

NÉMETH NORBERT, FÖLDESSY JÁNOS,

NYERSANYAGKUTATÁSI MÓDSZEREK

13



A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

XIII. ÁSVÁNYVAGYONBECSLÉS

1. MIRE VALÓ AZ ÁSVÁNYVAGYONBECSLÉS?

A **vagyonbecslés** az ásványnyersanyag-kutatás egyik legfontosabb eredménye. Egyúttal előfeltétele annak, hogy az előfordulásra ezt követően beruházási terv, pénzügyi elemzés, megvalósíthatósági tanulmány készülhessen. Minden, amit a korábbi fejezetekben felsoroltunk, az ásványvagyonbecslés sikeres elkészítése érdekében elvégzendő feladat, tevékenység, s ezek eredményei összegződnek a vagyon felmérésében.

A vagyonbecslésre azért van szükség, mert az ásványi nyersanyag mennyiségének és értékének függvényében valósulhat meg (vagy hiúsulhat meg) az ásványvagyon kitermelése, becsülhető meg a kitermelés természeti, mesterséges és társadalmi környezetre való hatása, és tervezhető meg a kitermelés révén realizálható gazdasági eredmény.


A becslés jóságához számos félnek fűződik komoly érdeke:

- a befektetőknek, akik a létrehozáshoz szükséges tőkét biztosítják,
- az üzemeltetőnek, aki a nyereséges üzemvitelben hosszútávon érdekelt,
- a közösségnek, amely a kitermelés révén járadékokhoz, adóbevételekhez jut,
- a társadalomnak, amely a kitermelés érdekében környezetének és életterének egy részét a termelés céljaira ideiglenesen átengedi.

A becslés olyan tárgy mennyiségére, értékére vonatkozik, amelyet csak hézagosan (a mintavételek alapján) ismerünk, s amelynek valódi értéke csak a kitermelést követően, esetleg évtizedek múlva állapítható meg. Azért, hogy a becslés mégis a realitások határai között maradjon, ismerjük hibáit, korlátait, és főként hogy a különböző készletekre vonatkozó becslések összehasonlíthatóak legyenek, az eljárásokat kódexekben, ajánlásokban szabályozzák. A legismertebb ilyen becslési kódex az ausztrál **JORC kód**, amelyet a világon ma általánosan elfogadnak a szilárd ásványi nyersanyagok becslésénél.



TOVÁBBI INFORMÁCIÓK

JORC kód (angol): <http://www.jorc.org/> 

2. A VAGYONBECSLÉS ALAPJAI

A földtani modell szerepe

A becslés olyan mértékig fogja megközelíteni a nyersanyagtestből ténylegesen kitermelhető haszonanyag mennyiségi és minőségi jellemzőit, amilyen mértékig a kutatáshoz létrehozott földtani modell közelítette meg az érctest természetben kialakult jellegét. A becslés eredményét tehát ez befolyásolja döntően, nem pedig az algoritmus, amelynek segítségével a becslést végezzük. Ezért a kódexek előírják, hogy a becslést hozzáértő személynek – azaz földtudományi szakembernek, elsősorban geológusnak és geofizikusnak – kell végeznie.

Az információ megbízhatósága, a becslés hibája

Becsülni sokféle adatkészletből lehet, de tudni kell, hogy a becslés hibáját igen jelentős mértékben az adatok száma, területi eloszlása, az előfordulás természetes változékonysága befolyásolja. Mivel ezek a paraméterek egy előforduláson belül, illetve egy előfordulás kutatási programján belül is változhatnak, gyakori, hogy egy nyersanyagelőfordulásra vonatkozó becslésünknek részenként eltérő hibahatárai lesznek.

Ismeretesség

Az ásványvagyon becsült mennyiség, s a becslésnek hibája van, azaz az érctest majdan igazolt ásványvagyonát egy hibaintervallumon belül becsli. A hiba mértékét sok tényező – döntően a kutatási információs háló részletessége (ismeretesség) befolyásolja.

Az ismeretesség összetett fogalom, amely részben a természeti tényezők (a nyersanyagtest alakjának, helyzetének, minőségének változékonysága), valamint a kutatási információk sűrűsége (pl. mintavételi sűrűség) befolyásol alapvetően. Az ismeretességet a becslések ritkán számszerűsítik, inkább tág határú kategóriákban fejezik ki. A kategóriák jelzik azt a hibahatárt (kockázatot), amelyen belül az adott ismeretességű ásványvagyonrészre a becslésünk várhatóan mozog majd.

