

1. ИЗРАДА ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА ЗАВРШНОГ ИЗГЛЕДА ПОВРШИНСКОГ КОПА

1.1. ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ЗАВРШНОГ ИЗГЛЕДА ПОВРШИНСКОГ КОПА

У оквиру елабората о резервама минералних сировина, област техно – економске оцене, ради се идејно решење завршног изгледа површинског копа и анализирају се сви значајни фактори, како би се утврдио њихов утицај на билансност прорачунатих геолошких резерви. Садржај је дефинисан Правилником о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина, Правилником о садржини пројеката геолошких истраживања и Елабората о резултатима геолошких истраживања.

ГЕОЛОШКИ ФАКТОРИ

ЕКОНОМСКИ ТИП СИРОВИНЕ

Економски тип руде подразумева све оне руде одређене минералне сировине које, у датим условима, имају највећи економски значај (Јанковић С. и Миловановић Д., 1985.).

ИНДУСТРИЈСКИ ТИП ЛЕЖИШТА

На основу физичко – механичких карактеристика, минералног и хемијског састава, што се утврђује лабораторијским и индустријским пробама, одређује се квалитет и потенцијалност примене минералне сировине.

СТЕПЕН КОНЦЕНТРИСАНОСТИ РЕЗЕРВИ

Концентрисаност рудних резерви минералне сировине дефинисана је односом укупно утврђених резерви (Q) по квадратном метру површине истраженог дела лежишта (P).

$$K = \frac{Q}{P}, \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ или } \text{t} / \text{m}^2 \quad (10)$$

На основу прорачунате вредности може се закључити о каквој се концентрисаности резерви ради и какви се економски ефекти експлоатације могу очекивати. Осим тога, са становишта експлоатације, веома је значајно у ком се облику јавља лежиште, које су количине површинске јаловине и да ли је утврђено присуство прослојака.

МОРФОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ РУДНОГ ТЕЛА

Морфолошке карактеристике рудног тела подразумевају услове залегања, дубину, као и правилност расподељености корисних и штетних компоненти у лежишту, који пресудно утичу на рударско – технолошке, односно економске услове експлоатације.

ГЕНЕТСКИ ФАКТОРИ

Анализа генетских фактора се врши ради сагледавања потенцијалности ширег простора, оцене прогнозних резерви и могућности постојања економски интересантних појава на њему.

Проналажење минералних сировина, врши се према Правилнику о критеријумима на основу којих се одређује потенцијалност подручја. Врши се методологијом геолошких, хидрогеолошких, инжењерско – геолошких истраживања, применом површинских и подземних истражних радова и других испитивања.

ТЕХНИЧКО – ЕКСПЛОАТАЦИОНИ ФАКТОРИ

У оквиру техничко – експлоатационих фактора, врши се анализа потребних параметара као што су: општи услови будуће експлоатације, хидрогеолошки и инжењерско – геолошки услови, односно физичко – механичке карактеристике радне средине. Ова анализа се ради у циљу добијања одговора на питање, да ли је технички могуће и економски оправдано експлоатисати истраживано лежиште, уз оптималну комбинацију економије минералне сировине и економије новчаних средстава, а које није обавезујуће за даљи поступак израде рударске документације.

Оконтуривање геолошких резерви у оквиру техно – економске оцене врши се израдом идејног решења завршног изгледа површинског копа на основу претходно прорачунатих или усвојених конструктивних параметара.

Параметри конструкције копа условљени су већим бројем фактора као што су: физичко – механичке карактеристике стенског материјала, квалитет минералне сировине, врста механизације која ће се користити за извођење радова, интензитет развоја рударских радова у плану и по дубини и др.

У зависности од експлоатационог захвата, граничне дубине копа, Елаборатом о испитивању физичко – механичких својстава лежишта, дефинишу се угао радне и завршне косине, висина етаже и запреминска маса. То су полазни елементи да би се извршило конструисање површинског копа, тако да се што је могуће више захвате резерве минералне сировине уз минималне количине жаловине / откривке – ванбиласне минералне сировине.

ОПШТИ УСЛОВИ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ ЛЕЖИШТА

Положај рудног тела у литосфери, правац пружања, дубина залегања, карактеристике околних стена, тектонски поремећаји, поред осталог су одлучујући фактори који предодређују начин експлоатације лежишта. У комплексу решења, која прате конструкцију површинског копа, неопходно је да се утврди експлоатациона граница на површини терена, која обухвата простор у функцији пројектовања завршне контуре.

ОПИС ТЕХНОЛОШКИХ ФАЗА И ИЗБОР ОПРЕМЕ

У оквиру технолошког процеса експлоатације прорачунавају се сви релевантни фактори, како би се добиле вредности норматива материјала. За прорачун се користи документација сврсисходна намени техно – економске оцене, затим параметри опреме, техничке карактеристике, као и досадашња искуства у технолошком процесу експлоатације са површинских копова. Идеја је да се технологија експлоатације врши савременим методама, које се примењују код нас и у свету са првенственим циљем да се трошкови производње сведу на минимално могући ниво. У функцији експлоатације која се изводи површинским коповима потребно је предвидети низ објеката као и спецификацију опреме, чиме би се обезбедио равномеран и неометан развој радова. Избор објекта и опреме може бити различит у зависности од услова, локације, окружења површинског копа и др.

ОРГАНИЗАЦИЈА РАДА

Организација рада на површинским коповима утврђује се на бази технолошких целина потребних за површинску експлоатацију. Пре експлоатације минералне сировине претходе радови у припреми, а прате их активности у производњи, контроли квалитета, одржавању опреме, радови на снабдевању погонском енергијом, материјалима, питком и индустријском водом, техничка и биолошка рекултивација и заштита околине [47].

ОСНИВАЧКА УЛАГАЊА

У оквиру оснивачких улагања обухватају се трошкови откупа земљишта, инсталисања уређаја за потребе електроснабдевања, израда објеката за смештај људи и опреме, трошкови основне и помоћне опреме и средстава, која се користе приликом површинске експлоатације минералне сировине, радови на одводњавању, рекултивацији и др.

НОРМАТИВИ МАТЕРИЈАЛА И ЕНЕРГИЈЕ

Нормативи материјала и енергије се одређују према снази мотора и потребним ефективним часовима рада.

ХИДРОГЕОЛОШКИ УСЛОВИ

Присуство површинских и / или подземних водених токова у лежишту, односно окружењу, гравитационо дренажање површинских вода, водопропусност, порозност, као и утицај на постојећу или будућу експлоатацију дефинишу хидрогеолошке прилике лежишта.

ИНЖЕЊЕРСКО – ГЕОЛОШКИ УСЛОВИ

Специфичност инжењерско – геолошких карактеристика лежишта, односи се пре свега на резултате испитивања физичко – механичких својстава узорака, који се користе приликом усвајања параметара стабилности радне и завршне косине површинског копа [35].

ТЕХНОЛОШКИ ФАКТОРИ

Анализа технолошких фактора техничко – економске оцене се скоро у потпуности заснива на процени квалитета минералне сировине и проучавању могућности њене припреме и примене.

ТЕХНОЛОШКИ ТИП МИНЕРАЛНЕ СИРОВИНЕ

На основу резултата добијених у току истраживања и лабораторијских испитивања минералне сировине из лежишта врши се класификација стенске масе са описом основних обележја и могућношћу примене.

