

Az aknák egymáshoz viszonyított helyzetéről

Dr. ZAMBÓ JÁNOS okl. bányamérnök, a műszaki tudományok doktora, Kossuth-díjas és Állami-díjas egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja (Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc)

Az aknák egymáshoz viszonyított helyzetének függvényében megadható a bányajüzem átlagos nyitvatartott folyosóhossza.

Az elvi összefüggések egy modell segítségével jól bemutatathatók és a gyakorlatba átültethetők. Megadhatók, illetve megszerkeszthetők azok az izovonalak, amelyekhez ugyanannyi nyitvatartott folyosóhossz tartozik, legyenek az aknák az izovonal bármely pontjában. Kimutatható, hogy ezekhez az izovonalakhoz nemcsak azonos mennyiségű átlagos folyosóhossz, de azonos tkm-ben kifejezett földalatti anyagmozgatási munka is tartozik.

Az aknamező ásványvagyonának kitermeléséhez szükséges két akna elhelyezhető egymás mellé vagy egymástól távolabb, ennek megfelelően iker vagy átlós aknatelepítésről beszélünk.

Ismeretes, hogy vannak olyan esetek, amikor az átlós telepítés biztonsági szempontból szükség-szerű. Ilyen eset például az, amikor egy erősen metános szénelőfordulásban táblás művelési rendszer tervezünk és a telep dőlése eléri már a 10° -ot. Ilyen, vagy hasonló kényszerítő körülményektől eltekintve, a választás lehetősége a kétféle telepítés között fennáll.

Alábbiakban a két telepítés összehasonlításával foglalkozunk elvi alapon. Ehhez szükségünk van egy matematikailag viszonylag könnyen kezelhető modellt. Legyen az aknamező derékszögű négy-szög, benne az előfordulás egyenletes. Ha lapos dőlésű előfordulásunk van és táblás művelési rendszerben dolgozunk, akkor megengedhetjük, hogy az aknamező tényleges térbeli kiterjedése egyezzen meg az alapvetületben mért kiterjedéssel, a kihajtott folyosók hossza egyezzen meg az alapvetületi hosszal. Ugyancsak az egyszerűség kedvéért az ikeraknáknál a két egymás melletti akna helyét nem választjuk külön, hanem a két aknát összekötő egyenes szakasz felezőpontját tekintjük az ikeraknák telepítési helyének.

A két telepítés összehasonlítását az átlagos folyosóhossz-különbség függvényében vizsgáljuk. Ez a különbség lehet egyszerű és súlyozott.

A) Az egyszerű átlagos folyosóhossz-különbség könnyen kifejezhető (1. ábra). A két lehetőség az alábbiak szerint rögzíthető: az iker telepítés helyét jelölje ki az S pont, az átlós telepítés esetében a szállítóakna helye legyen ugyancsak az S pont, a légakna helye az L pont. Az S ponthoz rendelt koordináták x, y ; az L pontéi pedig θ, η .

Az aknamező ásványvagyonának tömegközép-pontja (O) modellünk esetében egyben a súlypont is. Az utak A vagy B oldallal párhuzamosak, az oldalak pedig a tengelykeresztlettel párhuzamosak, azaz rektilineáris rendszerről van szó. Az egyszerűség kedvéért az iker telepítéshez tartozó oda- és visszavezető utak egybevágóak. Legyen az iker telepítés oda-vissza útja l_S , az átlós telepítés útja l_L .

Így az átlagos folyosóhossz különbség:

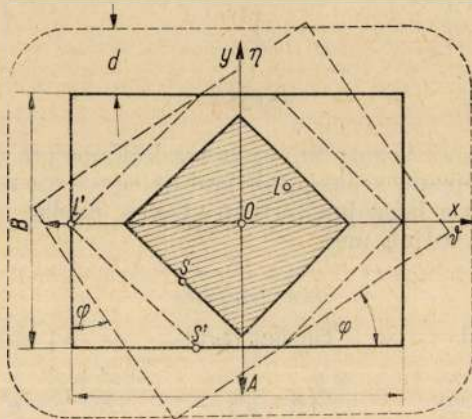
$$2\Delta l = l_L - l_S = |\theta| + |\eta| - |x| - |y|,$$

ha $l_S = c + \frac{|x|}{2} + \frac{|y|}{2}$ és $l_L = c + \frac{|\theta|}{2} + \frac{|\eta|}{2}$, ahol $c =$

$= \text{const.}$ azt a folyosóhosszat jelenti, amikor az aknák az O pontban vannak.

