne dimenzije jamskog polja određuju se na osnovi kriterija da troškovi eksploatacije po toni proizvedene rude budu minimalni.

Najmanji troškovi eksploatacije postižu se kada $f(G, n_o)$ ima minimum.

G - dužina jamskog eksploatacijskog polja po pružanju

n_o - broj otkopnih polja u jamskom polju

Za određivanje minimuma funkcije potrebno je odrediti sve troškove eksploatacije za neko jamsko polje.

Troškovi eksploatacije jamskog polja obuhvaćaju slijedeće elemente:

- troškove izgradnje prostorija otvaranja
- troškove održavanja prostorija otvaranja
- troškove izgradnje objekata površinskog tehnološkog kompleksa rudnika
- troškove izgradnje navozišta
- troškove izrade hodnika po pružanju
- troškove održavanja hodnika po pružanju
- troškove izvoza kosim prostorijama
- troškove transporta hodnicima otkopnog polja
- troškove prijevoza radnika horizontalnim prostorijama
- troškove prijevoza radnika kosim prostorijama
- troškove električne energije za provjetravanje hodnika
- troškove električne energije za provjetravanje kosih prostorija
- troškove odvodnjavanja.

Otkopno polje je proizvodna jedinica jamskog polja određena dimenzijama po pružanju (L_o) i padu (I_o), te brojem otkopa.

5.2.3. Odnos otkopavanja i pripreme

U cilju pravodobnog uvođenja u eksploataciju neotkopanih dijelova jamskog ili otkopnog polja, priprema treba vremenski prethoditi otkopavanju.

Dodatno značenje pripreme je i u dopunjavanju istražnih podataka naročito u tektonski poremećenim ili jalovim zonama.

Napredovanje pripreme ispred otkopa ponekad je diktirano tehnološkim procesom i potrebom transporta otkopane mase na sabirne jamske komunikacije.

Dinamika pripreme i otkopavanja treba biti usklađena.

Kašnjenje pripreme može smanjiti kapacitet proizvodnje ili se smanjuje dužina otkopnih polja (povećanje troškova).

Prijevremena priprema, pogotovo u težim radnim uvjetima (povećani tlakovi), može proizvesti dodatne troškove održavanja tih prostorija.

Koeficijent pripreme (k_p) je odnos dužine pripremnih radova u m prema ukupno zahvaćenoj količini rude tom pripremom.

5.2.4. Osnovni tehnički parametri otkopa

Dimenzije otkopa diktirane su projektiranim kapacitetom, tehnologijom otkopavanja i rudarsko-tehničkim uvjetima eksploatacije

