

jobban szorongatta a területet. A Füzesabonyi Vízmű egy részét már ki kellett vonni az üzemből. Kutatásaink eredményeként még találtunk olyan területet, ahonnan tízezer m³/d körüli hozamot mintegy másfél évtizedig szennyezésmentesen lehetne kitermelni, de mint Sajóladnál láttuk, aktív védelem nélkül a fokozatos elszennyeződés vár a vízbázisra.

Érdekes feladat volt a Lázberci tározó dédestapolcsányi szelvényén levő házsor elvizesedésének megszüntetésére vonatkozó kutatásunk is, amiről külön számolunk be.

Végül nagy jelentőségű környezetvédelmi munkát végzünk évek óta a Paksi Atomerőmű prognosztikus

radioaktívanyag-temető kutatási feladatai sorában. A munka újszerűsége, sokrétűsége és népgazdasági fontossága egyaránt izgalmassá teszi a munkát, és nagy felelősséget ró ránk.

Csak egészen röviden tekintettük át az elmúlt húsz évben végzett olyan munkáinkat, amelyeknek valami köze van a környezetvédelemhez akkor is, ha közvetlenül nem e cél érdekében készültek. Úgy érzem, nyugodtan állhatunk a környezetvédők és általában a lakosság elé, mert lehetőségeinkhez mérten sokféle területen és hatékony módon segítettünk népgazdaságunknak, s ezen belül a környezetvédelem nagyon fontos ügyének.

Biztonságos robbantástechnológiák alkalmazása a mészkőbányákban lévő barlangok cseppkőképződményeinek védelmében*

DR. FÖLDESI JÁNOS**

Hazai kőbányáink robbantási tevékenységének hatása barlangokra és azok képződményeire

1. Bevezetés

Az ipari országokban az építőipari, kohászati és energetikai céllal működtetett külfejtések nagy részénél a kőzet megbontása robbantással történik. Ez a technológia a nagyszilárdságú kőzetek jövesztésénél a legfejlettebb országokban is uralkodó kőzetmegbontási módszer. Általános alkalmazása azzal magyarázható, hogy olcsó, is igen hatékony eljárás.

A robbantásos kőzetmegbontásnak is mint minden ipari tevékenységnek a gazdaságossága és hasznossága mellett vannak káros hatásai. Ezek a káros hatások jelentkezhetnek a robbantás közvetlen közelében és a robbantás helyétől távol. A robbantás helyétől távolabb a kárhatás szeizmikus, léglökési és kőzet-szórás formájában jelentkeznek.

A robbantás közvetlen közelében a kárhatás a természeti képződményekben lehetséges. Ismeretlen barlangok kerülhetnek elő egy-egy mészkőbányában, melyről az üzemeltetők nem tudnak. A bánya művelése során nem is számíthatnak a barlangokra, hiszen a legtöbb kőbányánk ásványvagyton kutatása során ezekről a képződményekről nincs információ. Sajnos az információszegénység nemcsak a természeti értékeket veszélyezteti az ilyen külfejtésekben, hanem a gépeket és embereket is. Az ismeretlen üregek részleges vagy teljes tönkremenetele nem minden esetben az üzemeltetők hozzáállásától függ.

Egy kőbányában a cseppkőbarlangok tervszerű védelme akkor valósítható meg, ha arról időben és térben megfelelő tudomást szerzünk.

Előadásomban azokat a legfontosabb alapelveket kívánom rögzíteni, amelyekkel biztosítható az, hogy a robbantások hatása a mészkőképződményeket ne károsítsa.

2. A robbantások károsító hatásáról

A kőzetek tönkremenetele, a barlangok beomlása a robbantási munkák során annak következménye, hogy a robbantás helyéről lökhullámok indulnak ki, amelyek nagy energiákat továbbítanak környezetünkben. A rugalmas hullámok terjedésének következtében a kőzetrészecskék kimozdulnak eredeti helyükről és bennük feszültségek keletkeznek. Ennek a feszültségnek az értéke a

$$\sigma = \rho c_1 \cdot v, \text{ Pa} \quad (1)$$

kifejezéssel számítható, ahol:

ρ — a kőzet sűrűsége, kg/m³;

c_1 — a rugalmas hullám terjedése a kőzetben, m/s;

v — a részecske elmozdulási sebesség, mm/s.