ОСНОВНИ УСЛОВИ ДОБИЈАЊА И ПРЕРАДЕ СИРОВИНЕ

Основни услови добијања производа сведени су на основне карактеристике система експлоатације и постројења за прераду, дробљење и класирање и састоје се из следећих технолошких фаза рада:

- чишћење терена од биљног покривача,
- откопавање, транспорт и одлагање јаловине / откривке,
- бушење, минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења,
- прерада и дробљење сировине.

РЕГИОНАЛНИ ФАКТОРИ

Ови фактори утичу на економичност експлоатације и прераду сировине у смислу удаљености будућег рудника у односу на потрошача, односно од тржишта, услова и могућности снабдевања енергијом, водом, радном снагом, итд. Искузују се величином неопходних инвестиција за отварање и директан рад рудника. У том смислу, будућа експлоатација је у повољном положају ако нису потребна висока улагања.

ТРАНСПОРТНИ УСЛОВИ

Анализа транспортних услова врши се са два аспекта. Први се односи на транспорт сировине од површинског копа до погона за прераду, а други су транспортни услови регионалног карактера, превоз готових производа до крајњих корисника, потрошача.

РЕЉЕФ ПОДРУЧЈА

Рељеф подручја се посматра у оквиру расположивости транспортних услова. У том смислу анализирају се приступни путеви и саобраћајна и железничка инфраструктура до лежишта, као и у смеру од лежишта према погону за прераду и потрошачима у околини и ширем региону.

КЛИМАТСКИ УСЛОВИ

Када је реч о клими, наводе се подаци ком типу припада, просечна годишња температура, влажност ваздуха, врста ветрова, средња годишња висина падавина, као и периоди са најобилнијим падавинама.

УСЛОВИ СНАБДЕВАЊА ВОДОМ И ЕНЕРГИЈОМ

Површинска експлоатација минералних сировина, поред тога што захтева инфраструктурне објекте, мора бити обезбеђена и енергентима. У том смислу описује се начин снабдевања, допремања и складиштења горивом, експлозивом, водом и осталим потребним материјалима.

ТРЖИШНИ ФАКТОРИ

Тржиште минералних сировина уопште је према многим карактеристикама специфично у односу на тржиште других привредних и индустријских производа. Тржишни фактори имају велики утицај на техно – економску оцену лежишта. Анализира се период тржишних фактора у циљу дугорочне прогнозе, услова и потреба за експлоатисаним резервама и добијеним производима.

ОПШТИ УСЛОВИ ПОНУДЕ И ПОТРАЖЊЕ

У оквиру израде елабората о резервама неопходно је сагледати опште услове понуде и потражње за истраживану минералну сировину. Потребно је утврдити какви се комерцијални производи сличног квалитета нуде на тржишту, као и њихов значај.

ЦЕНЕ И ПЕРСПЕКТИВНОСТ ПЛАСМАНА СИРОВИНЕ

Опис цене и перспективност пласмана сировине врши се на основу анализа у области индустрије [26]. Производна цена је оптерећена свим трошковима производње и као таква се увршћује у поступку прорачуна.

ЕКОЛОШКИ ФАКТОРИ

Површински копови остављају деградиране просторе нарушавајући успостављену еколошку равнотежу. Интервенције након завршетка експлоатације се свде на техничку и биолошку рекултивацију лежишта. Оно што је за лежиште важно је чињеница да његова експлоатационе активности узрокују релативно блага еколошка оштећења, јер се не доводи у питање општа деградација животног простора, пошто у лежишту нема опасних контаминатора, какви се срећу при експлоатацији металичних и енергентских минералних сировина. Чињеница је да експлоатацију прати повећана количина прашице, која у извесном смислу може на околину деловати и позитивно смањујући киселост земљишта. Неминовно, еколошки проблеми настају са експлоатацијом сировина, али се њима мора ефикасно управљати и вршити контрола током рада [45]. Еколошки фактори везани за лежиште могу бити и са позитивним и са негативним предзнаком. Позитиван предзнак је што се минерална сировина третира као природна, еколошка, било да се ради о примени као карбонатна сировина, технички грађевински, украсни или архитектонски камен, глина или нека друга неметалична минерална сировина. Средства за заштиту животне средине предвиђена су законском регулативом, сходно пројектима који се раде у оквиру инвестиционо – техничке документације.

ДРУШТВЕНО – ЕКОНОМСКИ ФАКТОРИ

ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ЗА РЕГИОН И ЗЕМЉУ

Значај експлоатације лежишта минералних сировина огледа се у чињеници да ће тржиште бити обезбеђено сировином за више индустријских грана, затим сталан продуктиван посао за запослене и значајан профит за ширу заједницу.

НАТУРАЛНИ ПОКАЗАТЕЉИ

Кроз натуралне показатеље техничко – економске оцене лежишта анализирају се средњи садржај корисне компоненте, средња дебљина рудног тела, могућност употребе, резерве минералне сировине (геолошке, билансне и експлоатационе), количина јаловине, средњи коефицијент откривке, капацитет производње и век експлоатације.

РЕЗЕРВЕ МИНЕРАЛНЕ СИРОВИНЕ

Резервама минералне сировине називају се количине корисне минералне сировине у неком лежишту или делу лежишта, које су оконтурене истражним радовима и у довољној мери испитане. Оконтурење резерви и утврђивање квалитета, односно билансирање резерви минералних сировина је основни задатак проспекцијско – истражног процеса. На основу дефиниције резерви, у садржају појма резерви, улази количина материјала који изграђује лежиште и одређено познавање тог материјала и лежишта (геолошко, рударско – техничко, технолошко, економско). При прорачуну резерви издвајају се и посебно прорачунавају резерве за делове лежишта, који се одликују већим разликама у погледу минералног састава, облика, залегања, грађе, технолошких карактеристика руде, рударско – техничких услова експлоатације, степена истражености или неких других карактеристика.

МЕТОДЕ ПРОРАЧУНА РЕЗЕРВИ

Прорачун резерви чврстих минералних сировина у лежиштима или деловима лежишта, оконтурених истражним радовима може да се врши различитим аналитичким и графичким методама. Основни принцип свих метода јесте трансформација рудних тела, која су сложеног, у тела једноставнијег облика, чије се површине и запремине лако могу израчунати применом једноставних математичких операција.

Прорачун запремине средње аритметичком методом

За прорачун резерви овом методом потребно је одредити следеће параметре: површину рудног тела (S), средњу аритметичку дебљину лежишта или рудног тела (d_r), средњу запреминску густину (ρ_s), средњи садржај корисне компоненте у руди (c_s).