Mivel az ásványi nyersanyagok anyaga, előfordulási helyzetük, méretük és a megismerésre fordított mintavételezések rendszere, az elemzések módszere igen sok változatban lehetséges, nem adható meg egyetlen követelményrendszer.

A gyakorlatban három ismeretességi kategóriát különböztet meg a globális szakmai közösség:

- igazolt (bizonyított, mért)
- felderített (felderített, becsült)
- feltételezett

Mértékegység	Nyersanyag	Magyarázat
%	Alapfémek, ipari ásványok	
ppm, mg/kg	Nemesfémek ércei	1 mg fémtartalom egy kg tömegű érceben
oz/tonne	Nemesfémek ércei	Uncia – 31,103 g – tonnánként
ct/tonne	Gyémánt	Karátban megadott gyémánt tartalom tonnánként
kJ/kg	Szén	Fűtőérték
APIo	Kőolaj	Sűrűség

13.1 táblázat: A JORC kódex szerinti ásványvagyon-osztályozás kategóriái

A két nagyobb pontosságú kategóriában megkülönböztetjük az ásványvagyon (gazdasági értékbecslés nélküli, földtani paraméterek alapján) és a gazdaságos vagy marginális ásványi nyersanyag-készletet (az ásványvagyon gazdaságosan, vagy közel gazdaságosan felhasználhatónak ítélt részét).

A korábbi hazai ásványvagyon-osztályozás hasonló, betűkódokkal jelzett csoportokba sorolta a becsült vagyonokat.



TOVÁBBI INFORMÁCIÓK

Vagyonbecslési útmutató: <http://www.cim.org/committees/estimation2003.pdf>

3. A NYILVÁNTARTOTT VAGYON KATEGÓRIÁI

Földtani vagyon

Az ásványvagyonbecslés a fentiek miatt jellemzően geológusi feladat. A becslés alapjaként szolgáló vágási határfeltételek – bár részben műszaki/gazdasági feltételektől is függenek, az aktuális piaci ingadozásoktól viszonylag mentesek.

A magyar gyakorlatban a további gazdasági, jogi és műszaki feltételekkel nem korlátozott becslés alapján kapott eredményt földtani ásványvagyonnak (készletnek) nevezzük. A földtani ásványvagyon az alapja a későbbi (gazdasági feltételektől függően időben változó) kitermelhető vagyon becslésének.

Kitermelhető vagyon – veszteség és hígulás

Kitermelhető vagyonnak tekinti a magyar gyakorlat a földtani vagyonból azt a hányadot, amely a termelés jogi és műszaki korlátozó feltételei figyelembevételére után marad. Jogi korlátozó feltétel például az előfordulás jogi határán képzendő határpillér. Műszaki korlátozó feltétel például a főszállító rendszerek, állandó bányatárségek körül

kialakítandó védőpillér. Hasonló műszaki korlátozó feltétel a termelési mód figyelembevétele, amelynek során a termelési létesítmények megkívánta minimális méretet el nem érő nyersanyagtestek, illetve test-részek nem kitermelhetőnek fognak minősülni. Mindezeket a csökkentő tételeket a vagyonbecslésben veszteségként tartjuk nyilván.

