

Hasonló indítékú döntés született – elsősorban a budapesti források védelmében – a mányi és nagyegyházi vízveszélyes szénbányák leállításáról is. Mindezek eredményeképpen a karsztvíz-rendszerből az 1987. évi maximális 362 Mm<sup>3</sup>-es bányászati vízemelés 1991-re 93 Mm<sup>3</sup>-re csökkent és megkezdődött a karsztvíz-rendszer regenerációja. Ezt követően az iparági karsztvíz-földtani kutatások intenzitása visszaesett, 1995-ben megszűnt a BKV, jogutóda a Geoprospect Kft. 1996-ban az ALUTERV-FKI és már csak a Bakonyi Bauxitbánya Kft. foglalkozott a témával. Az elmúlt 50 év kutatásaiban résztvevő intézmények és szakemberek a bányászati vízemelések megszüntetését követően a vízvizszoztódás adatait is felhasználva egyre pontosabban tudják meghatározni a karsztvíz-rendszer működési folyamatait, ezen belül a Hévízi-tóforrás hozamcsökkenésének összetevőit.

**Összefoglalva:** az iparági vízföldtani kutatások eredményeire épülő bányavíz-védelmi módszerekkel Nyirádon mintegy 19 Mt, Kincsesbányán 21 Mt jó minő-

ségű bauxit kitermelésére nyílt mód, ami az alumíniumiparnak, az országnak jelentős gazdasági hasznot hozott. Végül ezek a kutatások is elősegítették, hogy felismerve a környezeti károsodások várható mértékét az ország lemondjon a vízveszélyes bauxit-és szénbányászat folytatásáról.

**Végezetül** soroljuk azon szakemberek nevét, akik a legtöbbet tették a bauxit-bányászat és a környezetvédelem érdekében végzett vízföldtani kutatások terén. Az iparági szakemberek közül: Balkay Bálint, Böcker Tivadar, Farkas Sándorné, Hegedűsné Koncz Margit, Kis István, Nyerges Lajos, Nyíró Miklós, Oláh Ibolya, Pohl Károly, Sebestyén István és természetesen a szerzők (szerk.). A külső szakértők közül pedig elsősorban, Jocháné Edelenyi Emőke, Kesserű Zsolt, Kessler Hubert, Léczfalvy Sándor, Liebe Pál, Lorberer Árpád, Müller Pál, Sárváry István, Schmieder Antal, Szilágyi Gábor és Willems Tibor munkássága kötődött az iparági kutatásokhoz is.

## PARADIGMÁK A BAUXITKUTATÓ GEOFIZIKÁBAN A Geofizikai Intézet szerepe a bauxitkutatásban

Fancsik Tamás, Kakas Kristóf

### BEVEZETÉS

A magyarországi bauxitkutatás láthatólag és sajnos lezárásra kerülő története olyan könyv, amelynek fejezeteit (a történeti hűség és a távolságtartás igényével) most kísérjük meg fölvezetni. E könyv egyik fejezete a felszíni geofizikai kutatómódszerek bauxitkutatásra való alkalmazásának története. Mivel az elmúlt fél évszázadban az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet sokat tett a magyar bauxittelepek kutatásáért (és e munkájához sok támogatást kapott a magyar alumíniumipartól), ezt a történeti áttekintést két nézőpontból fogjuk elvégezni. Egyrészt: mi volt a szerepe az Intézetnek a bauxitkutatásban, és hogyan hatott az ország egyik vezető népgazdasági ága az Intézet életére (divatosan szólva: milyen volt a MAT/BKV és az ELGI szinergiája)? Másrészt utólag visszatekintve: milyen szakmai elvek (paradigmák) irányították a felszíni geofizikai módszerek (sikeres) alkalmazását a bauxittelepek kutatásában?

Áttekintésünk kényszerűen vázlatos. Nem térhetünk ki az alkalmazott módszerek ismertetésére; óhatatlanul hiányos lesz érdekes munkatársaink felsorolása; nem tárgyaljuk a bauxitgeofizika egy fontos fejezetét: a bauxitdetektálás és bauxitminősítés mélyfúrású műveleteit (reméljük, ez a hiány Nyerges Lajos tollából rövidesen pótlásra kerül). Rezessy Géza pedig külön cikkben is-

merteti a geressei bauxitkutatások geofizikai vonatkozásait. Számos más részlet is külön közleményt vagy bővebb kifejtést érdemelne.

