

BÁNYAÜZEMEK TELEPÍTÉSÉNEK LEGFŐBB PARAMÉTEREI*

ZAMBÓ JÁNOS
LEV. TAG.

A bányászatról, ezen belül a bányaművelésről azt tartották, hogy csupán leíró tudomány. Ebben az állításban sok igazság van, de ez az igazság nem teljes. Igaz, hogy a bányaművelés gerincét a bányászati ismeretek rendszerezése alkotta, tartalmában pedig lényegileg technológiai folyamatok leírását adta, mégis van a bányaművelésnek olyan ága, — és itt elsősorban a bányaszellőztetésre gondolunk — amely már olyan értelmű alkalmazott tudomány, ahol a matematikai alapokon nyugvó áramlástanai analízis nem nélkülözhető. Hasonlóan kell vélekednünk a bányaművelésnek egy másik és még ma is újnak mondható ágáról, a kőzetmechanikáról is.

A legutóbbi időben a bányaművelés egy másik területén is alkalmazásra talál a matematikai analízis. A bányászati telepítések analitikai vizsgálata a Szovjetunióban több évtizedre tekinthet vissza. Ezt a munkát BOKIJ, a Leningrádi Bányászati Akadémia tanára kezdeményezte, később egyre többen foglalkoztak ilyen kérdésekkel. Kiemelkedik ezek közül SEVJAKOV munkássága. Lengyelországban KRUPINSZKI, Csehszlovákiában ŘÍMAN, Németországban BENTHAUS vezetésével folytak és folynak ma is beható vizsgálatok. Ezek leginkább numerikus vizsgálatok, az elméleti megoldások rendszerint csak egy-egy részletkérdésre szorítkoznak. A kérdéskomplexum átfogó elméleti és gyakorlati vizsgálatával magam is foglalkoztam több éven keresztül. Az eredményeket »Bányászati telepítések analitikája« c. könyvemben foglaltam össze.

A bányászati telepítések legfőbb paramétereinek kiválasztásában olyan összefüggések állapíthatók meg, amelyek segítségével a gazdasági optimum meghatározható. A legfőbb paraméterek alatt a bányászati üzem termelési kapacitását, az aknaüzem mezőjének kiterjedését, valamint az akna, illetve aknák telepítési helyét értjük.

A paraméterek akkor lesznek optimálisak, ha a velük összefüggő fajlagos költség (Ft/t) a legkisebb. Ha tehát sikerül a fajlagos költséget a paraméterek függvényében matematikai alakban felírni, a probléma megoldása már csak egyszerű feladat lesz.

* A Magyar Tudományos Akadémián 1961. december 4-én tartott székfoglaló előadás.

Vegyük elsőnek a termelési kapacitás kérdését. Két esetet különböztethetünk meg. Első esetben az aknamező határai adottak, így adott a kitermelhető ásványvagyon is (Q). A második esetben a mezőhatárok szabadon terjeszkedhetnek, szabadon határozhatók meg.

Az üzemi termelési költség két részre osztható. Az egyik rész a termelési kapacitással proporcionálisan változik, fajlagos értéke nem függvénye tehát a kapacitásnak. A másik rész állandónak tekinthető, fajlagos értéke tehát a kapacitás függvényében hiperbolikusan változik.

A termelési költségtől teljesen függetlenül kezeljük a beruházási költséget. Abból indulunk ki, hogy a beruházási költség a termelési kapacitással arányosan változik.

Jelentsé a továbbiakban q a termelési kapacitást t/nap-ban, k_1 az állandó jellegű költségek fajlagos értékét Ft/t-ban, k_2 pedig a beruházási költségek fajlagos értékét szintén Ft/t-ban. Legyen a napi állandó jellegű költség K_1 , a beruházási költség pedig fejezzük ki

$$K_2 = aq + b$$

egyenlettel, azaz egyelőre azt tételezzük fel, hogy a beruházási költség a kapacitás függvényében egyenes szerint változik.