A Δl értékű pontok geometriai helye olyan négyzet, amelynek középpontja az O pont, átlói pedig párhuzamosak az utakkal. Ha az L pont az S ponton átmenő négyzeten belül esik, akkor Δl negatív, azaz $l_L < l_S$, ha kívül esik, akkor fordított a helyzet. Az egyszerű átlagos folyosóhossz akkor a legkisebb, ha iker telepítésről van szó és az aknák helyét az O pont jelöli ki.

Ha az előfordulás viszonylag mélyen fekszik és a fajlagos vagyon (t/m^2) nagy, akkor indokolt lehet az aknákat a produktív területen kívül elhelyezni, hogy a védőpillérek ne kössenek le kitermelhető ásványvagyon. Az aknák ilyenkor az A , illetve a B oldalról d távolságra eső párhuzamos egyenes szakaszokra esnek, amikor a d távolságot a szükséges védőpillér határozza meg. Ha a d értékét állandónak tekintjük, akkor ez a Δl értékét nem befolyásolja, más szóval az összehasonlítás helyes marad akkor is, ha az aknák helyét az oldalakra merőlegesen egészen az oldalakig toljuk el.



1. ábra

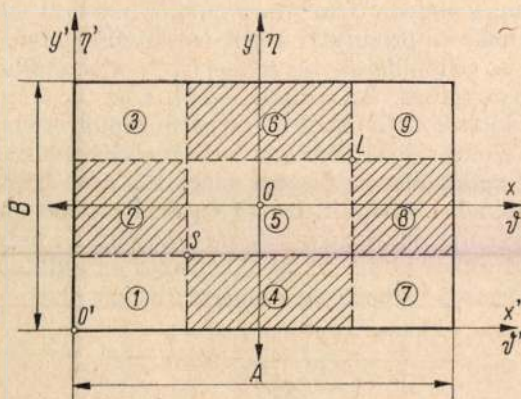
Az összehasonlításra a fent említett négyzet most is gyors feleletet ad. Így például azonnal látható, hogy egyenértékű a két telepítés, ha az iker telepítés helyét az S' pont, az átlós telepítés helyét pedig az L' és S' pontok határozzák meg. Ha az S' pont az y -tengely felé mozog, akkor a B oldalon már nem található oly L' pont, amely az egyenértékűséget biztosítaná. Amíg az S' pont az egyik oldalon mozog, a vele párhuzamos oldalon mindig két olyan L' pont is található, amely az egyenértékűséget biztosítja, sőt, ha az L' pont a két egyenértékű pont közé esik, akkor az átlós telepítés átlagos folyosóhossza kisebb. Értelemszerűen ezekhez hasonló más összefüggések is adódnak.

Ha az utak az oldalakkal tetszés szerinti φ szöveget zárnak be, akkor az 1. ábra alapján egyszerűen belátható, hogy a fentiek szerint értelmezett négyzet most is az egyenértékű pontok geometriai helye, hiszen most

$$l_S = c' + \left| \frac{x}{2} \right| + \left| \frac{y}{2} \right| \text{ és } l_L = c' + \left| \frac{\vartheta}{2} \right| + \left| \frac{\eta}{2} \right|.$$

Természetesen a négyzög átlói most csak az utakkal párhuzamosak.

B) A 2. ábra szerint legyenek az S pont koordinátái x' , y' , az L ponté pedig ϑ' , η' . Az S és az L pontokon átmenő, az oldalakkal párhuzamos egyenesek az aknamezőt 9 részmezőre bontják. A részmezőkhöz mind az iker-, mind az átlós telepítés esetében meghatározott folyosóhosszak, utak tartoznak. Képezzük most az átlagos folyosóhosszat súlyozottan, amikor a súlyt a részmezők ásványvagyonra jelenti. Esetünkben, a felvett modellben a területegység ásványvagyonra állandó, így a súlyt a részterületek jelentik.



2. ábra

Ha a súlyozott folyosóhossz-különbséget akarjuk kifejezni, szükségünk van az egyes részterületekre és a hozzájuk tartozó utakra. Ezeket táblázatosan adjuk meg.