### AZ INTÉZET HELYE AZ ALUMÍNÍUMIPAR RENDSZERÉBEN

Az elmúlt közel ötven év során a magyar alumíniumipar és az ELGI között kölcsönös előnyökkel járó, szoros kapcsolat jött létre. Olyan kutatás- és üzletpolitikai alapelvek (fokozatos és nemegyszer ellenkezéssel fogadott) felismerése tette ezt lehetővé, amelyeket azóta is helyesnek tartunk, bár bauxitgeofizikai profilunk a múlté lett a gazdaságirányítás tervutasításos rendszerével együtt.

#### **A. Az állami irányítás felismerései/elvárásai a következők voltak:**

1. Mivel alapvető gazdaságpolitikai igény lett a bauxittermelés növelése, ezért a készletek biztosítása céljából rendszeres és folyamatos bauxitkutatásra van szükség, beleértve a korszerű geofizikai módszerek alkalmazását is.
2. A KFH vállalta a távlati bauxitkutatás egy részének irányítását, és ezt, mint állami alapfeladatot, a ku-

tatóintézetek költségvetésből finanszírozott feladataitól rendelte.

3. A bauxitipar lemondott arról, hogy saját (felszíni) geofizikai profilt hozzon létre, és elfogadta, hogy helyesebb a geofizikai térképezést az ELGI-re bízni.
4. Az ELGI felismerte azt, hogy ha követni akarja saját szakmájában a fejlődés nemzetközi szintjét, akkor nem nélkülözheti a (nagyösszegű) ipari megrendeléseket, tehát ki kell szolgálnia többek között a bauxitipart is: fejlesztési prioritásokkal, szervezeti átalakításokkal.

### **B. Az ELGI felismerései a bauxitgeofizikai szektor területén a következők voltak:**

1. a hatékony bauxitkutatáshoz új módszerek kellenek; a bauxitipar kutatási igényeinek megfelelő folyamatos módszerfejlesztésre van szükség (mind a felszíni, mind a mélyfúrású módszerek körében);
2. mivel az ipari partner (a BKV) csak értékarányos szolgáltatást képes megfizetni, termelékeny (olcsó vagy nagyteljesítményű) módszereket szabad alkalmazni;
3. a terepi technika fejlesztése még akkor is elengedhetetlen, ha ehhez keményvalutáért kell a modern műszereket megvásárolni;
4. a fúrócsoportok egész évben dolgoznak, a folyamatos fúrástelepítés érdekében egész évben hadrafogható, a helyszínre telepített terepi csoportokat kell szervezni, ezek föléd pedig olyan osztályokat és főosztályt kell rendelni, amelyek elsődleges feladata a bauxitgeofizikai értelmezés és kapcsolattartás;
5. A klasszikus kutatóintézeti jelentésírási rendet a közvetlen adatszolgáltatások rendszerével kell felváltani, sőt (a számítástechnika lehetőségeinek felhasználásával) be kell vezetni a fúrású és a geofizikai adatok együttes, lehetőleg azonnali helyszíni kiértékelését.

### **C. A MAT, illetve a BKV felismerései a geofizikai mérésekkel kapcsolatban:**

1. A kölcsönös bizalmon alapuló tanulási fázis után érdemes hinni a geofizikai adatoknak, mert az évek során kialakult a kutatógeológus és a "bauxitgeofizikus" egymást átfedő ismeretrendszere, és a két kutató szakma állandósult kapcsolata.
2. Ahol vannak megbízható és kellő időben felhasználható geofizikai adatok és értelmezési elképzelések, ott nem szabad wildcat vagy szabályos hálózatú fúrásokat telepíteni.
3. Érdemes többszintű, időben és hatáskörben megosztott operatív ("dinamikus") fúrástelepítést alkalmazni, amelynek része a naprakész, számítógépekkel támogatott geofizikai adatértelmezés.