Ilyen egyszerűsítő feltételek mellett az optimális kapacitás meghatározása is egyszerű. A

$$k = k_1 + k_2 = \frac{K_1}{q} + \frac{aq + b}{Q}$$

összefüggés ugyanis akkor ad minimális k -értéket, ha

$$q = \sqrt{\frac{QK_1}{a}}$$

Az a tulajdonképpen iránytangens-t jelent, kifejezi pedig azt a beruházási összeget, amely napi l t termelési kapacitás létrehozásához szükséges (Ft/t/nap).

A második esetben, amikor a mező méretei szabadon terjeszkedhetnek, összefüggéseinkbe be kell vezetni az átlagos csapásirányú (A), és az átlagos dőlésirányú kiterjedés (B) fogalmát. Ekkor természetesen ezek is változó mennyiségek. A kapacitással, valamint a mezőméretekkel összefüggő fajlagos költséget most is kifejezhetjük:

$$k = \frac{K_1}{q} + \frac{aq + b}{ABQ_0} + c_A A + c_B B.$$

A c_A és c_B tényezők dimenziója Ft/mt. Q_0 egy m^2 -ről kitermelhető ásványvagyon.

A főparaméterekkel összefüggő üzemi költségek általában a következők: a bányaszállítás, a személyközlekedés, a vízelelés, a szellőztetés, a fenntartás, az energiaveszteségek költségei. Ezeknek a költségeknek állandó jellegű részét K_1 fejezi ki, a másik, a paraméterektől függő részének fajlagos értéke c_A , illetve c_B . Úgy kell tehát e két fajlagos költséget meghatározni, hogy az l t-ra és egy m mozgásra, illetve mozgásra vonatkozzék.

Többváltozós függvényről lévén szó, írjuk fel k -nak q , A és B szerinti parciális differenciálhányadosát, és tegyük azokat nullával egyenlővé:

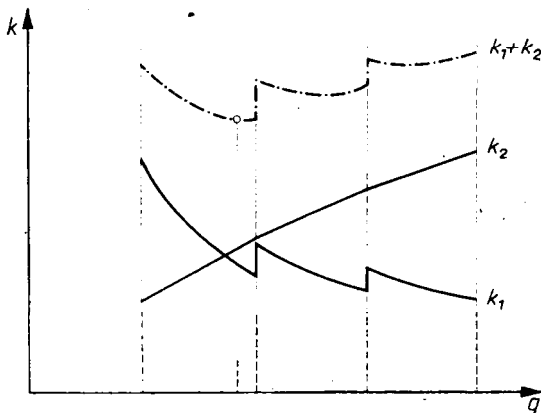
$$\frac{\partial k}{\partial q} = -\frac{K_1}{q^2} + \frac{a}{ABQ_0} = 0$$

$$\frac{\partial k}{\partial A} = -\frac{aq + b}{A^2 BQ_0} + c_A = 0$$

$$\frac{\partial k}{\partial B} = -\frac{aq + b}{AB^2 Q_0} + c_B = 0.$$

Ezek szerint tehát három egyenlethez jutottunk három ismeretlennel, három főparaméterrel.

Az elméleti összefüggések viszonylag egyszerűnek látszanak. A gyakorlati részletes vizsgálatok azonban több problémát hoznak felszínre. Ezek