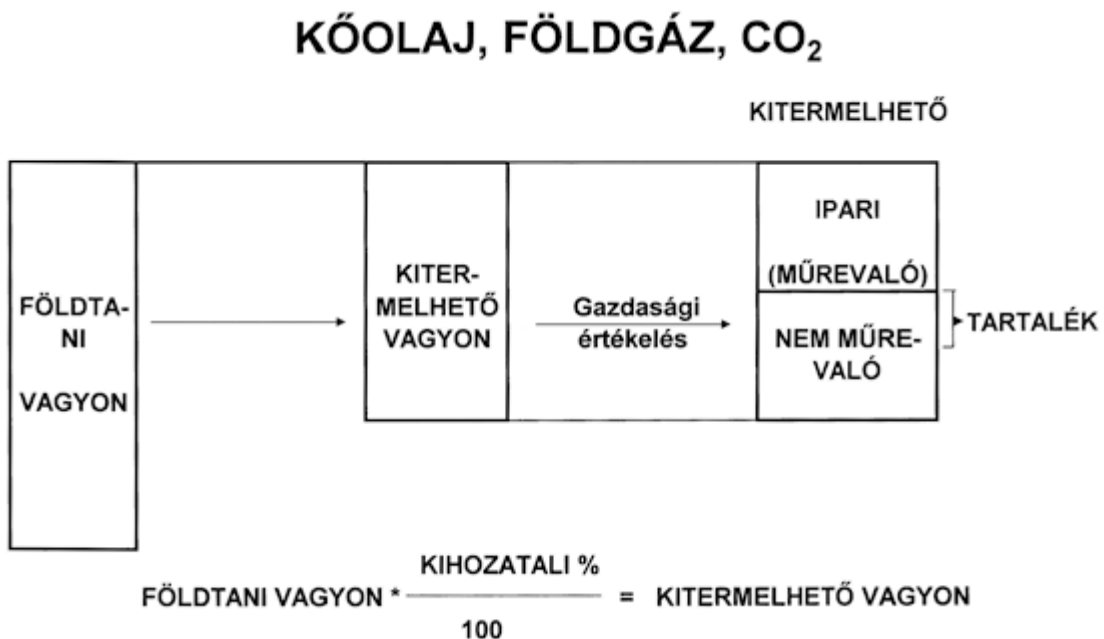
A kitermelhető vagyon tömege bizonyos esetekben növekedhet a földtani vagyon tömegéhez képest. Ennek oka ismét technológiai: a termelőberendezések gyakran nem teszik lehetővé a nyersanyagtest természetes határainak pontos követését, több telep összeefejtésére, illetve a telephatár átlépésére van technológiai okok miatt szükség. Ilyenkor nyersanyagok nem minősülő meddő kőzetanyag lép be a kitermelhető ásványvagyontömegébe, azt növeli, míg az átlagminőséget rontja.

Ipari vagyon

Ipari vagyonnak nevezi a magyar gyakorlat a gazdaságosan bányászható ásványvagyontömeget. Ennek feltételei, kondíciói időről időre változóak. Kihozatalnak nevezzük az ásványvagyontömeget, amely a végtermékbe hasznanyagként beépül. Az ásványvagyontömeget tartalmazó más (rendszerint kisebb) mennyiségű kőzetanyag "elvész" azaz a különféle melléktermékekbe, maradványanyagokba kerül. A feldolgozási technológia függvényeként a fő hasznanyag mellett a várhatóan kinyerhető melléktermékek sokszor nem minden, másutt használható komponens tartalmaznak. Így a kihozatali arányokat minden komponensre külön-külön kell értelmeznünk és becsülnünk.

A szokásos hazai előírások időszakos (évenkénti) átminősítést tesznek lehetővé.

A magyar ásványvagyontömeg osztályozás különböző kategóriáinak kapcsolatait mutatja be az alábbi ábra a szénhidrogének példáján.



13.1 ábra: A magyar gyakorlatban használt ásványvagyontömeg-fogalmak kapcsolata a szénhidrogének példáján

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK

A nyersanyagvagyontömeg kategóriái angolul:
http://en.wikipedia.org/wiki/Mineral_resource_classification

Magyar Bányászati és Földtani Hivatal vagyonfogalmai és nyilvántartásai:
<http://www.mbfh.hu/home/html/index.asp?msid=1&sid=0&hkl=72&lng=1>