A múltat megszépíti az idő. A fenti elvek nem mindig voltak tudatosak, és nem volt sétagalopp ezek érvényesítése/teljesítése sem. Sem a geofizikai módszerek kiválasztása, sem alkalmazása nem volt mentes a szakmai tévedésektől, a külföldi példák oktalan átvételétől, nem odavaló módszerek erőltetett alkalmazásától, szervezé-

si/személyi hibáktól. Másrészt a később helyesnek bizonyult (és akkor megfelelő terepi kísérletekkel alátámasztott) geofizikai módszerek alkalmazási szándékai esetenként ellenkezésére talált. Volt, hogy ezeknek ipar/vállalatpolitikai szempontjai /pl. éves készletterv, településhatárolási-, bányanyitási kényszerek/ voltak. De származhattak ezek korábbi kedvezőtlen tapasztalatokból, vagy akár az ismeretlentől való félelemből is. Dicséret illeti mindazokat, (geofizikusok/geológusok/ akik saját, vagy épp mások korlátait legyűrve a fenti (részben utólag definiált) elveket alkalmazva jó eredményeket tudtak elérni.

### **MIT TETT AZ ELGI A BAUXITKUTATÁS ÉRDEKÉBEN?**

Az alábbiakban összefoglaljuk azokat az intézeti eredményeket, amelyeket (részben közvetlen, részben közvetett költségvetési forrásokból finanszírozva) a bauxitkutatás területén elért.

1. *Új terepi módszereket* fejlesztettünk, vagy alkalmaztunk a bauxitkutatásra. Ezek közül a fontosabbak: a potenciáltérképezés (PM, 1968); a felszín-fúróluk gradienstérképezés (FFG és BFG, 1972); a VLF ellenállás-térképezés (1973); az EM frekvenciaszondázás (Maxi-Probe, 1980); a földradar (1983); a tranziens szondázás (TEM, 1985) és a Slingram szelvényezés (EM-31, 1987)
2. A geofizikai adatok gyors feldolgozására, majd a dinamikus fúrástelepítés igényeit kiszolgáló *terepi számítócentrumokat* állítottunk fel. Az első ilyen mobil centrum 1975-től működött egy HP-9815 géppel felszerelve, a második számítócentrum (HP9845, 1979) már a kutatásirányítási rendszer eleme volt; a tranziens mérések saját, igazán terepálló HP85-ös gépe 1984-től működött. Ezekre a gépekre alapozva az ELGI kutatói egy kutatásirányítási (célszerűbben elnevezve: fúrástelepítés-támogatási) rendszert dolgoztak ki, amely tk. térinformatikai és adatprezentációs rendszer volt.
3. Az ELGI kidolgozta a bauxittelepek fúrólukban történő detektálásának módszerét (neutronaktivációs karottázs), kifejlesztette az erre szolgáló szondákat és felszíni egységeket, és – az aluipar megrendelésére – *felszerelte a BKV karottázscsoportjait*. Erről Nyerges Lajos fog majd reményeink szerint később beszámolni.
4. Az Intézet *neutronaktivációs analízátorok* családját fejlesztette ki, amelyek jól felhasználhatók voltak az alumíniumiparban (is). Az első bauxitelemző automata (a LIBA); 1969-ben készült el. Az MTA-1527 típusjelű timföldgyári folyamatirányító elemanalitikai berendezést 1979-től került gyártásra.
5. A felszínközeli bauxittelepek felderítő kutatásához hatékony eszköz a *légigeofizikai mérés*, elsősorban az elektromágneses ellenállás-térképezés. Az ELGI javaslatára 1986-ban kezdődő mérések nem valószínűsíthetően volna meg a KFH, a MAT és a BKV támogatása nélkül.