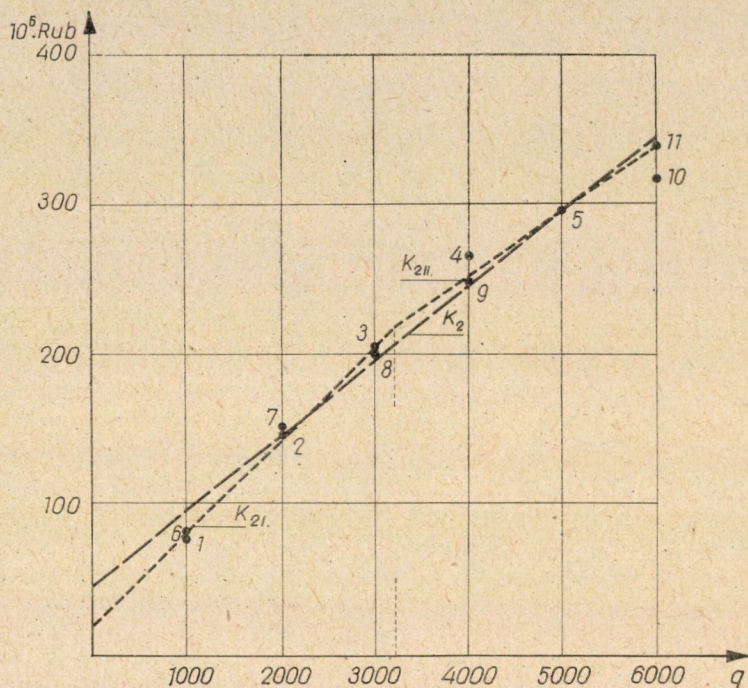


1. ábra

a következők. 1. Az állandó jellegű költségek csak bizonyos termelési kapacitáshatárokon belül foghatók fel állandónak. 2. a és b értékei is csak bizonyos termelési kapacitáshatárokon belül változatlanok. 3. A különböző időben jelentkező költségeket egyazon időpontra kell vonatkoztatni.

Az 1. ábra szerint szakaszonként változik tehát az állandó jellegű költségek hiperbolájának paramétere, valamint a beruházási költségek egyene-

sének iránytangense és az egyenes egyenletének tiszta tagja. Természetesen minden szakaszra vonatkozóan külön-külön kell a fentiek szerinti számításokat elvégezni. Reális csak az az eredmény, amelyik saját szakaszába esik és ezek között pedig az optimális, amelyikhez a legkisebb fajlagos érték tartozik.



2. ábra

A beruházási költségek egyenletét a már meglévő adatokra támaszkodva lehet meghatározni. Természetesen olyan egyenletet kell keresni és alkalmazni, amely geológiailag hasonló üzemek adataiból adódott.

DUDNYIK és ZVJAGIN közlései alapján összeállítottuk a *Donyec* medence beruházási adatait. Az adatok alapján kiegyenlítő egyenest, illetve kiegyenlítő egyeneseket határoztunk meg. A kiegyenlítő egyenes egyenletét azzal a feltétellel adtuk meg, hogy az egyenesektől való merőleges eltérések négyzetösszege a legkisebb legyen (2. ábra).

A részletes levezetést mellőzve megadjuk a kiegyenlítő egyenes két paraméterének egyenletét:

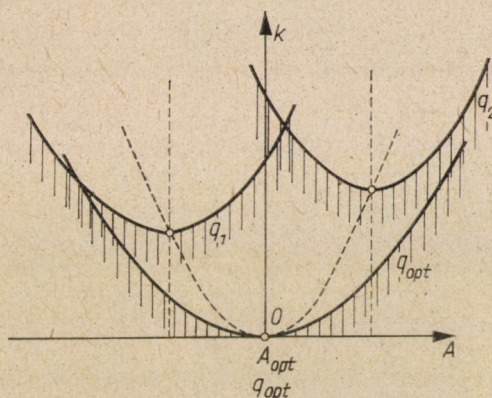
$$\operatorname{tg} 2\varphi = 2 \frac{\sum_1^n q \sum_1^n R - n \sum_1^n q R}{\sum_1^n q \sum_1^n q - n \sum_1^n q^2 - \sum_1^n R \sum_1^n R + n \sum_1^n R^2}$$

és

$$p = \frac{\cos \varphi \sum_1^n q + \sin \varphi \sum_1^n R}{n}$$

Az ábra alapján is megállapítható, hogy már a kétszakaszos egyenes is megbízhatóan fedi a pontsort. Az is megállapítható, hogy a két szakasz egyenesének iránytangense nem lényegesen tér el, a két irányszög közötti különbség mindössze kerekén 10° .