Запремина на описани начин трансформисаног рудног тела (V_r) израчунава се по следећем обрасцу:

$$V_r = S \cdot d_r, \text{ m}^3 \quad (9)$$

Резерве руде (Q) у оквиру одређене запремине израчунавају се по обрасцу:

$$Q = V_r \cdot \rho_s, \text{ t} \quad (9)$$

Резерве корисне компоненте (KK) у оквиру одређених резерви израчунавају се по обрасцу:

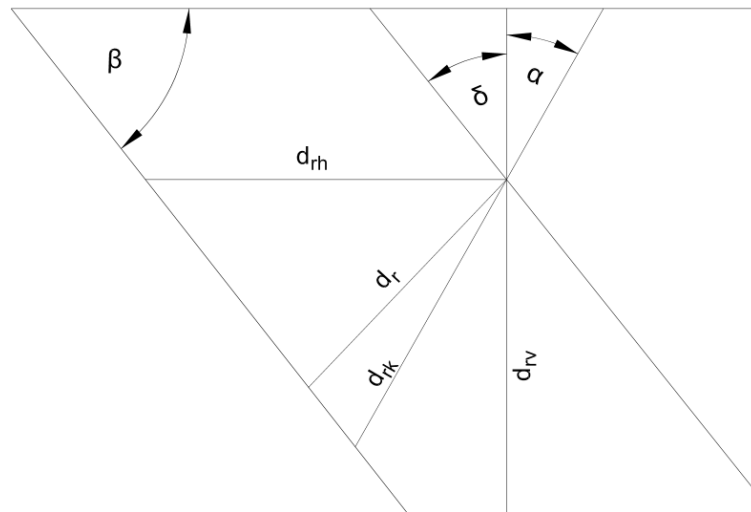
$$KK = Q \cdot c_s, \text{ t} \quad (9)$$

Површина рудног тела или лежишта добија се мерењем површина рудног тела или лежишта у оквиру контуре лежишта или рудних тела на плану. Одређивање средње дебљине, моћности рудног тела у истражним радовима може се вршити директно и индиректно. На изданцима и у површинским и подземним истражним радовима дебљина рудног тела може непосредно, директно да се мери. Једино у случајевима када граница између руде и јаловине није оштра него поступна, онда се граница повлачи посредно, индиректно на бази података испитивања проба (хемијских, минералношко – петрографских и др.). При бушењу се такође може вршити директно мерење дебљине рудног тела.

У пракси извођења проспекцијско – истражних радова мери се дебљина рудних тела у различитим правцима (слика 1.1.1.) и то у:

- правцу нормале – (права дебљина d_r),
- хоризонталном правцу – (хоризонтална дебљина d_{rh}),
- вертикалном правцу – (вертикална дебљина d_{rv}),
- било ком косом правцу – (коса дебљина d_{rk}).

Која ће се од ових дебљина мерити зависи од међусобног просторног односа између проспекцијско – истражних радова и рудног тела. За прорачун резерви користи се само права дебљина те се остале дебљине морају превести у праву.



Слика 1.1.1. Мерење дебљине (моћности) руд. тела у различитим правцима [9]

$$\begin{aligned}
 d_r &= d_{rh} \cdot \sin \beta, \text{ m} \\
 d_r &= d_{rv} \cdot \cos \beta, \text{ m} \\
 d_r &= d_{rk} \cdot \cos(\beta - \alpha) = d_{rk} \cdot \sin \delta, \text{ m} \\
 d_r &= d_{rh} \cdot \sin \beta, \text{ m}
 \end{aligned} \tag{9}$$

Одређивање средње дебљине рудног тела из већег броја мерења може се извршити на два начина: методом средње аритметичке вредности и методом средње пондерисане вредности.

$$d_s = \frac{(d_{r1} + d_{r2} + \dots + d_{rn})}{n}, \text{ m} \tag{9}$$

- d_s — средња аритметичка дебљина (m)
- $d_{r1}, d_{r2}, \dots$ — дебљине рудног тела у појединим радовима (m)
- d_{rn} —
- n — број радова у којима је пресечено рудно тело

Густина или специфична маса (ρ_o) представља масу јединице запремине материјала без пора и шупљина. Густина минералних сировина (руда) одређује се мерењем масе испитиваног узорка у сувом стању (m) и његове запремине без пора и шупљина (v_1), по обрасцу:

$$\rho_o = \frac{m}{v_1}, \text{ m}^3 \tag{9}$$

Код прорачуна резерви минералних сировина не користи се њихова запреминска густина. Запреминска густина или запреминска маса (ρ) представља масу јединице запремине материјала у природном стању (са свим шупљинама).

Запреминска густина руде одређује се мерењем масе узорка у сувом стању (m) и његове запремине (v_2) потапањем у воду (том приликом узорак се облаже танким слојем парафина ради затварања шупљина), по обрасцу:

$$\rho = \frac{m}{v_2}, \text{ m}^3 \quad (9)$$

Одређивање средњег садржаја корисне компоненте у руди (c_s) такође се врши методама средње аритметичке и средње пондерисане вредности.

Метода средње аритметичке вредности примењује се онда када су пробе узимане на једнаким, мањим, растојањима, а када лежиште показује малу променљивост дебљине, запреминске густине и садржаја корисне компоненте. Израчунавање средњег аритметичког садржаја корисне компоненте у руди врши се по следећем обрасцу:

$$c_s = \frac{(c_1 + c_2 + \dots + c_n)}{n}, \text{ m} \quad (9)$$

- c_s — средњи аритметички садржај корисне компоненте
 $c_1, c_2, \dots, c_n$ — садржаји корисне компоненте у појединим пробама
 n — број проба

Метода средње пондерисане вредности примењује се у случајевима када су пробе узимане на неједнаким растојањима, а када лежиште показује велику променљивост дебљине, запреминске густине и садржаја корисне компоненте. Пондерисање може да се врши на дужину утицаја пробе (l), на дебљину рудног тела (m), на површину утицаја пробе (S), на запремину утицаја пробе (V), на запреминску густину руде (ρ) у проби или на производе ових величина, односно:

$$c_s = \frac{(c_1 \cdot d_1 + c_2 \cdot d_2 + \dots + c_n \cdot d_n)}{(d_1 + d_2 + \dots + d_n)}, \text{ m}$$

$$c_s = \frac{(c_1 \cdot S_1 + c_2 \cdot S_2 + \dots + c_n \cdot S_n)}{(S_1 + S_2 + \dots + S_n)}, \text{ m} \quad (9)$$

$$c_s = \frac{(c_1 \cdot l_1 \cdot \rho_1 + c_2 \cdot l_2 \cdot \rho_2 + \dots + c_n \cdot l_n \cdot \rho_n)}{(l_1 \cdot \rho_1 + l_2 \cdot \rho_2 + \dots + l_n \cdot \rho_n)}, \text{ m}$$