- **Dužina crte otkopne fronte**
- **Dužina pojedinog otkopa**

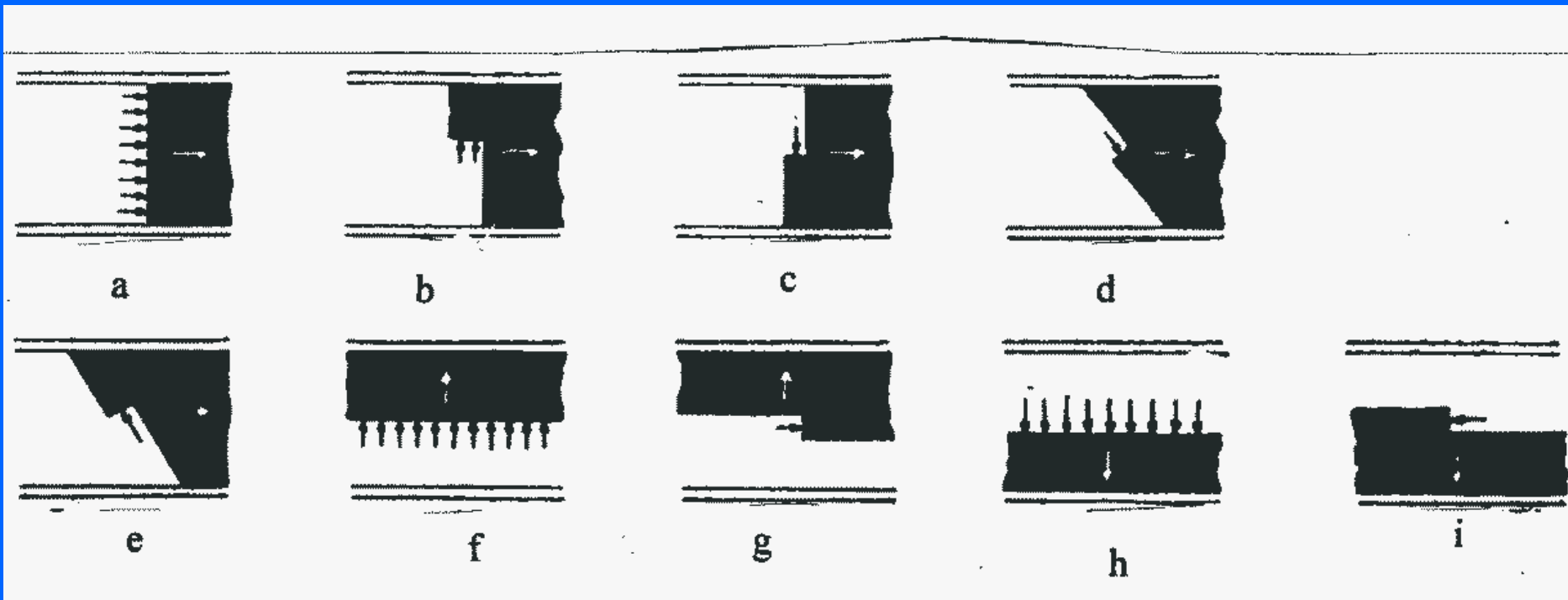
5.3. RAZVOJ RUDARSKIH RADOVA

- **dinamika izrade podzemnih prostorija**
- **front i napredak rudarskih radova**
- **otkopavanje ležišta m.s.: redoslijed radova; nastupno i odstupno otkopavanje**

5.3.1. Dinamika izrade podzemnih prostorija

- otvaranje
- razrada
- priprema
- otkopavanje
- zatvaranje (sanacija)

5.3.2. Front i napredak rudarskih radova



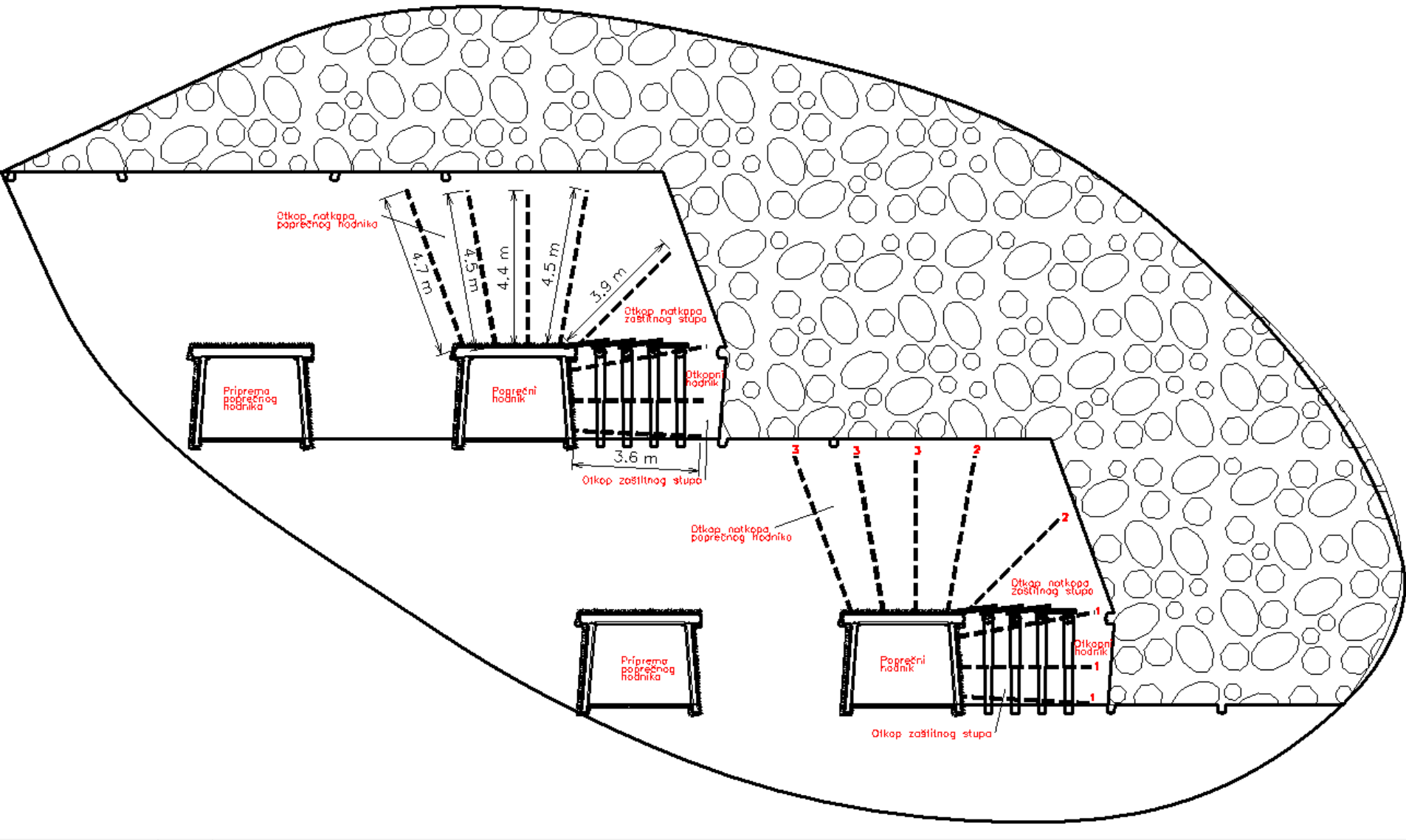
Slika 5.32 Shema smjera napredovanja otkopne fronte i dobivanja u ležištima ugljena