## MIT ÉS HOGYAN ALKALMAZZUNK: elvek és paradigmák

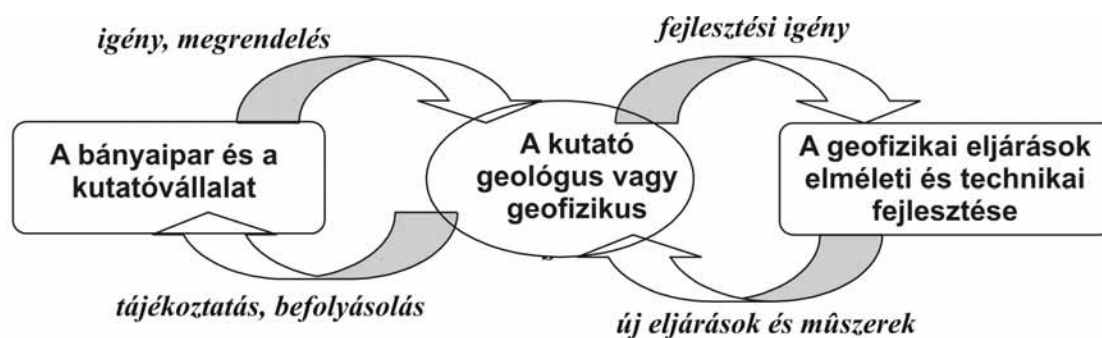
A felületes vagy avatatlan szemlélő számára egy geofizikai eljárás megteremtését egy isteni szikra teszi lehetővé, és annak nyersanyagkutatásra való alkalmazása vagy evidencia, vagy szerencsés véletlen. Gyakran idézzük, hogy Eötvös Loránd csak azért kezdett foglalkozni a torziós ingával, mert vonzotta a gravitációs tér leírásának egzaktága és az elképzelt műszerek finommechanikai szépsége.

Véleményünk szerint a nyersanyagkutató geofizikai eljárások történetében vannak bizonyos felismerések, amelyek hosszú időre meghatározzák a fejlesztés és alkalmazás irányát: a nyersanyag-kutatási igény és a megvalósítás elméleti-technikai lehetőségének felismert vagy rejtett találkozásáról van szó. Ha feltételezzük, hogy a terepi/nyersanyagkutató geofizikus és geológus fajtája létezik, akkor ennek a felismerésnek a terepi geofizikus és/vagy kutatógeológus együttműködése során kell létrejönnie, hiszen nekik kell ismerniük a nyersanyag-kutatási igényt és a technikai lehetőségeket.

felismerések mindig egy emberhez köthetők; biztosan tudjuk, hogy az alábbiak közül több közös gondolkodás eredményeként született. És leginkább nem állítjuk azt, hogy ezek az elvek akkor ilyen tisztán megfogalmazhatóak lettek volna. Utólag könnyű okosnak lenni. És történelmet írni.

## A BAUXIT, MINT A KUTATÁS TÁRGYA

Ahogy mondani szokás: már a régi görögök is tudták, hogy a bauxit, mint kőzet nem igen rendelkezik olyan kőzetfizikai paraméterrel, amely közvetlen és egyértelmű kimutatását lehetővé tenné. Sűrűsége 2,4 cgs körüli; ez ugyan kellőképpen eltér fekéjének sűrűségétől (2,65 - 2,7 cgs), de fedőjének és helyettesítő kőzetkifejlődéseinek sűrűsége ehhez hasonló. Szuszceptibilitása (magnetittartalmának függvényében) jelentős, de nem elég nagy ahhoz, hogy mágneses hatóként könnyen észrevehető legyen. Fajlagos ellenállása (30 - 80 ohmm) ugyan nagyságrendekkel eltér a bauxittelep aljzatát alkotó karbonátos összletekétől (~ 4000 ohmm), de ilyen



1. ábra.

A kutatási igény és a geofizikai lehetőségek kapcsolódása, a kutatási paradigma létrejötte

Fenti példánkat folytatva, Eötvös ingája csodálnivaló és érdekes műszer maradt volna, ha nincs Böckh Húgó, aki rávette Eötvös tanítványait az egbelli mező felmérésére, és nem lett volna világhírű és elterjedt műszer a torziós inga, ha 1922 körül nincs olyan nagy igény a louisianai, sódómok feletti kőolajtelepek detektálására. Ebben az esetben a gondolatosa a következő lehetett: "A sódómok felett olaj van, de a sódómok a felszínről nem detektálhatók; az Eötvös-inga ki tudja mutatni a sódómokat, mint tömeghiányt, tehát végezzünk torziós-inga-méréseket és fúrjunk meg minden (gravitációs) minimumot". Ez a felismerés egy évtizeden át mintául, paradigmául szolgált a kőolaj-kutatásban, hozzájárult az olajkutatás sikerességéhez, és visszahatott a torziós-inga-fejlesztésre (és nem mellékes módon kenyeret adott a terepi geofizikusoknak).