A beruházási költségek jelentős része a bányauzem megindulása előtt jelentkezik, másik része pedig az üzemidő alatt. A főparaméterekkel összefüggő üzemi jellegű költségek az üzemidő alatt többé-kevésbé egyenletesek. A költsé-



3. ábra

geket azonos időre a kamatos kamat-, illetve a járadékszámítás segítségével hozhatjuk.

Az elméletileg egyszerűnek látszó összefüggéseinket még egy másik körülmény is komplikálja. c_A és c_B tényezők bizonyos fokig függenek az A és B hosszaktól. Kettős függvényről, függvény függvényéről van tehát szó. Mivel a függvény függvénye matematikailag rendkívül bonyolult alakban fejezhető csak ki, gyakorlati megoldásként a fokozatos megközelítés elvét alkalmazhatjuk. A gyakorlat azt mutatja, hogy ezzel a módszerrel igen gyorsan célhoz lehet érni.

Ha az optimálistól a két főparaméter eltér, a velük összefüggő fajlagos termelési költség növekszik. Ez a növekedés matematikai alakban is kimutatható: a növekedés parabola szerint megy végbe (3. ábra). Az ábrán a O pont azt a helyzetet mutatja, amikor a termelési kapacitás is (q_{opt}) és a mezőméret is (A_{opt}) optimális.

1 Azok a költségek, amelyek a főparaméterekkel összefüggenek, a termelési költségnek a bányauzemi viszonyoktól függően a termelési költségnek 25-35%-át érik el. Mennél inkább különböznek a főparaméterek az optimálistól, annál inkább megnövekednek ezek a költségek.

A harmadik főparaméter az akna vagy aknapár helye. Az akna vagy aknapár akkor van optimális helyen, ha a hellyel összefüggő költségeknek minimuma van. Ha csak a földalatti költségeket vesszük számításba, az akna helyével most is a mozgás és a mozgatás költségei függenek össze.

Az akna optimális helyének kiválasztásában célszerű szétválasztani a táblás és szintműveléses rendszert.

Táblás művelési rendszerben legyen most is a csapásirányú kiterjedés jele A és a dőlésirányúé B . Az akna dőléspontján átmenő dőlésvonal az átlagos csapásirányú kiterjedést A_b és A_j részre osztja, az akna és a telep dőléspontján átmenő csapásvonal pedig az átlagos dőlésirányú kiterjedést B_s és B_e részre bontja. Írjuk fel a földalatti mozgás és mozgatás fajlagos költségét.

$$k = \frac{1}{2} \{c_{A_b} A_b + c_{A_j} A_j + c_{B_s} B_s + c_{B_e} B_e\},$$

ahol a c jelzi a mozgás és mozgatás fajlagos költségét (Ft/mt) B_s a siklós, B_e az ereszkés mező átlagos kiterjedési hosszát jelenti a telepben mérve. Tudva azt, hogy