A kőzetek akkor törnek, ha az (1)-es kifejezéssel meghatározott feszültség eléri vagy meghaladja az illető kőzet törési feszültségét. Az (1)-es kifejezésből látható, hogy a ρ és c_1 az illető előfordulásra jellemző kőzetállandó, amelyeken nincs módunk változtatni. Ha azt akarjuk, hogy adott távolságban a robbantás által keltett feszültségek ne legyenek nagyok, akkor a részecske elmozdulási sebességét kell korlátozni. Ennek a sebességnek a csökkentésére a robbantási technológiák kialakításánál van lehetőségünk. A hazai ÁRBSZ rögzíti azt a megengedhető rezgési sebességet, amely mellett károsodással nem kell számolni. Barlangokra és képződményeire ez az érték 50 mm/s.

A rezgési sebesség és a felületegységre jutó energiák ismeretében a kőzetek tönkremenetelének jellegét az 1. táblázatban tüntettük fel.

Tönkremenetel jellege	Rezgési sebesség mm/s	Fajlagos energiasűrűség 7/m ²
Repedések nem keletkeznek	50	0,3
Az eredeti repedések továbbfejlődnek	50.....300	0,3.....1,0
Nagy repedések keletkeznek a földalatti üregek főtéjében és oldalában	100.....450	1,0.....3,0
Felszakadások jönnek létre	150.....500	1,0.....10,0
Nagy omlások következnek be	> 500	> 10

* Elhangzott az „NME környezet- és természetvédelmi kutatásainak bemutatása” c. anketon. 1986. május 6.

** okleveles bányamérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, egyetemi docens. MNE Bányaműveléstani Tanszék.

A rezgési sebességek várható értéke függ a robbantás környezetének geomechanikai jellemzőitől, az egyidejűleg (100 ms alatt felrobbantott töltet tömegétől, a robbantás és védendő objektum közötti távolságtól. A rezgési sebesség értékét a fenti jellemzők figyelembevételével a

$$V = KQn \sqrt{l} \text{ mm/s} \quad (2)$$

kifejezéssel határozhatjuk meg, ahol:

k — a robbantás körülményeitől függő ÁRBSZ-ben rögzített állandó;

Q — az egyidejűleg robbantott töltet tömege, kg;
l — a robbantás középpontja és a védendő objektum legközelebbi pontja közötti távolság, m
n és m — állandók.

Hazai előírásaink szerint termelő munkahelyeken, ahol egy évben ötnél többször robbantanak $k = 50$, az $n = 0,5$; $m = -1$, vagyis a

$$V = 50 \frac{\sqrt{Q}}{l}, \text{ mm/s} \quad (3)$$

kifejezéssel határozzák meg a rezgési sebesség várható értékét. Abban az esetben, ha a barlangok felületén mérhető rezgési sebesség kisebb mint 50 mm/s, akkor a barlangok károsodásával nem kell számolni.

4. A robbantástechnológiai paraméterek hatása a rezgési sebesség csökkentésére

A külfejtésben alkalmazott robbantástechnológiákkal a megbontandó kőzetet aprítjuk. A megbontott kőzet-halmaz meghatározott szemcseeloszlású. A feladat az, hogy a kőzet aprítása a lehető legjobb hatásfokú a káros hatások minimálisak legyenek.

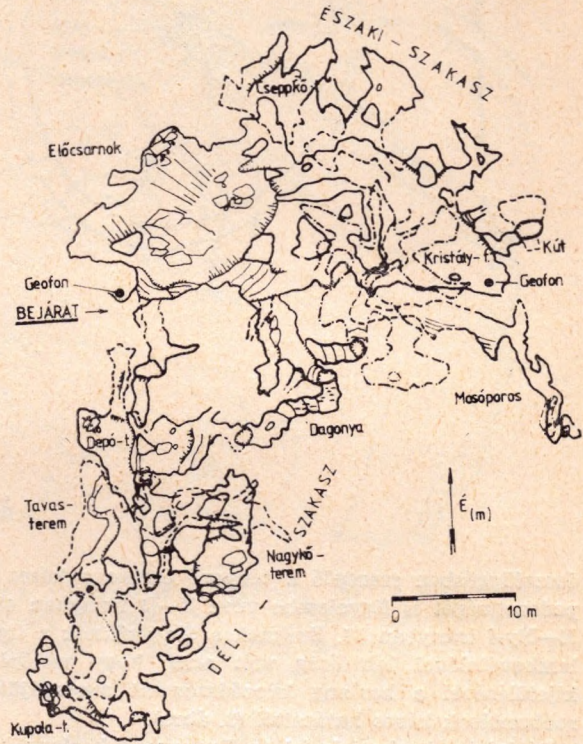
Ezeknek a káros hatásoknak a csökkentésére több megoldás kínálkozik. Ezeket a legfontosabb tényezőket a következőkben foglalhatjuk össze:

- adott robbantástechnológiáknál az egyidejűleg robbanó töltet tömegének minimálisnak kell lennie. A kis tömegű töltetek nagyfrekvenciájú és kis amplitudójú rezgéseket keltenek, amelyek nem károsak;
- a minimális töltetek nagy késleltetési fokozatszámot igényelnek;
- hazai körülményeink között azokban a mészkőbányákban, ahol cseppkő-képződmények vannak, a töltet átmérője 80...90 mm között változzon;
- a fejtési homlok magasságát lehetőleg 20 m-nél kisebbre kell választani;
- a kőzetbontás szempontjából kedvező közelségi tényező (robbantólyukak közötti távolság és az előtét aránya) 1-nél nagyobb legyen;
- a védendő létesítmények és képződmények lehetőleg a kivetés irányában helyezkedjenek el;
- a töltetek időzített indításához használt gyutacsok késleltetési ideje feleljen meg a robbantandó kőzet tulajdonságainak, ami annyit jelent, hogy nagy fokozatszámú milliszekundumos gyutacsokat kell használni a külfejtésekben;
- a robbantott frontszakasz lehetőleg 3 szabad felülettel rendelkezzen;

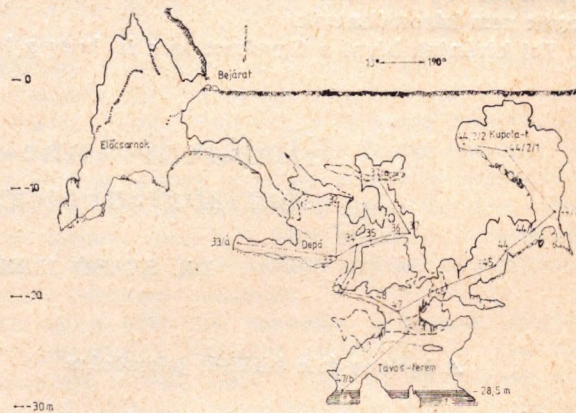
— az alkalmazott robbanóanyag kisbrizanciájú legyen.

A felsorolt elvek alapján tervezett kőbányászati robbantásokkal elkerülhető az, hogy előre ismert barlangok cseppkőképződményei ne károsodjanak a művelés során. Ennek a kijelentésnek az alátámasztására szabadon néhány példát említenem.

Közismert, hogy a Cement- és Mészművek területén, a beremendi kőbányában nemrég a bányászati műveletek hatására ismertté vált az ún. „Beremendi kristálybarlang”. A barlang formáját és a barlang D-i részének hosszszelvényét az 1. és 2. ábrákon szemléltetjük. Látható, hogy az előzőleg nem kellő alapossgal megkutatott barlang a robbantások hatására nem