Úgy gondoljuk, hogy a hazai bauxitkutatásban is tettenérhetőek ilyen felismerések, paradigmák. Nem állítjuk, hogy kizárólag a következőkben felvázolt paradigmák voltak azok, amelyek meghatározták a bauxitkutatás és a geofizika kapcsolatát. Azt sem állítjuk, hogy e

vezetőképességű agyagos-törmelékes összlet bőven előfordul a paleogén-neogén fedőjében. Szeizmikus határsebessége közepes, fedőjében előfordulhatnak keményebb, tehát nagyobb határsebességű (árnyékoló) szintek (és ráadásul fekéje esetleg porló dolomit, ami határozottan közepes határsebességű). Természetes radioaktivitása eléggé karakterisztikus, de mivel még a gamma-sugárzást is egy méteres fedő elnyeli, kinek érdekes a bauxittelep, ha az a felszínen van?

Az ötvenes évek kísérleti méréseiből azonban (Szénás György, Szabadváry László és mások munkái alapján) megfogalmazható volt néhány kimutathatósági kritérium, amelyek a további (és sikeres) bauxitgeofizikai térképezés alapjául szolgálhattak, legalábbis a Dunántúli Középhegység bauxittelepeire vonatkozólag.

a., Ismert okokból a bauxittelep aljzata mindig dolomit vagy mészkő, kisellenállású aljzaton nem ismerünk bauxittelepet,

b., egy-egy előforduláson belül a bauxittestek, illetve a bauxittestet tartalmazó aljzatbemélyedések alakja eléggé karakterisztikus, a teleptípusnak (azaz a bauxit-

test prognosztizált alakjának) ismerete jó alapot ad a geofizikai mérések alkalmazásához és az adatok értelmezéséhez;

c., mivel nincs sok remény a bauxit közetfizikai alapon való detektálására, célszerű "bauxitra reményteljes aljzatabmélyedést" keresni, melyben szerencsés esetben bauxittest van;

d., az akkori (és a Szovjetunió timföldéhsége által meghatározott) gazdasági feltételek mellett a felszíntől számított 400 m-es mélység alatt egy bauxittelep kitermelésre (és emiatt kutatásra) távlatilag sem érdemes.

## AZ ELSŐ PARADIGMA területi prognosztika – az előtérkutatás

1965-ben (elsősorban Szabadváry László kezdeményezésére) kezdődött el a Dunántúli Középhegység peremének, majd később belső medencéinek "komplex geofizikai kutatása", amelynek során néhány év alatt kialakult az áttekintő bauxitkutatás jól működő módszere (valamint a kőszénkutatás is, hiszen az alkalmazott módszerek eleinte ugyanazok voltak, és a kutatási területek átfedték egymást). Az alkalmazott kutatási stratégiát paradigmaként a következők szerint fogalmazhatjuk meg: *"Ha bauxitra perspektivikus az a terület, amelynek preausztriai aljzata karbonátos, és nincs mélyebben, mint 400 m, akkor a geofizikai mérések feladata a nagy-sűrűségű, nagyellenállású és nagysebességű vezérszint térképezése, majd a nagyobb szerkezeti elemekre fúrás-telepítés"*. Megfelelő részletességű gravitációs felmérésre, geoelektromos sekély- és középszondázásokra, majd jól kiválasztott helyeken néhány refrakciós szelvény le-mérésére volt szükség. A technikai hátteret az akkor újnak számító könnyű graviméterek (Worden, Sharp), a változatos szondázó műszerek (GE-25, GE-27), és a tranzistoros szeizmikus műszerkocsik adták. Az akkora már jól alkalmazható eljárások megbízhatóan jelezték a fúrásos kutatás vertikális és laterális határát, és képet adtak arról, hogy meddig is tart a Dunántúli Középhegység. Az elv majd' két évtizedes alkalmazása során Szabadváry László, Hoffer Egon, Nyitrai Tibor, Szabó Margit és Lányi János úttörő munkáját kell kiemelnünk.