4. AZ ÁSVÁNYVAGYONBECSLÉS MUTATÓI

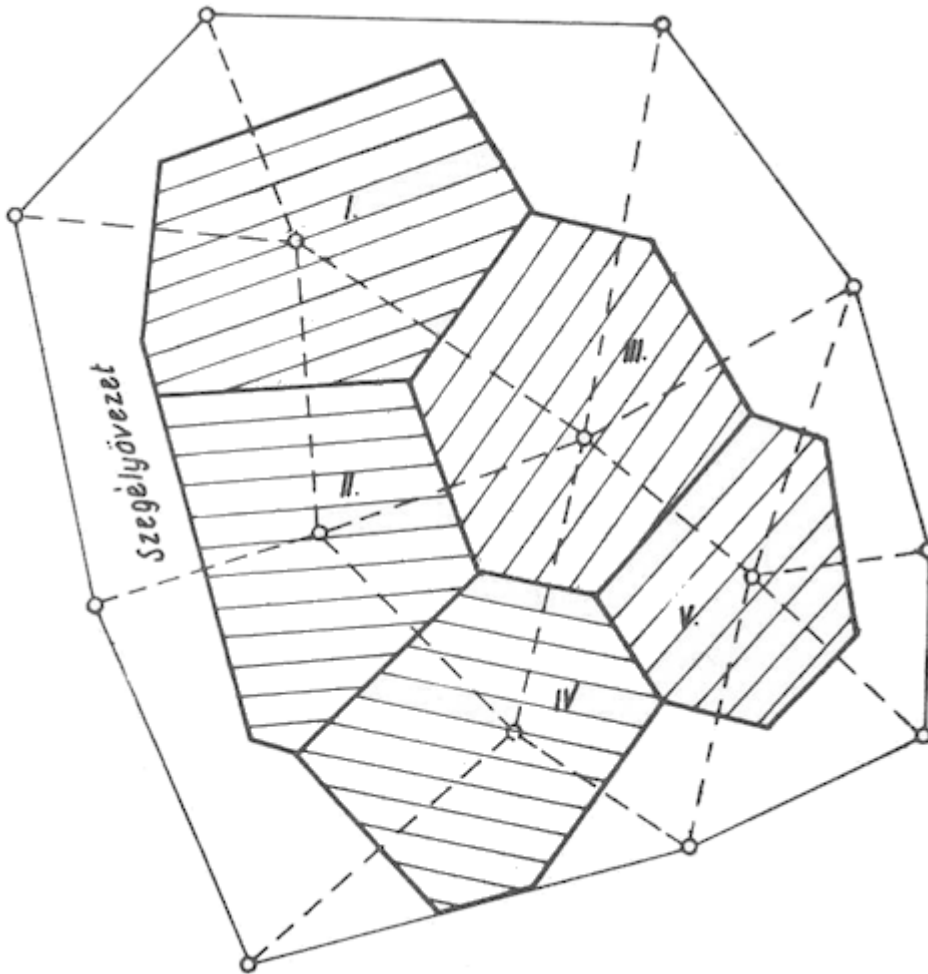
Térfogatbecslés

Az ásványvagyontömeg mennyiségének és értékének becsléséhez az összegyűjtött kutatási adatok felhasználásával és a

földtani modell ismeretében kerül sor. Az első fontos lépés a földtani modell alapján körvonalozott nyersanyagtest(ek) kiterjedésének, nagyságának, térfogatának becslése.

A becslés módszerei a szabálytalan alakú és körvonalú nyersanyagtest különféle geometriai eszközökkel történő közelítését alkalmazzák. A közelítési eljárások attól függnnek, hogy milyen geometriai elemekkel közelíthető meg a test a legpontosabban, illetve a legkisebb hibával.

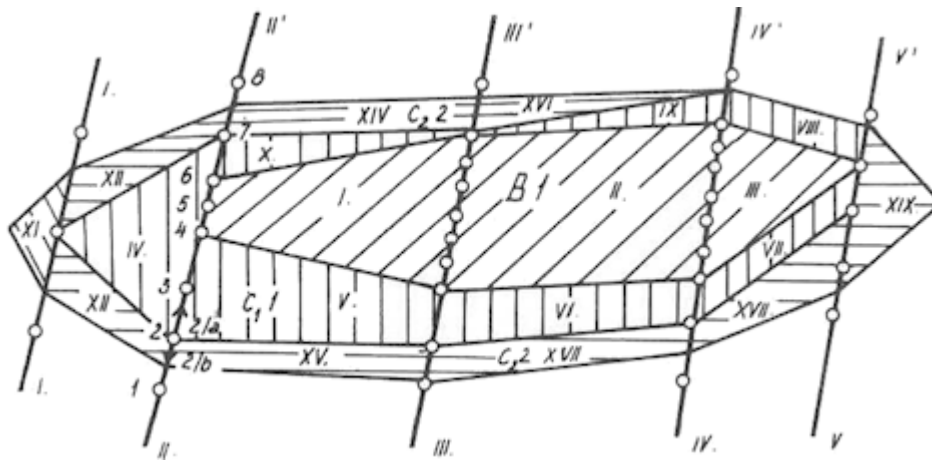
A zavartalan, közel vízszintes helyzetű üledékes kőzetsorozatban települt, közel azonos távközű hálózatban függőleges fúrásokkal megkutatott nyersanyagtestek egyszerű megközelítési módszere az ún. sokszögmódszer. Ennél a módszernél a fúrásszajak közötti távolságok felezőit összekötve képezünk a fúrás köré sokszög alakú hatásterületeket. A fúrásban kapott minőségi paramétereket, illetve ezek számított középértékét erre a hatásterületre vonatkozóan tekintjük érvényesnek.