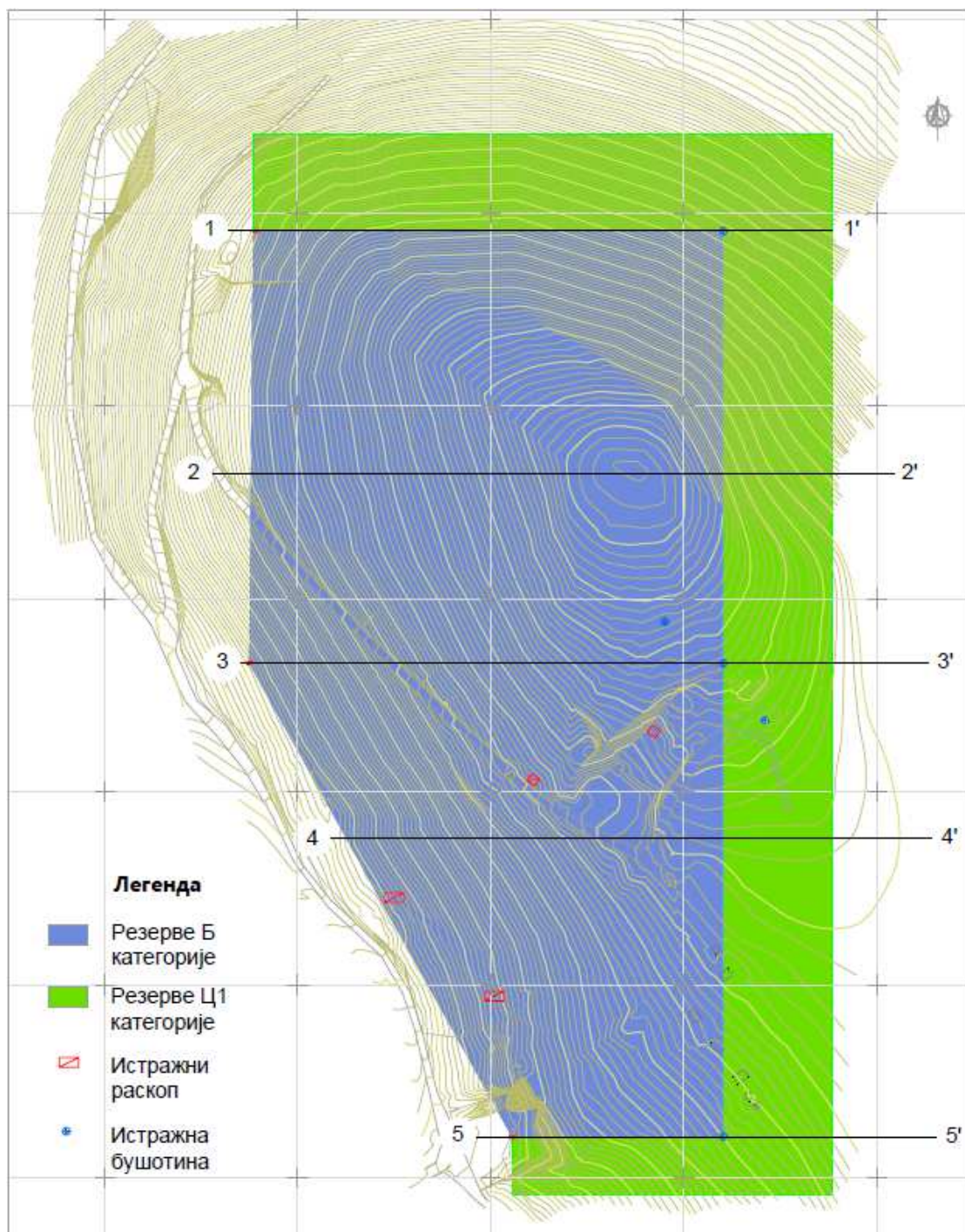
- $c_1, c_2, \dots, c_n$ — средње пондерисане садржај корисне компоненте
 $d_1, d_2, \dots, d_n$ — дебљине рудног тела на местима где су узете поједине пробе
 $S_1, S_2, \dots, S_n$ — површине утицаја појединих проба
 $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ — запреминске густине руде на местима где су узете поједине пробе

Прорачун запремине методом геолошких блокова

Састоји се у томе да се површина рудног тела издели на више делова – блокова који се одликују различитим: минералним саставом, дебљином, условима залегања, степеном истражености или рударско – техничким условима експлоатације. Прорачун резерви се врши средње аритметичком методом, посебно за сваки блок. Уколико се подаци из проспекцијско – истражних радова у оквиру једног блока знатно разликују или ако су радови неравномерно постављени, онда се прорачун резерви врши методом средње пондерисане вредности. Укупне резерве у рудном телу добијају се сабирањем резерви из појединих геолошких блокова.

Прорачун запремине методом профила

Представља врло заступљену методу прорачуна резерви. Највише се користи у случајевима када су лежишта сложеног облика истражена радовима постављеним по вертикалним или хоризонталним профилима. Вертикални профили се добијају вертикалним пресецањем лежишта, а хоризонтални профили се добијају хоризонталним пресецањем лежишта. Према томе, какав је просторни положај истражних профила, прорачун резерви се може вршити или по вертикалним или по хоризонталним профилима (слика 1.1.2.).



Слика 1.1.2. Карта резеви лежишта кречњака [10]

У таквим случајевима као основну методу, треба изабрати онај систем прорачуна резерви, који више одговара условима експлоатације, односно напредовању фронта радова. Развоју радова на површинском копу одозго на доле, више је прилагођен прорачун резерви по хоризонталним профилима.

Метода профила се разликује од других метода прорачуна резерви још и по томе што се запремине блокова не одређују према површини рудног тела и његовој дебљини, већ према површинама профила (пресека) рудног тела и растојањима између тих пресека. Истражни профили деле рудно тело на низ блокова. Крајња два блока су са једне стране ограничена профилском равни, а са осталих страна – неправилном површином рудног тела. За блокове који су са две стране ограничени истражним профилима резерве се рачунају посебно у односу на оне делове рудног тела који се налазе између унутрашње и спољашње контуре, где спадају и поменута крајња два блока. У зависности да ли су истражни профили међусобно паралелни или нису паралелни, код методе профила разликују се два начина прорачуна резерви и то: прорачун за паралелне профиле и прорачун за непаралелне профиле.

У случају када су истражни профили међусобно паралелни, било да су вертикални или хоризонтални, прорачун резерви се изводи тако да се за сваки профил одреди површина рудног тела на профилу (S), средња запреминска густина руде (ρ) и средњи садржај корисне компоненте (c_s). Површина рудног тела одређује се прорачуном на основу дебљине рудног тела по бушотинама или мерењем. Средња запреминска густина руде и средњи садржај корисне компоненте рачунају се као средње аритметичке или средње пондерисане вредности.

Пошто су одређени основни параметри за прорачун резерви, рудно тело на сваком профилу може се третирати као јединична запремина – јединичне дебљине (V), те се за ову запремину могу изразити резерве руде (Q) и резерве корисне компоненте (KK) по следећим обрасцима:

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot \rho_s, t \\ KK &= Q \cdot c_s, t \end{aligned} \quad (9)$$