Iker telepítés

Jel	Terület [t_S]	Út [l_S]
I (1)	$x'y'$	$x'+y'$
II (2+3)	$x'(B-y')$	$B+x'-y'$
III (4+7)	$y'(A-x')$	$A-x'+y'$
IV (5+6+8+9)	$(A-x')(B-y')$	$A+B-x'-y'$

Itt az utak és a területek csak x' és y' függvényei.

Átlós telepítés

Jel	Terület [t_L]	Út [l_L]
1	$x'y'$	$\vartheta'+\eta'$
2	$x'(\eta'-y')$	$\vartheta'+\eta'-y'$
3	$x'(B-\eta')$	$\vartheta'+B-y'$
4	$(\vartheta'-x')y'$	$\vartheta'+\eta'-x'$
5	$(\vartheta'-x')(\eta'-y')$	$\vartheta'+\eta'-x'-y'$
6	$(\vartheta'-x')(B-\eta')$	$\vartheta'+B-x'-y'$
7	$(A-\vartheta')y'$	$A+\eta'-x'$
8	$(A-\vartheta')(\eta'-y')$	$A+\eta'-x'-y'$
9	$(A-\vartheta')(B-\eta')$	$A+B-x'-y'$

Itt az utak és a területek már x' , y' valamint ϑ' , η' függvényei.

Képezzük a táblázatok segítségével a súlyozott folyosóhossz különbséget:

$$\Delta l = \frac{1}{AB} \left(\sum_1^9 t_L l_L - \sum_1^9 t_S l_S \right) = \frac{\vartheta'^2}{A} + \frac{\eta'^2}{B} - \frac{x'^2}{A} - \frac{y'^2}{B} - (\vartheta' + \eta') + (x' + y')$$

Központi helyzetben pedig:

$$\Delta l = \left(\frac{\vartheta'^2}{A} + \frac{\eta'^2}{B} \right) - \left(\frac{x'^2}{A} + \frac{y'^2}{B} \right)$$

A $\Delta l = 0$ értékű ekvivalens pontok ellipszis pontjai (3. ábra). Az ellipszis középpontja az O pont, a tengelyek aránya:

$$\frac{a}{b} = \sqrt{\frac{A}{B}}$$

a tengelyek az utakkal párhuzamosak.

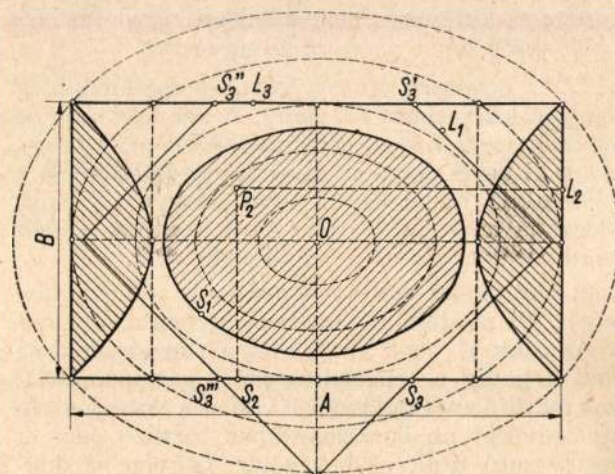
Legyen az ikertelepítés helye S_1 , az átlós telepítés szállítóaknájának helye S_1 , légaknájának a helye L_1 . Az S_1 pont koordinátái: x_1 , y_1 . Ha az S_1 ponton át szerkesztett ellipszis területén belül esik az L_1 pont, akkor az átlós telepítéshez tartozó súlyozott átlaghossz a kisebb és megfordítva. Ennek az ellipszisnek tengelyei:

$$a = \sqrt{\frac{Bx_1^2 + Ay_1^2}{B}} \text{ és } b = \sqrt{\frac{Bx_1^2 + Ay_1^2}{A}}$$

A súlyozott átlagos folyosóhossz akkor a legkisebb, ha ikertelepítésről van szó és az aknák helyét az O pont jelöli ki.

Az A) esethez hasonlóan foglaljanak helyet az aknák az oldalakon. Először a szomszédos oldalakat vegyük számításba. Az ikertelepítés helye legyen S_2 , az átlós telepítés szállítóaknájának helye S_2 , a légaknái L_2 . Ezek szerint $y'=0$ és $\vartheta'=A$, illetve

$$y = \frac{B}{2} \text{ és } \vartheta = \frac{A}{2}.$$



3. ábra

Behelyettesítés után tegyük Al -t zérussal egyenlővé, így:

$$\frac{x^2}{A(A-B)} - \frac{\eta^2}{B(A-B)} = 1$$

összefüggéshez jutunk, azaz hiperbolához, ha a mozgó pont koordinátái x és η . Ha a P mozgó pont, esetünkben P_2 , a hiperbola két szára által leválasztott területen (vonalkázott terület) kívül esik, akkor az ikertelepítés súlyozott átlagos folyosóhossza a kisebb és megfordítva.