$$A_b + A_j = A$$

és

$$B_s + B_e = B,$$

a k értéke akkor legkisebb, ha

$$A_b = \frac{c_{A_j}}{c_{A_b} + c_{A_j}} A = \omega_b A$$

és

$$A_j = \frac{c_{A_b}}{c_{A_b} + c_{A_j}} A = \omega_j A,$$

valamint

$$B_s = \frac{c_{B_e}}{c_{B_s} + c_{B_e}} B = \omega_s B$$

és

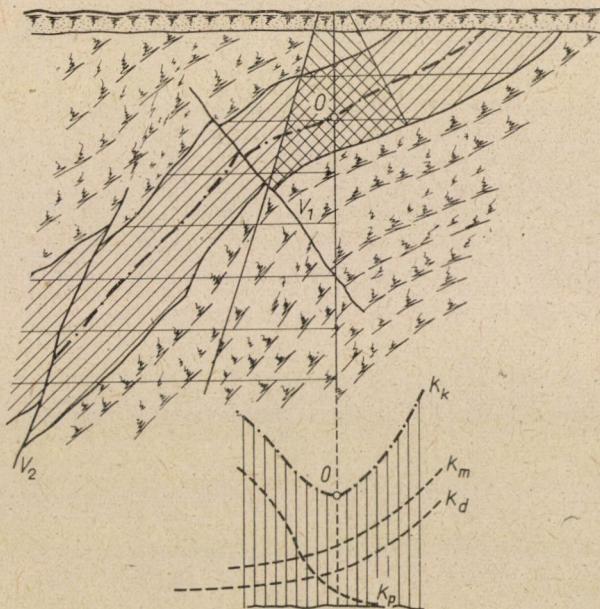
$$B_e = \frac{c_{B_s}}{c_{B_s} + c_{B_e}} B = \omega_e B.$$

Ezek az egyenletek egyértelműen jelölik ki az akna, illetve aknák optimális helyét.

Az akna helyével összefüggő költségek alakulását elliptikus paraboloid felület írja le. Ennek a felületnek legmélyebb pontja jelenti az akna optimális

helyét. Ettől eltérő helyzetben a költségek parabolikusan növekszenek. Az egyenlő költségek parabolikusan növekszenek. Az egyenlő költségek geometriai helye ellipszis.

Ezek az elméleti összefüggések csak a földalatti mozgás és mozgatás költségeit vették figyelembe. Természetesen figyelemmel kell lenni arra is, hogy az akna helyétől függően változik az akna mélysége, a védőpillérben



4. ábra

lekötött ásványvagyon, valamint a külszíni beruházási és mozgatási költségek is. Ezeket az utóbbiakat már legcélszerűbben alternatívák formájában vehetjük számításba. Az egyes alternatívák ilyen költségeit szuperponáljuk a megfelelő földalatti költségekre és így az összehasonlítás önmagától adódik.

Meredekebb telepek szintműveléses rendszerében a mozgás és mozgatás költségein kívül figyelemmel kell lennünk a főkeresztvágatok összhosszára is, továbbá itt már a védőpillérben lekötött ásványvagyonnak is lényegesebb szerepe van.

A viszonyokat a 4. ábra szemlélteti. k_p jelenti a védőpillérben lekötött ásványvagyon mennyiségéből eredő többletköltséget, k_d a főkeresztvágatok beruházási költsége, k_m a mozgás és a mozgatás költsége.

Szabályosnak tekinthető előfordulásokban — eltérően az előbbi esettől — a költségek most egy görbesereg szerint alakulnak. Ezeket a görbéket azok a síkok vágják ki az elliptikus paraboloid felületből, amelyek párhuzamosak

a k -tengellyel és keresztülmennek a szintmezőket elválasztó csapásvonalakon. Az egyenlő költségeket kifejező pontok most is ellipszisen fekszenek.

Az összefüggések élesen kidomborítják a védőpillérben lekötött ásványvagyon jelentőségét. Mennél gazdagabb és mennél meredekebb az előfordulás, az akna helye annál inkább eltolódik a fekü felé a védőpillérben lekötött ásványvagyon mennyiségének csökkentése céljából.

A három főparaméter meghatározása sok mellékproblémát vet fel. Ezekre részleteiben kitérni most nincs lehetőség.

A három főparaméter megállapítását aknamezők vonatkozásában vizsgáltuk. Ugyanezt megtehetjük az aknamezőn belül is az egyes mezők vonatkozásában. Analóg módon vizsgálható táblás művelés esetében a sikló- és ereszkemezők termelési kapacitása, kiterjedése, a siklók vagy ereszkék telepítési helye. Szintműveléses rendszerben egyik alapvető probléma a szintmagasság meghatározása, továbbá a keresztvágatmezők kiterjedése, a keresztvágatok helye.

A mezők, szintmezők, fejtési mezők optimális paramétereinek meghatározása sokban hasonlít a főparaméterek meghatározásához.