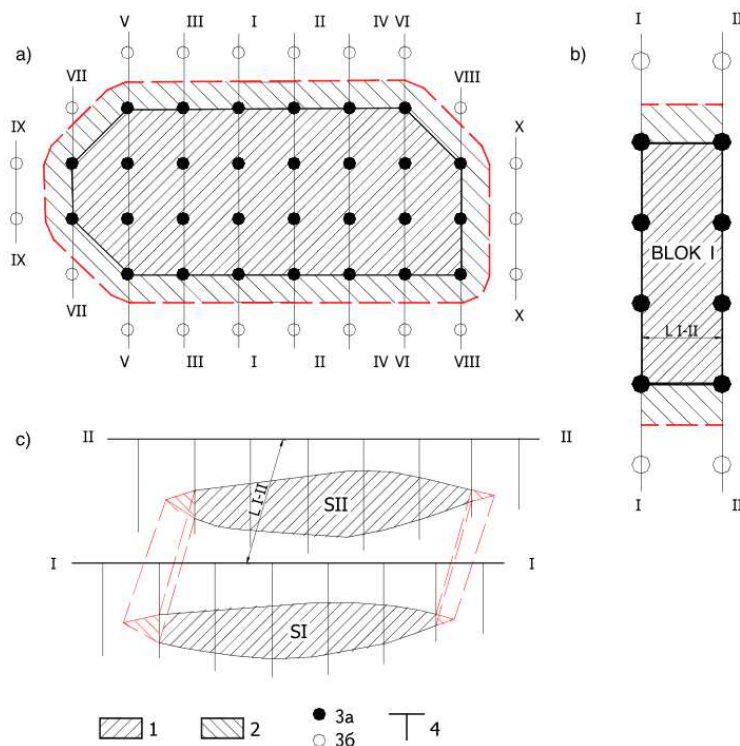
Запремина рудног тела, резерве руде и резерве корисне компоненте у блоковима између два профила, слика 1.1.3., рачунају се као производ полузбира одговарајућих вредности између два суседна профила и међусобног растојања тих профила:

$$\begin{aligned} V_{I-II} &= \frac{S_I + S_{II}}{2} \cdot l_{I-II}, t \\ Q_{I-II} &= \frac{Q_I + Q_{II}}{2} \cdot l_{I-II}, t \\ KK_{I-II} &= \frac{KK_I + KK_{II}}{2} \cdot l_{I-II}, t \end{aligned} \quad (9)$$

l_{I-II} — растојање између два суседна профила (I и II)

Наведене формуле се могу применити само у случајевима када се површине, односно запремине резерви, два суседна профила не разликују више од 40%. Ако ова разлика прелази 40%, онда се запремина резерви руде и резерве корисне компоненте у блоку између два суседна профила рачунају по обрасцу за зарубљену пирамиду:

$$\begin{aligned} V_{I-II} &= \frac{1}{3} \cdot l_{I-II} \cdot (S_I + S_{II} + \sqrt{S_I \cdot S_{II}}), t \\ Q_{I-II} &= \frac{1}{3} \cdot l_{I-II} \cdot (Q_I + Q_{II} + \sqrt{Q_I \cdot Q_{II}}), t \\ KK_{I-II} &= \frac{1}{3} \cdot l_{I-II} \cdot (KK_I + KK_{II} + \sqrt{KK_I \cdot KK_{II}}), t \end{aligned} \quad (9)$$



a – план истражних радова; b – план прорачунског блока између профила I-I и II-II; c – Профили I-I и II-II (S_I и S_{II} су површине рудног тела на профилима); 1 – површина унутрашње контуре рудног тела; 2 – површина спољашње контуре рудног тела; 3a и 3b – позитивна и негативна бушотина; 4 – бушотина на профилу

Слика 1.1.3. Прорачун резерви методом профила када су профили међусобно паралелни [9]

Прорачун резерви за онај део рудног тела који се налази између унутрашње и спољашње контуре врши се на сличан начин као за блокове у оквиру унутрашње контуре, слика 1.1.4. Површина рудног тела на профилу, у међуконтурном појасу, израчунава се по формули за површину троугла, слика 1.1.4.a. Основу троугла чини дебљина рудног тела у крајњем позитивном истражном раду (d_r), а његову висину (h), растојање између крајњег позитивног рада и тачке исклињавања рудног тела:

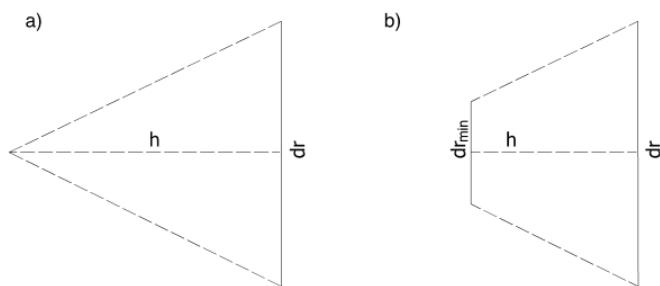
$$S = \frac{d_r \cdot h}{2}, \text{ m}^2 \quad (9)$$

У многим случајевима се резерве у међуконтурном појасу не рачунају до линије исклињавања рудног тела, нулте контуре, већ до минималне продуктивне дебљине ($d_{\min}$) која представља економску контуру рудног тела. У тим случајевима површина рудног тела на профилу, у међуконтурном појасу, рачуна се по обрасцу за трапез, слика 1.1.4.b.:

$$S = \frac{d_r \cdot d_{\min}}{2} \cdot h, \text{ m}^2 \quad (9)$$

Када је површина рудног тела на профилу одређена на један од описаних начина, онда се као и на оним деловима профила, који се налазе у оквиру унутрашње контуре, израчунава јединична запремина (дебљине 1 m). Одређују се резерве руде и корисне компоненте за сваки издвојени део по наведеним формулама. Запремина блокова између два профила у међуконтурном појасу, односно резерве руде и корисне компоненте у тим блоковима израчунавају се на исти начин као и код блокова који се налазе у оквиру унутрашње контуре.

Укупне резерве минералне сировине у лежишту добијају се сабирањем резерви свих прорачунских блокова, како у оквиру унутрашње контуре, тако и у међуконтурном појасу.



а) случај када се површина рудног тела одређује по обрасцу за троугао; б) случај када се површина рудног тела одређује по обрасцу за трапез

Слика 1.1.4. Прорачун резерви у међуконтурном појасу код методе профила са паралелним профилима [9]

У многим случајевима истражни профили нису међусобно паралелни, због тога што рудно тело показује знатне промене у залегању. Тада се резерве прорачунавају тако што се на два суседна профила, који међусобно заклапају угао (α), одреде тежишта за површине пресека рудног тела на тим профилима. Из тежишта се повуку нормале до пресека са суседним профилем, слика 1.1.5. Запремина блока између два непаралелна профила (I-I и II-II) рачуна се по следећим формулама:

- уколико је угао између профила већи од 10° :

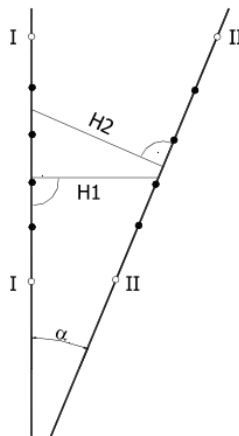
$$V = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{S_I + S_{II}}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}, m^3 \quad (9)$$

- ако је угао између профила мањи од 10° , онда се претходна формула може упростити:

$$V = \frac{S_I + S_{II}}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}, m^3 \quad (9)$$

S_I, S_{II} — површине рудног тела на профилима I-I и II-II

H_1, H_2 — нормале повучене од тежишта површине рудног тела на једном профилу до пресека са другим профилем



Слика 1.1.5. Прорачун резерви методом профила када су профили међусобно непаралелни [9]

Прорачун запремине методом етажних равни

Индентично је са методом хоризонталних профила, осим што се хоризонтално пресецање рудних тела врши на интервалима висине етаже, тако да се добија запремина рудног тела на етажи или запремина етаже. Етажа је ограничена радном и завршном косином, изласком на терен, изласком на кровину или изласком на подину лежишта. Запремина се добија као производ средње вредности горње и доње површине етаже и висине етаже. Укупна запремина рудног тела или лежишта представља збир запремина руде са свих етажа на којима се налази рудно тело или лежиште.