Nézzük most azt az esetet, amikor az aknák a párhuzamos oldalon helyezkednek el. Az ikertelepítés helye legyen S_3 , az átlós telepítés szállítóaknájának helye legyen S_3 , a légaknáé L_3 . Ennek megfelelően:

$$y = \frac{B}{2} \quad \text{és} \quad \eta = -\frac{B}{2}$$

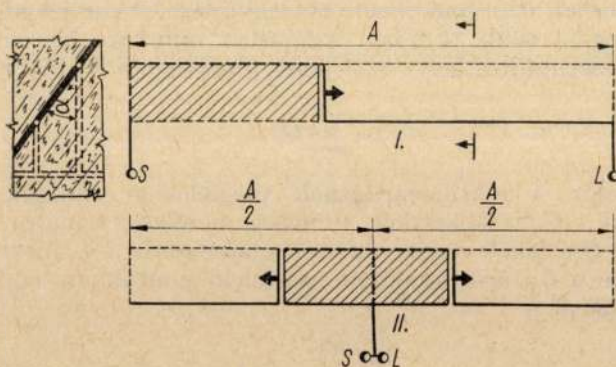
Behelyettesítés után legyen Al zérus:

$$\theta^2 - x^2 = (\theta + x)(\theta - x) = 0$$

Következik ebből: ha az L_3 pont annak a szakasznak ($S'_3 - S''_3$) pontja, amelyet az S_3 ponton átmenő és már ismert négyzet oldalai metszenek ki a párhuzamos oldalból, akkor az átlós telepítés súlyozott átlagos folyosóhossza a kisebb és megfordítva.

Ha a két telepítés ugyanarra az oldalra esik, akkor is az említett négyzettel kell értelem szerűen operálni.

Kísérjük figyelemmel az egyszerű és a súlyozott folyosóhossz alakulását egy sablon-előfordulás esetében (4. ábra). A telespes vagy teléres előfordulás csapásban hosszan elnyúlik, dőlése többé-kévesbé állandó (α), az ásványvagyont lefejtése szintműveléses rendszerben folyik úgy, hogy a fejtés mezőbe halad. Az I. alternatíva szerint a szállítóakna (S) és a légakna (L) az aknamező két szélén van, a telepítés tehát átlós. A II. alternatíva szerint ikertelepítésről van szó, amikor a főkeresztvágatokon átmenő függőleges sík az aknamező ásványvagyont két egyenlő részre osztja.



4. ábra

Mindkét esetben egy-egy új szintező kialakításához egy főkeresztvágat és egy A hosszúságú csapásmenti folyosó szükséges, azaz az egyszerű folyosóhossz tekintetében a két változat között nincs különbség. A súlyozott átlagos folyosóhossz az I. alternatíva esetében egyszerűen belátható módon: $l_I = A$. A II. alternatívánál két esetet kü-

lönbözthetünk meg: II. a. eset, amikor a lefejtés egyidőben mindkét szárnyon folyik; II. b. eset, amikor a lefejtés először az egyik szárnyon, majd annak lefejtése után a másik szárnyon folyik. A súlyozott átlagos folyosóhossz II. a. esetében:

$$l_{IIa} = \frac{2AQ_0}{2AQ_0} \left(\frac{A}{2} + \frac{A}{4} \right) = \frac{3A}{4}$$

A II. b. esetében pedig:

$$l_{IIb} = \frac{AQ_0}{2AQ_0} \left[\left(A + \frac{A}{4} \right) + \left(A + \frac{A}{4} \right) \right] = \frac{5A}{4}$$

ahol a Q_0 az egy m csapáshosszra eső ásványvagyont. Ezeknek megfelelően a súlyozott átlagos folyosóhossz-különbség

$$\Delta l_a = l_I - l_{IIa} = \frac{A}{4}, \quad \text{illetve} \quad \Delta l_b = l_I - l_{IIb} = -\frac{A}{4}$$

A II. a. esetben a szintező lefejtése fele ideig tart és ezen idő alatt az átlagos nyitvatartott folyosóhossz $\frac{A}{4}$ -el kisebb, mint az I. esetben. A Δl_b

szerint viszont a két lefejtési idő megegyezik, de a II. b. esetben az átlagos nyitvatartott folyosóhossz $\frac{A}{4}$ -el nagyobb, mint az I. esetben.