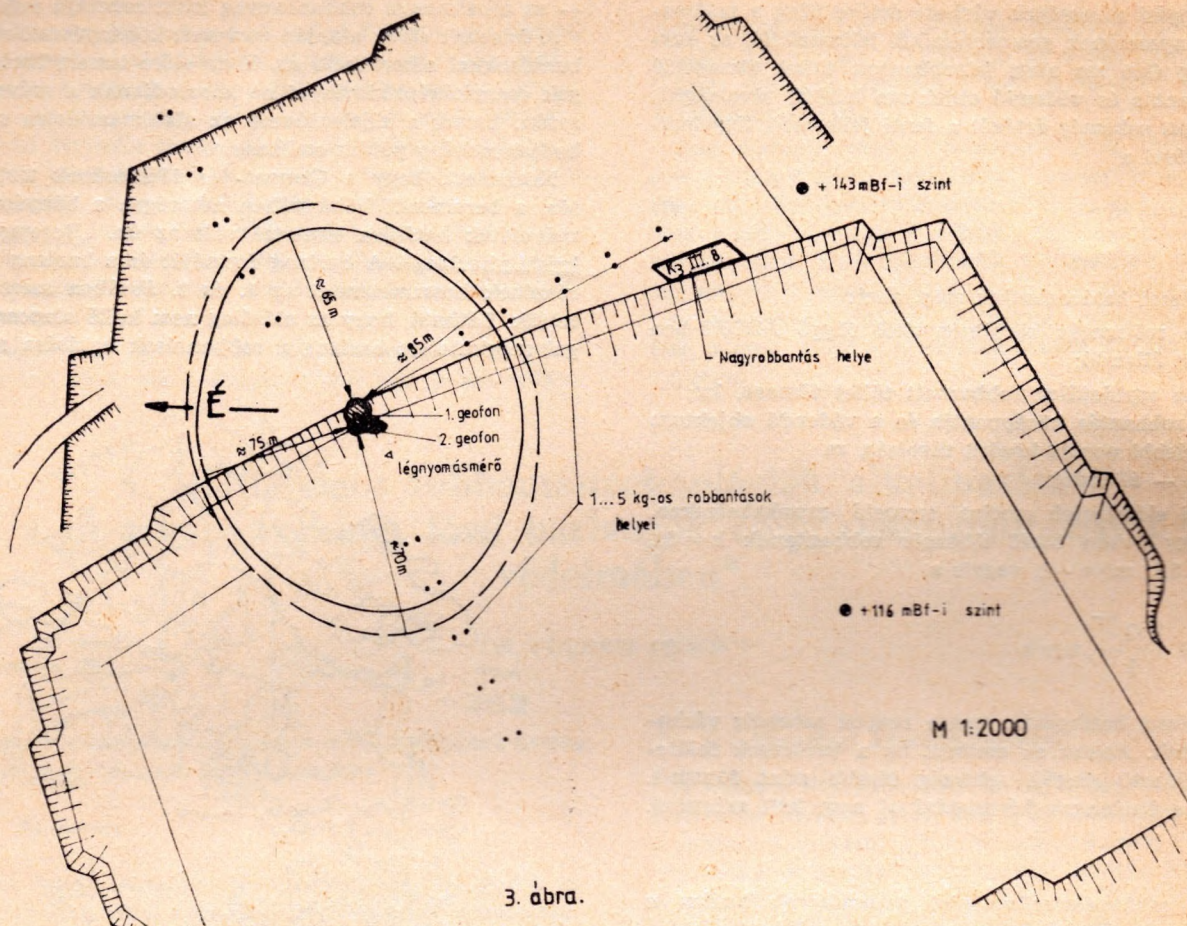


1. ábra



2. ábra

ment tönkre annak ellenére, hogy a robbantásos kőzetmegbontás a barlang közvetlen közelében több szinten nagy gyakorisággal történt. Ez azért is érdekes és figyelemre méltó, mert a képződmények között igen sok a porlódásra hajlamos aragonit. A barlang éppse azzal magyarázható, hogy a nagyfrekvenciájú, de kis amplitudójú szeizmikus hatások érték a képződményeket. Az elvégzett mérések szerint a szeizmikus



3. ábra.

összefüggésben szereplő k tényező értéke a kőzet repedettségét is figyelembe véve É—D irányban 48, a K—Ny-i irányban 57. Ezeknek a tényezőknek a figyelembevételével lehetőség volt arra, hogy védőpillér kijelölésével a barlang képződményeit megvédjük a robbantások káros hatásaitól (3. ábra).

Példaként hozhatjuk fel az Esztramosi barlang képződményeinek védelmére végzett vizsgálatokat és javaslatokat is, amelyeknek a betartásával a képződmények nem károsodhatnak.

Fel kívánjuk hívni a figyelmet arra is, hogy a Mis-

kolc-Tapolcán a barlangfürdő bővítésénél végzett föld alatti robbantások sem rontják a barlang állagát.

Összefoglalás:

A jelenlegi hazai robbantásos kőzetjövésztési ismeretek alapján lehetőség van arra, hogy megfelelően ismert természeti képződményeket megvédjünk a robbantások káros hatásaitól. Ehhez az szükséges, hogy a természetvédők és a termelő üzemek érdekeit egyeztetni tudják.

A lillafüredi Anna-mésztufabarlang bővítésének barlangtani-mérnökgeológiai vizsgálata*

DR. SZABÓ IMRE***—DR. LÉNÁRT LÁSZLÓ**

A barlang és a kiállítás jelentősége

Az Anna-mésztufabarlang ma Magyarország egyetlen, a nagyközönség számára is hozzáférhető, kiépített mésztufabarlangja. (Hozzánk legközelebb Franciaországban van hasonló kőzetben kiépített barlang.)

A barlang kiemelten védett természeti érték. Ki-

sebb-nagyobb (tárókkal összekötött) üregei főtéjéből megkövesült mohafonatok, ágak, gyökerek csüngenek le. (Csipkefinom, ágas-bogas mesevilág!) Találunk itt gömbded formájú, több dm átmérőjű, porózus, gömbhéjas elválású, laza tufaképződményeket, hatalmas kikorhadt fatörzsek befoglaló formáit, szép fű-, falevél-, sáslenyomatokat, kőbe dermedt kagyló és csigaházakat, valamint a karsztbarlangokra jellemző másodlagos borsókószzerű cseppkőképződményeket, cseppkőlefolysásokat, kristálydruzákat.

A barlangot az utóbbi harminc évben mintegy egymillió fizető látogató tekintette meg, s ez a magyar

* Elhangzott a „NME környezet- és természetvédelmi kutatásainak bemutatást” c. anketon, 1986. május 6.
** egyetemi adjunktus, NME Földtan-Teleptani Tanszék.
*** egyetemi adjunktus, NME Földtan-Teleptani Tanszék