Прорачун методом етажних равни нарочито је погодан за прорачун количина руде, када су горња и доња површине етаже хоризонталне и користи се за дефинисања динамике развоја радова, пошто етаже представљају једну од основних експлоатационих целина на површинском копу. У случају када горње и доње површине етаже нису хоризонталне, пошто могу бити ограничене неправилном површином кровине или подине, а такође могу бити неправилне и због усаглашавања запремине етаже по количинама и квалитету са капацитетом експлоатације, онда се висина етаже своди на просечне вредности и добијају се оријентациони резултати.

$$V_e = \frac{P_d + P_g}{2} \cdot H_e, m^3$$

$$V = \sum_{e=1}^n V_e, m^3 \quad (9)$$

V_e — запремина етаже (m^3)

P_d — доња површина етаже (m^2)

P_g — горња површина етаже (m^2)

H_e — висина етаже (m)

V — запремина резерви (m^3)

n — број етажа

Прорачун запремине методом троуглова

Код методе троуглова површина рудног тела на плану се раздваја на низ троуглова на тај начин што се суседни истражни радови спајају правим линијама. Посматрано у простору, рудно тело се код ове методе замењује са низом тространих косих призми, чије ивице чине одговарајући истражни радови. Дужина ивица призми једнака је дебљинама рудног тела у одговарајућим радовима. Приликом спајања истражних радова у троуглове може бити више варијанти, али се увек тежи за тим да троуглови буду приближно равнострани. У међуконтурном појасу троуглови се добијају тако што се са средина дужи које спајају суседне истражне радове на унутрашњој контури, подижу нормале које се повлаче све до пресека са спољашњом контуром. Тачке у којима се ове нормале секу са спољашњом контуром спајају се са суседним истражним радовима на унутрашњој контури. На тај начин добија се низ троуглова и у међуконтурном појасу.

Запремине косих призми, резерве руде и резерве корисне компоненте у њима израчунавају се на следећи начин: прво се одреде средња дебљина, средња запреминска густина руде и средњи садржај корисне компоненте за сваку призму, по формулама:

$$d_s = \frac{(d_{r1} + d_{r2} + d_{r3})}{3}, m^3$$

$$\rho_s = \frac{\rho_1 \cdot d_{r1} + \rho_2 \cdot d_{r2} + \rho_3 \cdot d_{r3}}{(d_{r1} + d_{r2} + d_{r3})}, m^3 \quad (9)$$

$$c_s = \frac{c_1 \cdot d_{r1} + c_2 \cdot d_{r2} + c_3 \cdot d_{r3}}{(d_{r1} + d_{r2} + d_{r3})}, m^3$$

Запремина призме

$$V = S \cdot d_s, \text{ m}^3 \quad (9)$$

S — површина троугла (m^2)

Резерве руде у призми

$$Q = V \cdot \rho_s, \text{ m}^3 \quad (9)$$

Резерве корисне компоненте

$$KK = Q \cdot c_s, \text{ m}^3 \quad (9)$$

Укупне резерве рудног тела добијају се сабирањем резерви из појединих призми.

Прорачун запремине методом полигона

Метода полигона доста је слична методи троуглова. Разлика је у томе да се површина рудног тела на плану дели на низ полигона, односно рудно тело у простору се дели на низ вишестраних призми. Полигони се на плану извлаче у оквиру унутрашње контуре рудног тела, а до спољашње границе се врши продужавање страница полигона који су по ободу унутрашње контуре. Они се добијају на тај начин што се сваки истражни рад спаја правим линијама са суседним радовима, па се са средина тих линија повлаче нормале, све док се узајамно не пресеку. Нормале и њихови пресеци образују полигоне, чије површине ограничавају зоне утицаја истражних радова који се налазе у центрима полигона. Запремине вишестраних призми, резерве руде и корисне компоненте у њима израчунавају се на сличан начин као код методе троуглова. Код методе полигона уместо средње дебљине из три истражна рада, узима се дебљина рудног тела у истражном раду који се налази у централном делу вишестране призме.

Прорачун запремине методом изолинија

Код методе изолинија рудна тела неправилног облика трансформишу се у геометријска тела чија је доња површина равна, а горња је представљена изолинијама дебљине. Приликом ове трансформације, која се врши на профилима и у основи, мења се само облик рудног тела, а запремина остаје непромењена.

Овом заменом облика, горња површина рудног тела се може на плану приказати изолинијама дебљине рудног тела. Ова метода може се успешно применити код рудних тела (лежишта), чије се геолошке особине, у првом реду облик и садржај корисне компоненте, мењају равномерно, без скокова. Израчунавање резерви методом изолинија може се вршити на више различитих аналитичких и графичких начина. Највише се користи следећи аналитички начин: изолиније дебљине рудног тела третирају се као хоризонталне паралелне равни. На плану се израчунају површине које су ограничене изолинијама, па се рачунају запремине између суседних равни, по обрасцима:

$$V_1 = \frac{S_0 + S_1}{2} \cdot e_{r1}, \text{ m}^3; \quad V_2 = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot e_{r2}, \text{ m}^3 \quad (9)$$

V_1, V_2 — запремине блокова између суседних изолинија дебљине рудног тела (m^3)

S_0, S_1, S_2 — површине које поједине изолиније дебљине заузимају на плану (m^2)

e_{r1} — растојање између равни, еквидистанца изолинија дебљине која најчешће има исту вредност за цело рудно тело или лежиште (m)

Запремина последњег блока, који се завршава као топографска површина, рачуна се по формули за купу.

$$V_n = \frac{S_n + d_m}{3}, m^3 \quad (9)$$

V_n — запремина крајњег блока, који је са доње стране ограничен последњом, највишом изолинијом дебљине, а са горње стране – топографском површином изолинија дебљине рудног тела (m^3)

S_n — површина коју заузима последња, највиша изолинија дебљине (m^2)

d_m — растојање између последње изолиније дебљине и највише тачке површине (m)

Укупна запремина рудног тела (V) добија се сабирањем запремина свих блокова.

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n, m^3 \quad (9)$$

Резерве рудног тела и резерве корисне компоненте у њему прорачунавају се по обрасцу:

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot \rho_s, m^3 \\ KK &= Q \cdot c_s, m^3 \end{aligned} \quad (9)$$

ρ_s — средња запреминска густина руде у рудном телу (m^3)

c_s — средњи садржај корисне компоненте у рудном телу (%)

Прорачун запремине методом миниблокова

Основа за прорачун резерви методом миниблокова је претходна подела лежишта на миниблокове. Миниблокови служе за прорачун резерви и квалитета минералне сировине. Миниблокови су носиоци информација о количинама и квалитету минералне сировине, које се добијају одговарајућим методама интерполације. Постоји више метода интерполације, а најчешће примењене су метода инверзног растојања и криговање. Наведеним методама интерполације врши се обрада унетих података за структурне карактеристике, дебљине слојева, податке о квалитету и физичко – механичке карактеристике, које служе за анализу капацитета.