13.2 ábra: A sokszögekre bontás módszerének alkalmazása egy közel vízszintes helyzetű nyersanyagtest (pl. homok-előfordulás) esetében

A vonalozott belső blokkok határoló sokszögeit úgy hozzuk létre, hogy a szomszédos fúrások közötti távolságfelező merőlegeseiket sokszöggé zárjuk be. Az I-V számú, pozitív nyersanyagtest-harántolást tartalmazó fúrólukakat meddő (nyersanyagtestet nem harántoló) fúrások szegélyezik.

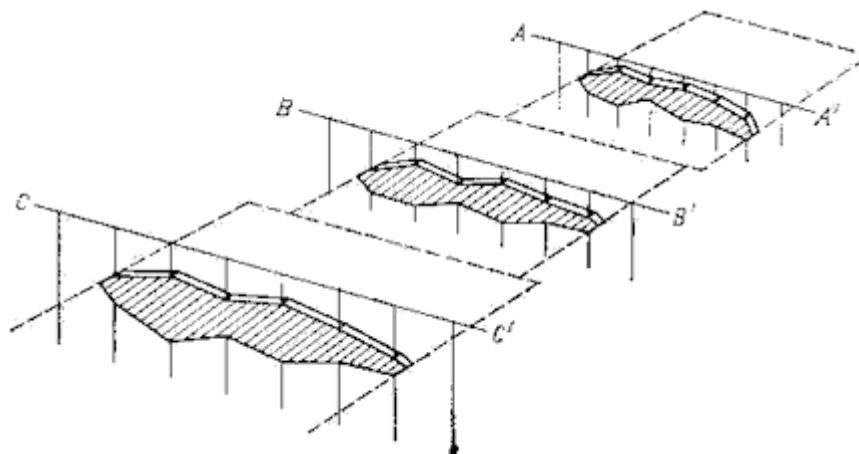
A vízszintes értelemben nagy vastagsági, minőségi változékonysági tulajdonságokat mutató, illetve jelentős (általában 15 foknál nagyobb) dőlésű nyersanyagtestek térfogatának becslésére alkalmas módszer az ún. szelvény módszer. Alkalmazásakor a körvonalozott nyersanyagtestet a településének legjobban megfelelő vízszintes, függőleges vagy ferde dőlésű, azonos vagy változó vastagságú szeletekre (szelvényekre) bontjuk fel. A szelvényekben kirajzolódó körvonalak alapján számított felületeket a szelet vastagságával szorozva kapjuk a szelvényekhez tartozó rész-térfogatokat, amelyeket a nyersanyagtest teljes terjedelmére vonatkozóan összegzünk.



13.3 ábra: Egy jelentősebb dőlésű nyersanyagtest térfogatának becslése függőleges, párhuzamos szelvényekre osztással