Látható tehát, hogy a súlyozott átlagos folyosóhossz-különbség az átlagos nyitvatartott folyosóhosszak közötti különbséget fejezi ki és ezért többet mond, mint az egyszerű folyosóhossz-különbség.

Azzal, hogy a 4. ábra szerinti két telepítési módot a súlyozott átlagos folyosóhossz-különbség vonatkozásában összehasonlítottuk, természetesen az összehasonlítás még nem teljes. Így például összehasonlítható a két telepítési mód az anyagmozgatási munka szempontjából is. A termelvényre vonatkoztatott anyagmozgatási munkatkm-ben kifejezve I. esetében:

$$M_I = \frac{A^2 Q_0}{2}$$

és II. esetében:

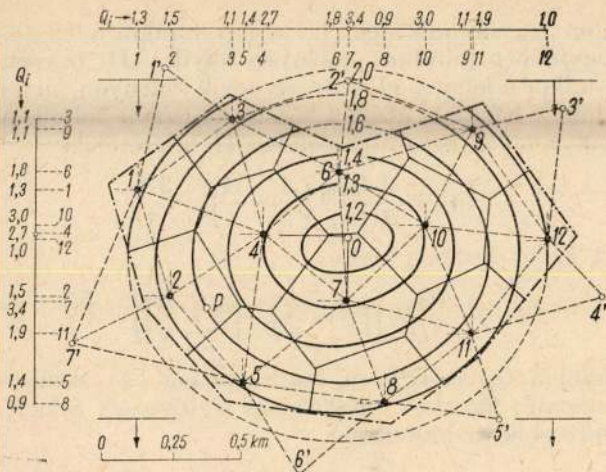
$$M_{II} = \frac{A^2 Q_0}{4}$$

azaz M_I kétszer annyi, mint M_{II} .

A 4. ábra szerint a csapás egyenesvonalú. Érvényesek a fenti megállapítások akkor is, ha a csapásvonal görbe, mint ahogy a valóságban mindig görbe.

A természetes előfordulások csak ritkán helyettesíthetők modellel. A tervezést is rendszerint akkor kell elvégezni, amikor még csak a kutatás eredményeivel számolhatunk, azaz amikor még csak a fúrólukak adatait ismerjük. Természetesen a fentiek szerinti vizsgálat a fúrólukak alapján is elvégezhető, bár ilyenkor a pontosság is csak az adott viszonyoknak megfelelően alakulhat.

Az 5. ábrán 12 db produktív és 7 db in produktív fúróluk helyét rögzítettük. Az előfordulás közel vízszintes, a dőlésszög csak néhány fokra tehető. Az ábrán az átlagos csapás- és dőlésirányt feltüntettük. A kis dőlés miatt táblás művelést terveztünk.



5. ábra

Az egyes fúrólukakhoz tartozó területeket a legközelebbi pont módszerével jelöltük ki. Így pl. a 7. fúrólukhoz a fúróluk helyét körülvevő hatszög tartozik. A produktív terület hatását a még műrevaló vastagság szabta meg.

A fúrólukhoz tartozó terület legyen: t_i , a fúrólukban talált műrevaló vastagság: m_i , a térfogatsúly: γ_i , a kitermelhetőségi együttható f_i . Ezek szerint az i -ik fúróluk által képviselt kitermelhető ásványvagyon:

$$Q_i = t_i m_i \gamma_i f_i$$

Ezt az ásványvagyont a fúróluk helyére képzeljük, mert feltételezzük, hogy a fúrólukhoz rendelt ásványvagyon tömegközéppontjának is ez a helye, illetve feltesszük, hogy az így elkövetett hiba gyakorlatilag megengedhető. Esetünkben az egyes fúrólukakhoz rendelt kitermelhető ásványvagyon rendre: 1,3; 1,5; 1,1; 2,7; 1,4; 1,8; 3,4; 0,9; 1,1; 3,0; 1,9; 1,0; millió t. A rektilineáris rendszer párhuzamos az átlagos csapás-, illetve dőlésiránnyal.