Smjer napredovanja otkopne fronte je:

- po pružanju (a, b,c,d,e)
- poprečno na pružanje uskopno ili niskopno (f,g,h,i)

Smjer otkopavanja-dobivanja je:

- po pružanju (a,g,i)
- po usponu (b,f)
- niskopno (c,h)
- dijagonalno (d,e)

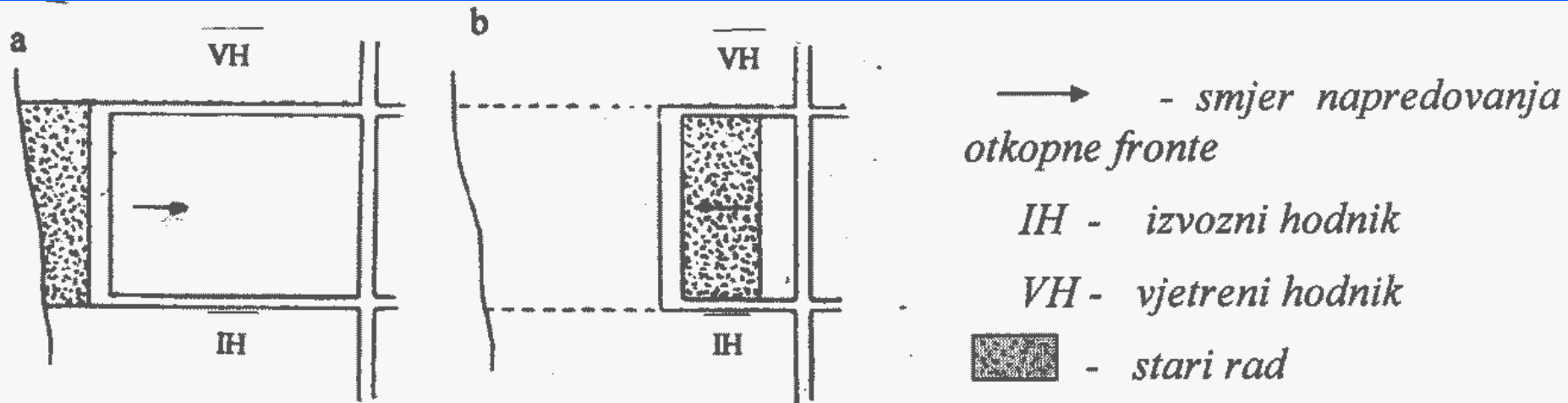


Slika 5.33

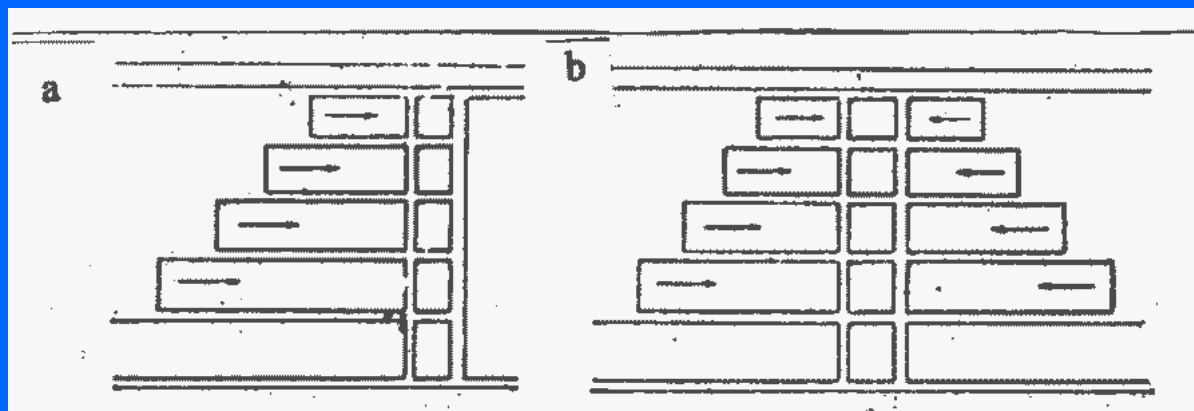
Razvoj rudarskih radova, pripreme i napretka, u ležištima sa zarušavanjem rude i krovine

5.3.3. Redosljed radova pri otkopavanju ležišta m.s.

- nastupno (b)
- odstupno otkopavanje (a)



Shematski prikaz napredovanja otkopne fronte



Shema jednokrilnog i dvokrilnog otkopavanja (odstupno otkopavanje)

Slika 5.34