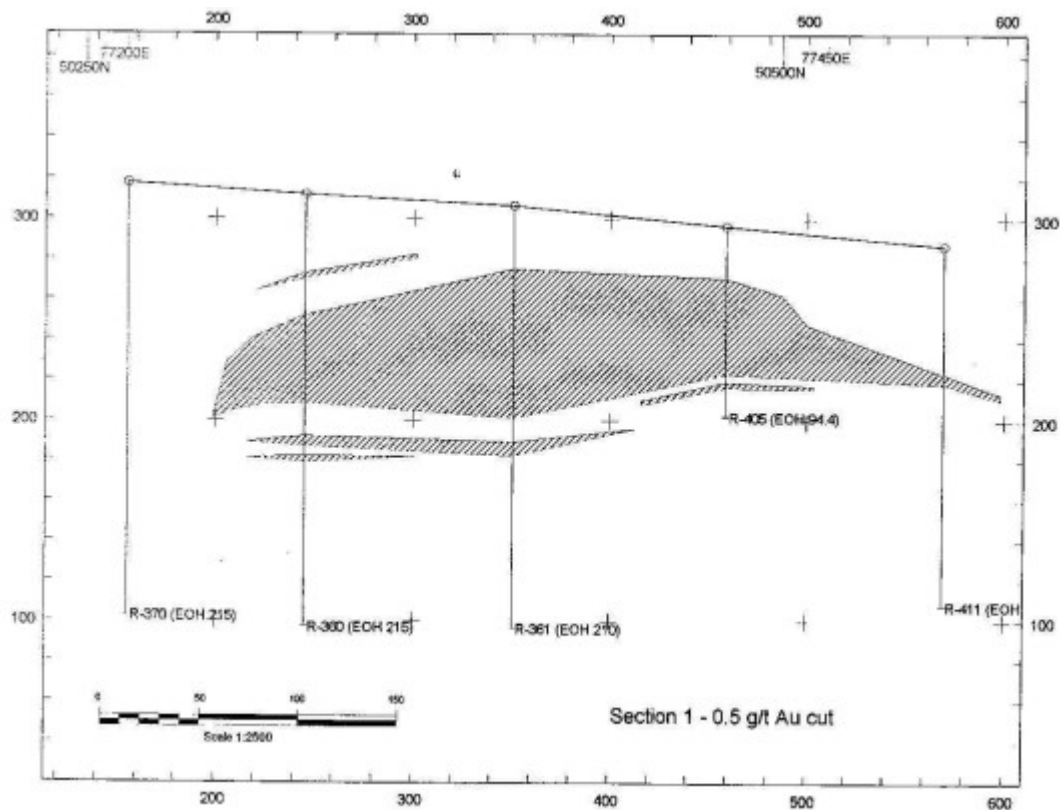
Az I-V számú függőleges szelvényekben az ismeretesség a szegélyek felé kisebb, így a részletesen ismert B kategóriájú központi zóna peremén C1 és C2 kategóriával jelzett kisebb ismeretességű blokkokat jelölt ki az értékelő geológus

A függőleges szelvények kiosztását perspektivikus rajzon a következő ábra mutatja be, egy másik ércelőfordulás példáján. Az A,B,C szelvények alkotta becslési blokkok szélességét az AB, BC távolságok felezői alapján jelölte ki az értékelő.



13.4 ábra: Függőleges metszetek hatásterületének kijelölése, az A, B, C szelvények esetében, az AB és BC távolságok felezőiben

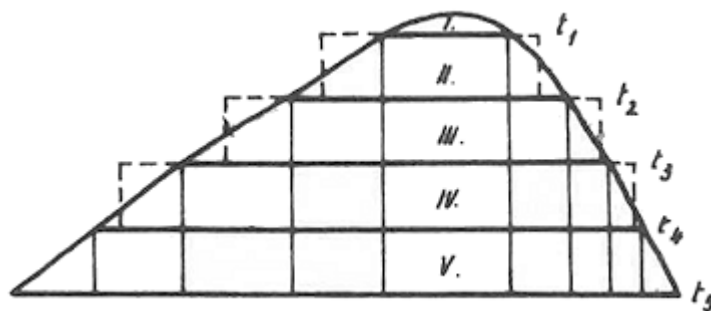
Hasonló elveket követnek a különféle térinformatikai célszoftverek a vagyonbecslések során. Szelvény módszerrel készült a recski Lahóca Cu-Au ércesedésének ásványvagyonbecslése:



13.5 ábra: a recski Lahóca Cu-Au ércelőfordulás egyik függőleges vagyontbecslési szelvénye

Látható, hogy a szabálytalanul változó vastagság, illetve a fekhathatárfelület erős ingadozása miatt a sokszögmódszerrel végzett térfogatbecslés esetén a becslési hiba jelentős lenne.