Szerkesszük meg az izovonalakat, vagyis azokat a geometriai helyeket, amelyekhez a súlyozott átlagos folyosóhossz-különbség zérus értéke tartozik. Fektessünk a területre a rektilineáris rendszerrel párhuzamos hálórendszert és minden csomópontra számítsuk ki a súlyozott átlagos folyosóhosszat ikertelepítést feltételezve. Az utak a kérdéses csomópont és a fúrólukak között értendők rektilineárisan, természetesen oda és vissza, a súlyt a fúrólukhoz rendelt kitermelhető ásványvagyon jelenti. Így a felvett háló minden csomópontjára egy súlyozott átlagos folyosóhossz számítható, amikor már az izovonalak megszerkesztése nem okoz gondot. Ábránkon az izovonalakon feltüntettük a hozzájuk tartozó súlyozott átlagos folyosóhosszat.

Válasszuk ki az 1,6 km-rel jelzett izovonalat és rajta egy P pontot. Ha az ikertelepítés helye a P pont, akkor az egyenértékű minden olyan ikertelepítéssel, amely ehhez az izovonalhoz kötött, de egyenértékű minden olyan átlós telepítéssel is, amelynél a szállítóakna és légakna helyét az izovonal jelöli ki. Egészen általánosan, ha a szállító és a légakna helye egy izovonalra esik, akkor ebben az elvileg végtelen sok esetben a súlyozott átlagos

folyosóhosszak között nincs különbség. Ha a légakna a szállítóaknán átmenő izovonalon belül esik, akkor az átlós telepítés súlyozott átlagos folyosóhossza kisebb, és megfordítva.

Minél inkább szabálytalan a produktív terület és a területegységre eső kitermelhető ásványvagyon, az izovonalak annál inkább elütnek az ellipszistől.

A számításokat a fúrólukak alapján hajtottuk végre. Ennek megfelelően az izovonalak sokszögvonalak lennének, amikor a sokszög csúcspontjai a fúrólukon átmenő, a rektilineáris rendszerrel párhuzamos egyenesek és az ábrán látható izovonalak közös pontjai, hiszen ezen pontok között az átlagos folyosóhossz változása lineáris. Így például a 2,0 km-es izovonalat a 12 fúrólukon átmenő egymásra merőleges egyenesek mind metszik, ezért a folyamatosnak ábrázolt izovonal egy $2(12 + 12) = 48$ oldalú sokszög burkoló görbéje. Hogy nem sokszögvonallal számolunk, annak egyszerűen az az oka, hogy a megfelelő ásványvagyont a könnyebb kezelhetőség kedvéért képzeljük csak a fúróluk helyére, valójában azonban szétterítetten jelentkezik, a szétterítésnek pedig a folyamatos görbe jobban megfelel.

Mivel a súlyozott átlagos folyosóhossz képzésénél a

$$\sum_1^n Q_i$$

értéke adott, konstans, azért az izovonalak nemcsak az átlagos nyitva tartott folyosóhossz izovonalai, hanem egyben az átlagos szállítási, általában mozgatási munka izovonalai is, hiszen ha a

$$\sum_1^n Q_i \text{-vel}$$

való osztástól eltekintünk, akkor tkm dimenziót kapunk. Így tehát az izovonalak középpontja, az O pont mind a mozgatás, mind pedig az átlagos nyitvatartott folyosóhossz szempontjából a legkedvezőbb telepítési hely.

Ismeretes, hogy a vonal mentén elhelyezett terhek (Q_i) vonalmenti összegyűjtése akkor jelent legkevesebb tkm-ben kifejezett munkát, ha az összegyűjtés helye az a pont, amelyben átlépjük a

$$\sum_1^n Q_i$$

felét. A rektilinearitásnak megfelelően vetítsük ki a Q -értékeket két egymásra merőleges vonalra, a Q -értékek rendre való összegzése során a 4., illetve a 7. fúrólukaknak megfelelő pontokban lépjük át a

$$\sum_1^{12} Q_i = \frac{211}{2}$$

értéket. Ezzel az O pont helye egyértelműen adott.

Az akna telepítési helyének végleges megválasztása természetesen még egyéb paraméterektől is függ, például a külszíni viszonyoktól, a védőpillérben lekötött ásványvagyon mennyiségétől, a gáz-, tűz- és vízveszélytől, stb. Ezek hatása azonban külön vizsgálatokat igényel.