A szintosztás problémája már régi keletű. A korábbi vizsgálatok azonban csak numerikus összehasonlító vizsgálatok voltak. Miután sikerült nekünk az általános elvi összefüggések tisztázása és rögzítése, örömmel állapíthatjuk meg, hogy azóta például a „Glückauf”-ban, ebben a világviszonylatban is előkelő helyet elfoglaló bányászati szaklapban az általános elvekre támaszkodva több ilyen irányú cikk jelent meg. Ezzel egy időben megdőlt az a korábbi felfogás, hogy a szintmezők optimális magassága a műszakilag lehetséges legnagyobb szintmagasság, de nem állja meg a helyét az a régebbi felfogás sem, hogy a szintmagasság 40—50 m között van.

A fejtési mezők optimális telepítésének körülményeit analitikailag az irodalom még sehol sem tárgyalta. Az elvégzett vizsgálatok eredményeképpen több gyakorlati következtetés született a siklók, ereszkék telepítési helyét, továbbá a csapásmenti kiterjedést illetően. Megállapítottuk, hogy az optimálistól való eltérés függvényében a paraméterekkel összefüggő költségek parabolikusan növekszenek.

Világviszonylatban, és így nálunk is, a bányászatnak a gazdasági mérlegekben tekintélyes súlya van. A mi viszonylag kicsi országunkban a népgazdasági mérlegben egyedül a szénbányászat közel 10 milliárdot képvisel évenként. A főparaméterekkel a költségeknek kerekén 1/3-a függ össze, azaz kerekén évi 3 milliárd forint.

Ez a rövid gazdasági számítás is meggyőzhet bennünket arról, hogy ezekkel a problémákkal való foglalkozás nemcsak a bányászati tudományokat fejleszti, de komoly népgazdasági jelentősége is van. Helyénvaló tehát, hogy a korábbi szubjektív szemléletet, a tekintély elvén alapuló ítéletet az objektív szemlélet váltsa fel.

Az út, amelyen elindultunk, már eddig is komoly eredményeket hozott. Hazánkban már eddig is több telepítést előzött meg objektív műszaki-gazdasági-matematikai vizsgálat. Vonatkozik ez elsősorban a Pécs—Komló-i liasz szénterületre, ahol hazánk legkomolyabb telepítései vannak.

IRODALOM

1. SEVJAKOV, L. D.: Mélyművelésű bányauzemek tervezési alapelvei. Budapest, Nehézipari Könyvkiadó 1951. A Nehézipar Könyvei: 55. sz.
2. ШЕВЯКОВ Л. Л.: Основы теории проектирования угловых шахт. Изд. 2-е. Москва, Углетехиздат, 1958.
3. ŘÍMAN, ALOIS: Optimalne wielkosc kopalni wegla kamiennego i ich zwiazek z rentowoscia. Katowice, Przegląd Górniczy 1958. 11. sz. 597—607. pp.
4. KRUPINSKI, B.: Zasady projektowania kopalni. I. Katowice, 1957. Krakow, 1958
5. BENTHAUS, FR.: Das Berechnen der wietschaftlichsten Größe von Schachtbaufeldern. Glückauf, 1956. 8—38. pp.
6. DR. ZAMBÓ JÁNOS: Bányászati telepítések analitikája. Budapest, 1960. Műszaki Könyvkiadó

ÖSSZEFOGLALÁS

Legfőbb paraméterek alatt az aknaüzem termelési kapacitását, az aknamező csapás- és dőlésmenti kiterjedését, valamint az akna, illetve aknák telepítési helyét értjük. A szerző a legalapvetőbb összefüggéseket tisztázza abból kiindulva, hogy a paraméterek akkor optimálisak, ha a velük összefüggő fajlagos költség minimumot mutat. Felírja az alapvető függvényeket és azokat részletesen elemzi.

A főparaméterek nemcsak az egész bányauzemre, hanem azon belül egyes fejtési mezőkre is meghatározhatók hasonló módon.

Végezetül a szerző kidomborítja a kérdéskomplexum gazdasági jelentőségét.