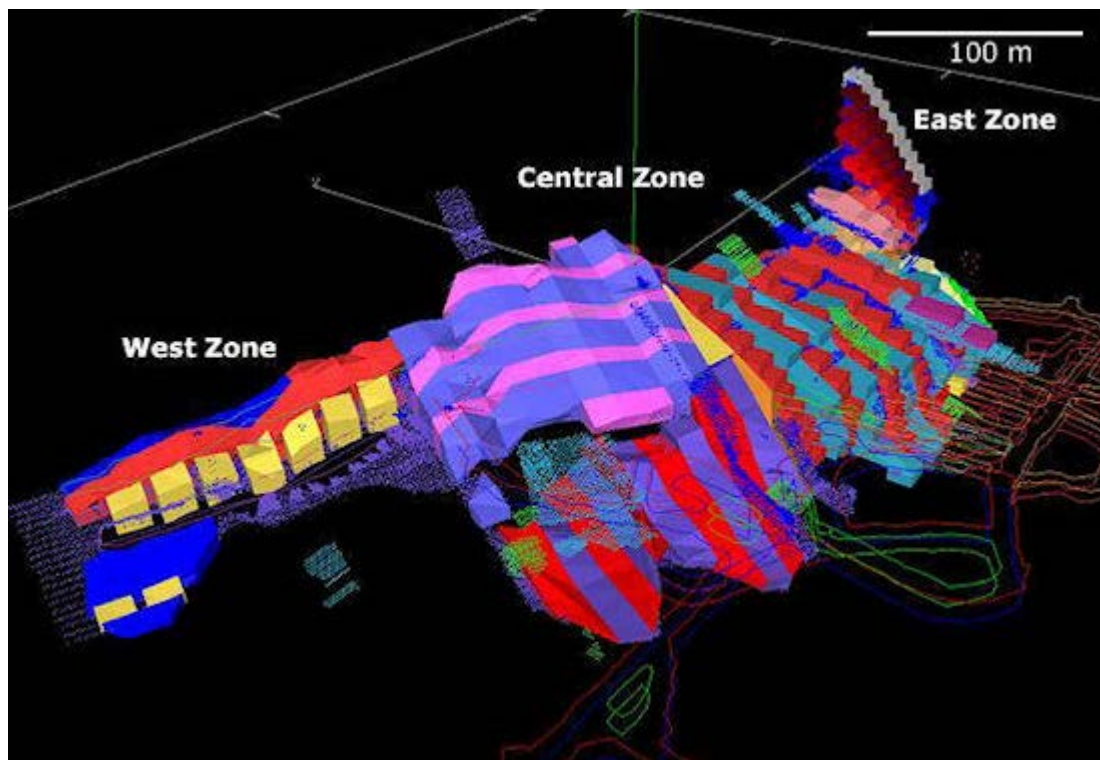
A metszetek alapján végzett térfogatbecslést vízszintes metszetek (szinttérképek) segítségével végezzük, ha a nyersanyagtest oszlopszerű, hossz tengelye közelít a függőlegeshez.



13.6 ábra: Egy közel függőleges hossz tengelyű nyersanyagtest térfogatának becslése a vízszintes metszetek módszerével

A szegélyeken a lehatárolást a $t_1 \dots t_5$ peremi blokkokban, az egymást fedő vízszintes metszetek eltérésének felezőtávolsága alapján jelölte ki az értékelő.

Megfelelő adatsűrűség megléte esetén a modern eljárások során a nyersanyagtest térfogatát és átlagminőségét blokkmodellek felhasználásával becsüljük. Ezekben a modellekben a nyersanyagtestet egy vagy több méretparaméterrel rendelkező térbeli becslési blokkal töltjük ki. A blokkok egy része mintavételi pontokra esik, a többi blokk szükséges paramétereit a mintavételi pontok alapján különböző inter- és extrapolálási eljárások alkalmazásával kapjuk (ilyenek pl. a lineáris interpoláció, a távolság négyzetének inverze, a regionalizált változók módszere – *kriging*, stb).



13.7 ábra: A svédországi Storliden aranyérc-előfordulás 3D blokkmodellje
 A különböző ismeretességi, kőzettani, ércminőségi és technológiai típust képviselő blokkok színezése eltérő. A modell Datamine célszoftverrel készült, a minőségi interpolációnál távolság négyzetének inverze súlyfüggvényt alkalmaztak. [1]

Átlagminőség és térfogatsúly

A térfogat meghatározása után a következő feladat a vagyon mennyiségi becsléséhez szükséges két további paramétercsoport, a térfogatsúly és az átlagminőség becslése. Mindkét paraméter csoport kritikus szerepet játszik a későbbi gazdasági értékbecslésben.

A **térfogatsúly** arra ad információt, hogy a nyersanyag egy térfogategysége a feltáratlan nyersanyagtestben milyen tömeggel veendő számba. Értékét több tényező együttesen befolyásolja: ásványos összetétel, porozitás, pórustéartalom stb. A térfogatsúly a fenti paraméterek változásától függően a nyersanyagtest körvonalain belül a kémiai koncentrációkhoz hasonlóan, de attól sokszor függetlenül változhat. Ugyanazon anyagnak (pl. dolomit) a térfogatsúlya a különböző feldolgozottsági állapotokban eltérő lehet. Pl. a dolomit porozitás nélküli térfogatsúlya (fajsúlya) $2,9 \text{ g/cm}^3$; darabosra törve ugyanezen anyag térfogatsúlya kb. $1,5 \text{ g/cm}^3$; porrá őrölve kb. $0,7 \text{ g/cm}^3$. A féltömeges, tömeges ércetesteknél a térfogatsúly $5-6 \text{ g/cm}^3$ értéket is elérhet.