Једна од најједноставнијих метода за интерполацију карактеристика лежишта, је метода инверзног (квадратног) растојања.

Средња вредност карактеристика квалитета у миниблоку по овој методи рачуна се на следећи начин:

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{s_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}, \% \quad (9)$$

s_i — карактеристика узорка у миниблоку

d_i — растојања од бушотине до миниблока (m)

Вредности које третирају растојања од бушотина до миниблока могу се изразити као коефицијенти, на следећи начин:

$$ks_i = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (9)$$

па се формула може написати на следећи начин:

$$s = s_1 \cdot ks_1 + s_2 \cdot ks_2 + s_3 \cdot ks_3 + s_4 \cdot ks_4 + s_5 \cdot ks_5 + s_6 \cdot ks_6 \quad (9)$$

При томе је:

$$\sum_{i=1}^n ks_i = 1 \quad (9)$$

Доказано је да са повећањем степена и смањењем радијуса утицаја ова метода даје прецизне резултате. При свему томе и даље се у потпуности не може тврдити да се методама интерполације, достижу и опонашају природне, односно геолошке и генетске карактеристике лежишта, али се у већини случајева уз консултације и осталих геолошких карактеристика, могу добити коректне основе за интерпретацију карактеристика лежишта.

Рачунарска обрада је практично један од најефикаснијих начина за интерполацију. У сваком случају, за прорачун резерви по правилу, потребно је паралелно користити две методе прорачуна.

ГЕОЛОШКЕ РЕЗЕРВЕ СИРОВИНЕ

Резерве чврстих минералних сировина и њихова класификација и категоризација, приказују се Елаборатом о резервама који садржи: текстуални део, графичку документацију и документациони материјал. Прорачун резерви минералних сировина представља комплексан, одговоран и креативан геолошки посао, као и задатак који подразумева и остварење неколико циљева:

- одређивање укупне количине минералних сировина и основних геолошко – економских карактеристика лежишта;
- прорачунавање резерви према врстама минералних сировина;
- прорачунавање резерви према категоријама и њихову класификацију;
- утврђивање технолошких својстава минералних сировина.

Као крајњи резултат прорачуна резерви у лежишту добија се количина минералне сировине, у свом природном стању, која се изражава у јединицама за масу, тонама.

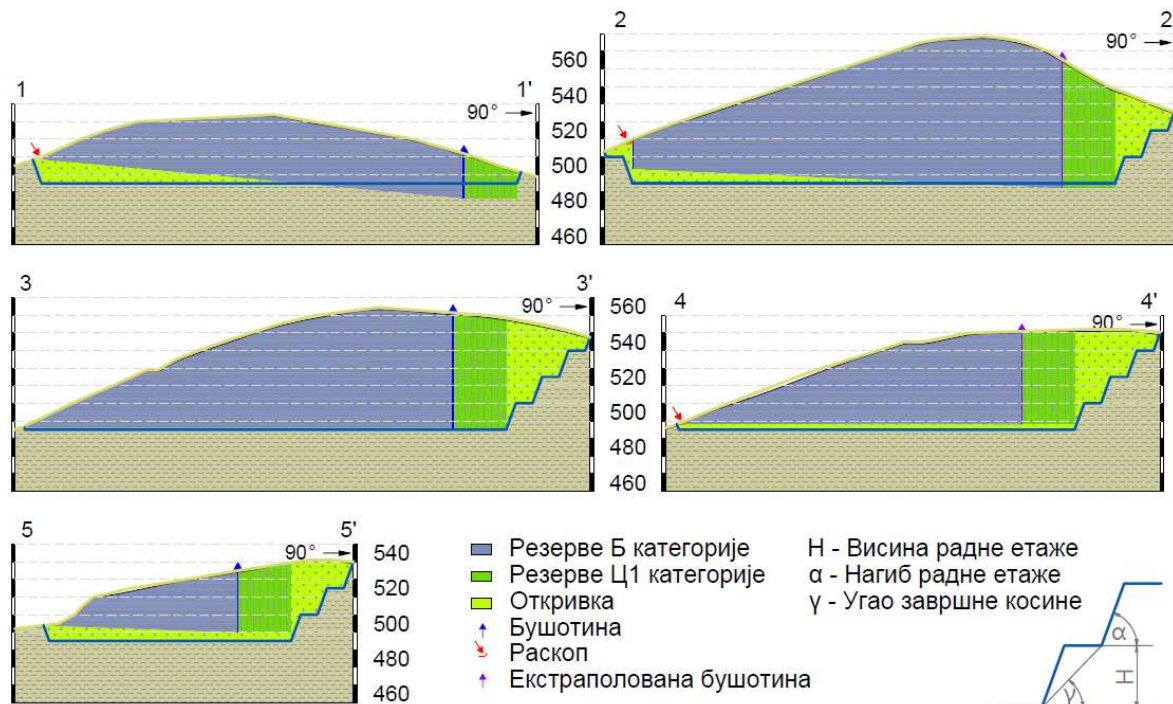
Тачност и веродостојност прорачунавања резерви зависи од низа фактора, а највише од детаљности геолошких истраживања и од исправног тумачења података истраживања.

БИЛАНСНЕ РЕЗЕРВЕ

Разврставање резерви чврстих минералних сировина у категорије и класе врши се према степену истражености лежишта, степену познавања квалитативних својстава сировине и могућностима њихове експлоатације. Користи се као основа за пројектовање, отварање, припрему и експлоатацију лежишта чврстих минералних сировина и изградњу објеката намењених за припрему, прераду и коришћење минералних сировина.

У зависности да ли се утврђене количине минералних сировина у лежишту постојећом техником и технологијом могу рентабилно експлоатисати или не, резерве чврстих минералних сировина разврстане су у билансне и ванбилансне.

Билансност резерви утврђује се техничко – економском оценом геолошких, генетских, техничко – експлоатационих, регионалних, тржишних и друштвено – економских фактора и исказује се синтетски, натуралним и вредносним показатељима и прорачуном рентабилности. У конкретном примеру (слике 1.1.6. и 1.1.7.) за оконтуривање геолошких резерви и израду идејног решења завршног изгледа површинског копа усвојене су следеће вредности: висина радне етаже 15 m, нагиб 70°, ширина берме 10 m и угао завршне косине 45°.



Слика 1.1.6. Обрачуњски профили [10]

ЕКСПЛОАТАЦИОНЕ РЕЗЕРВЕ

Експлоатационе резерве чини она количина минералне сировине која се добија откопавањем лежишта. Ове резерве се добијају када се од билансних резерви одбију губици, који се јављају при оконтурењу површинског копа и експлоатацији. Експлоатационе резерве у контури идејног решења копа, рачунају се једном од примењених метода, која је коришћена приликом прорачуна геолошких резерви, најчешће основном.

КОЛИЧИНА ЈАЛОВИНЕ, ПОТЕНЦИЈАЛНИХ РЕЗЕРВИ СИРОВИНЕ И КОЕФИЦИЈЕНТ ОТКРИВКЕ

Јаловина је сав остали материјал захваћен завршном контуром површинског копа, који није корисна минерална сировина. То могу бити јаловински прослојци у корисној минералној сировини или делови рудног тела у којима је минерална сировина због слабог квалитета или због учешћа штетних компоненти издвојена као јаловински материјал. То могу бити и губици корисне минералне сировине на контактима са откривком или јаловински материјал, који је захваћен контуром површинског копа из конструктивних разлога у циљу максималног захвата лежишта, односно проширења контуре површинског копа услед раседа, формирања рампи, транспортних путева и др.

Поред утврђених резерви минералних сировина постоје и потенцијалне резерве минералних сировина, које карактерише недовољна истраженост и услед чега нису категорисане [41].

Најважнији елемент који дефинише радове и опрему а тиме утиче на трошкове је коефицијент откривке, који представља количину откривке коју треба по јединици минералне сировине откопати и одложити.



Слика 1.1.7. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

ВРЕДНОСНИ ПОКАЗАТЕЉИ

Сагледавање економског значаја једног лежишта у првим фазама истраживања изражава се преко натуралних показатеља. Овакво приказивање има карактер опште и непотпуне оцене. Код истражених лежишта, где је степен истражености на нивоу структуре рудних резерви потребне за пројектовање и отварање лежишта, а поготово када се ради о лежиштима у експлоатацији, натурални показатељи нису довољни, јер се тражи далеко прецизније и комплетније сагледавање економске вредности лежишта. Зато се заједно са натуралним користе и вредносни показатељи. У овој фази оцена се може вршити на бази појединачних вредносних показатеља или се прорачунава један репрезентативан синтетички показатељ у коме су најзначајнији показатељи вредносног карактера.

ПРОИЗВОДНА ЦЕНА

Цена је један од најзначајнијих вредносних показатеља оцене лежишта и ретко се приказује самостално, већ најчешће у поређењу са трошковима производње.

РЕНТАБИЛНОСТ

Рентабилност, продуктивност и економичност су најважнији показатељи, односно основни принципи економских начела репродукције. Принцип рентабилности захтева да се оствари што већи доходак са што мањим улагањем, односно ангажовањем средстава за репродукцију и израчунава се по формули:

$$R_b = \frac{D}{S_a} \quad (10)$$

R_b — рентабилност (%)

D — доходак, планиран или остварен (РСД)

S_a — ангажована средства, основна и обртна (РСД)

Синтетички показатељи су сложени, јер у себи садрже низ појединачних вредносних показатеља. Најпознатији и најчешће употребљавани у техно – економској оцени су:

- вредност лежишта и резерви у њему, без узимања фактора времена у обзир;
- показатељи економске класификације рудних резерви;
- економска, вредносна оцена лежишта минералних сировина по различитим методологијама;
- цена једне тоне истражених резерви и др.

Вредност лежишта без узимања временског фактора у обзир

(статички приступ)

Вредност лежишта без узимања временског фактора у обзир своди се на исказивање условне вредности корисних компоненти које лежиште садржи, односно које би се експлоатацијом и прерадом могле добити. У суштини, као мерило економске вредности може се узети разлика између вредности корисних компоненти, које се могу искористити из лежишта и трошкова, који се могу поднети за њихово добијање. Најчешће коришћена формула за вредносну оцену лежишта је:

$$V = (V_i - T_i) \cdot R \quad (10)$$

V — условна вредност лежишта, новчана средства

V_i — вредност корисних компоненти које се могу добити из лежишта (РСД / t руде)

T_i — трошкови потребни за добијање корисних компоненти (РСД / t руде)

R — резерве минералне сировине – корисне компоненте (t)

Са вредностима цена производа и трошкова, варираним по годинама, условна вредност јединице резерви је:

$$V_j = \frac{V_u}{R_e} \quad (10)$$

V_j — условна вредност јединице резерви (РСД)

V_u — условна вредност рудног тела (лежишта) (РСД)

R_e — експлоатационе резерве (t)

Вредност лежишта са узимањем временског фактора у обзир

(динамички приступ)

Вредност лежишта са узимањем временског фактора у обзир може се изразити преко нето садашње вредности и / или интерне стопе рентабилности. Истраживање, експлоатација и примарна прерада минералних сировина одвија се у одређеном временском периоду и под дејством веома различитих утицаја, зависно од дужине тог периода. Реално је очекивати да ће у дужем периоду утицај различитих ризика (геолошких, рударских, економских и осталих) бити већи, па се ово мора имати у виду приликом утврђивања економске (вредносне) оцене лежишта и рудника, односно треба обухватити и утицај временског фактора. Све примењене методе по овом принципу, заснивају се на свођење будућих ефеката улагања на њихову садашњу вредност (вредност на дан оцене). Коефицијент, показатељ таквог свођења, дисконтовања је величина реципрочна сложенном интересу.

Прилази овом проблему у основи су везани за политичко – економски систем друштвеног уређења земље за коју се оцена обавља. До скора је у том погледу прављена оштра разлика између земаља различитог политичког уређења. Обзиром на актуелно стање политичких и друштвено – политичких прилика у свету, као и у нашој држави, као доминантни и најзначајнији фактор и вредносни показатељ који директно утиче на техно – економску оцену лежишта, јесте фактор рентабилности, односно могућност профита.

У савременим условима, рудници су предмет купопродаје, а лежишта минералних сировина су предмет концесија, односно куповине права на експлоатацију, па се њихова вредност одређује величином профита који се добија експлоатацијом у одређеном временском периоду.

Нето садашња вредност (НПВ)

НПВ је савременији начин оцене вредности лежишта минералних сировина који се често употребљава. Нето садашња вредност пројекта дефинисана је као разлика између прилива и одлива готовине. Сви годишњи токови готовине по унапред одређеној дисконтној стопи, дисконтују се на нулту тачку времена, почетак имплементације, по следећој формули:

$$NPV = (R_0 - C_0) + \frac{R_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{R_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_n - C_n}{(1+r)^n} \quad (10)$$

$R_0, R_1, \dots, R_n$ — приходи у одговарајућим годинама (РСД)

$C_0, C_1, \dots, C_n$ — трошкови (расходи) у одговарајућим годинама (РСД)

r — дисконтна стопа

Ако се у прорачун унесу укупне инвестиције (I) сведене по вредностима на почетак производње, време трајања пројекта $T = 0$, онда се не израчунава стопа повраћаја средстава. Стопа повраћаја средстава је дисконтна стопа (i) за коју се остварује услов:

$$NPV = PV - I = 0 \quad (10)$$

NPV — нето садашња вредност пројекта (PCД)

PV — укупна садашња вредност пројекта са узетим свим факторима (PCД)

I — укупне инвестиције у пројекат сведене по вредности на почетак трајања пројекта

Када се величина NPV подели са дисконтованом сумом капиталних улагања, добија се величина која се назива „однос садашње вредности“ (*present value ratio* или *PVR*) или индекс рентабилности према следећој формули:

$$PVR = \frac{NPV}{(1 + r)^n} \quad (10)$$

I — капитал уложен у реконструкцију рудника

r — дисконтна стопа

n — период експлоатације лежишта

Пројекат експлоатације дела лежишта је прихватљив ако је његова садашња вредност (NPV) већа од нуле.

Срачунате вредности показују позитиван финансијски ефекат у колико је $NPV > 0$ за период експлоатације и прераде и указују да ће будућа производња бити рентабилна, што је доказ да су прорачунате рудне резерве билансне.