Az **átlagminőség** a minták adataiból különböző középérték becslési módszerekkel történik. Mivel a minőségre kapott információk eltérő tömegrészekre vonatkoznak, nyilvánvaló, hogy az egyszerű számtani átlag nem képviseli a nyersanyagtest egészére vonatkozó középértéket. A nyersanyagtestet különböző méretű résztömegek építik fel, így az átlagminőséget a legtöbb esetben a tömeg szerint súlyozott minőségértékekből kapjuk. Az átlagminőség becslésénél külön figyelmet kell szentelni a kieső értékek figyelembevételére: A kieső értékek – akár az átlagtól lefelé, akár felfelé eltérő irányban jelentősen torzíthatják az átlagot, ugyanakkor előfordulásuk a legtöbbször véletlenszerű és kis valószínűségű. Az ilyen értékek figyelembevétele sokszor felső vágással, vagy csúszó átlagolású simításos eljárásokkal történik.



TOVÁBBI INFORMÁCIÓK

Tömegárak jellemző térfogatsűrűsége: http://www.simetric.co.uk/si_materials.htm

Haszonanyagtartalom

Az esetek nagy hányadában a becslés tervezett végterméke nem a nyersanyagtest ásványvagyona, hanem a kinyerhető **haszonanyagtartalom** várható mennyiségének közelítése.

A haszonanyagtartalom figyelembevételékor az átlagos fémkoncentráció és térfogatsúly értékek mellett egyéb

tulajdonságok is szerepet kapnak.

5. FELADATOK

FELADATOK - 13. LECKE



Többször megoldható feladat, **elvégzése kötelező**.
A feladat végső eredményének a mindenkori **legutolsó megoldás** számít.



Válassza ki a helyes megoldást!

1. Jelölje meg az alábbi rövidítések közül az ausztrál ásványvagyron minősítési szabályozást jelzőt!

ICP-M

JORC

C2

HQ



Párosítsa össze a becslés lehetséges hibáinak mértékét és az ásványvagyron ismeretességét!

2.

60% valószínűsített
30% feltételezett
10% igazolt



Állítsa egy előfordulás esetében az ásványvagyron becsült tömegének növekvő sorrendjébe!

3.

1 földtani
2 ipari
3 kitermelhető



Egészítse ki a mondatot!

4. A teljes kitermelt ásványi nyersanyagnak azt a százalékos arányát, amely a végtermékbe haszonanyagként beépül, _____-nak nevezzük.

SZÁMÍTÁSOS FELADAT - 13/1.



Többször megoldható feladat, **elvégzése kötelező**.
 A feladat végső eredményének a mindenkori **legutolsó megoldás** számít.



Egy érckutató fúrás intervallummintáiban a táblázatbeli fémtartalmakat mutatta ki az elemzés. Számítsd ki a fúrás által feltárt ércetest átlagos réztartalmát, ha a cut-off értéke 0,5%! Add meg azt is, hogy a teljes feltárt hossz hányadrésze számít ércnek!

Az értékeket százados pontossággal adja meg!

cut-off %	átlagos réztartalom	érces szakaszok hosszaránya
0.5		
1		
5		
10		
15		

SZÁMÍTÁSOS FELADAT - 13/2.



Többször megoldható feladat, **elvégzése kötelező**.
 A feladat végső eredményének a mindenkori **legutolsó megoldás** számít.



Egy érckutató fúrás intervallummintáiban a táblázatbeli fémtartalmakat mutatta ki az elemzés. Számítsd ki a fúrás által feltárt ércetest átlagos aranytartalmát, ha a cut-off értéke 0,01 ppm! Add meg azt is, hogy a teljes feltárt hossz hányadrésze számít ércnek!

Az értékeket százados pontossággal adja meg!

cut-off ppm	átlagos aranytartalom	érces szakaszok hosszaránya

0.01		
0.05		
0.1		
0.2		
0.3		

[1] Mine: Storliden, Sweden
Datamine software package
Grade interpolation : Inverse Power of Distance Squared (ID2)
<http://www.nanr.se/eng/reserves.shtml>