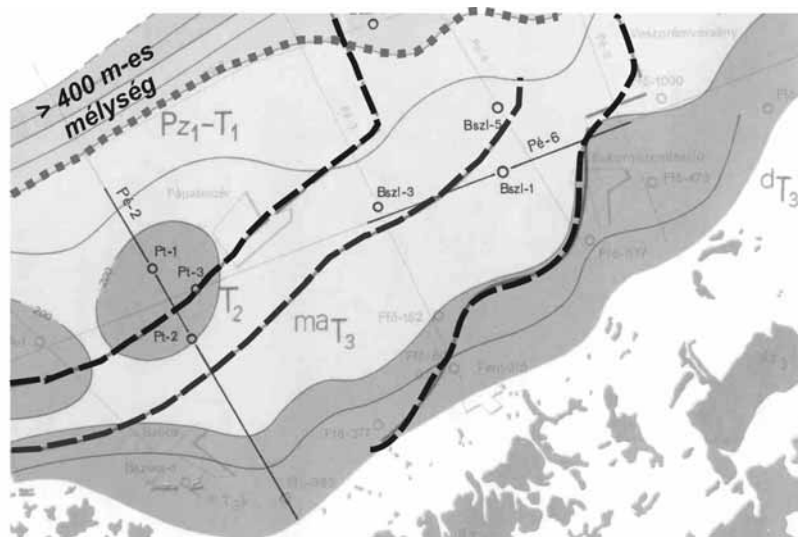
Ilyen, kezdetben 1:100.000-es léptékű, majd részletesebb mérésekkel a Középhegység gyakorlatilag összes karbonátos aljzatú peremterületét és belső, nagyobb mélységű medencéjét sikerült felmérni. Nem maradt 400 m-nél kisebb aljzatabmélységű terület körülhatárolatlan, és a belső medencék mélységviszonyai is nagyrészt tisztázódtak. Nehézség azonban kettő is adódott. Egyrészt, az alkalmazott módszerek vízszintes és függőleges felbontóképessége nem volt elegendő. A gravitációs mérés átlagolt, a szondázásokat az oldalhatások zavarták, a szeizmikus szintek elmerültek a dolomit-

ban. E téren a potenciáltérképezés és a szeizmikus hátrántlővések bevezetése javított. Másrészt nyilvánvaló volt, hogy ezekkel a mérésekkel csak nagy szerencsével lehet a perspektivikus területeken egy bauxittestet kimutatni (és arra fúrást telepíteni), még ha az a nagy klaszikus bauxit-előfordulások (Gánt, Halimba) telepnagyságát eléri is. Kedvező esetben ugyan detektálni lehetett a medencealjzat kisebb szerkezeti elemeit is, de bebizonyosodott, hogy a jól felismerhető szerkezeti formák a fiatal(abb) tektonika elemei, és csak nagyon ritkán vannak összefüggésben a bauxittelepet kialakító (idős) szerkezeti elemekkel.

Az előtérkutatás mint a bauxitprognosztikát támogató geofizikai felmérés újult fel a nyolcvanas években a KFH irányításával, részben a BKV megrendelésében. Ennek elsődleges célja ekkor is az adott terület bauxitföldtani modelljét feltáró fúrások helyének optimalizálása, a fúrások előkészítésében már nagy szerepet kaptak újabb módszerek is (reflexiós szeizmika, MFS-MaxiProbe és tranziens szondázások).

## DINAMIKUS FÚRÁSTÁMOGATÁS A KÖZEPES ALJZATMÉLYSÉGŰ PRODUKTÍV ZÓNÁKON

1971 körül már nyilvánvaló volt számunkra, hogy há- lózatoss geofizikai mérésekkel, ha nem is nagyon világosan, de látni tudjuk a 100-200 m mélységben levő lehetséges bauxittároló szerkezeteket, mint a triász aljzat be- mélyedéseit. Hogy egy ilyen "perspektívikus objektum" mit tartalmaz, azt csak egy jól telepített fúrás derítheti fel. Viszont ezzel is jóval többet tudunk mondani, mint egy szabályos hálózatba telepített vagy "wildcat" bauxit- kutató fúrás mondhat, tehát megéri fizetni a geofizikai mérésekért: kevesebb lesz a meddő fúrás, spórolni lehet a fúrás-méterekekkel, egy területen hamarabb meg lehet találni a bauxitot (ha van ott egyáltalán). Erre az előny- re fokozatosan jött rá a Bauxitkutató Vállalat szakmai



2. ábra.

Példa az előtér-térképezésre, Bakony-ÉNY előtér.  
A mélységtérképen az aljzatminőség van jelölve.

kollégiuma (és a geofizikusok is fokozatosan jöttek rá arra, hogy a geofizikai anomáliák csak ritkán jelentenek bauxittestet). A paradigmát a következőképpen fogalmazhatjuk meg: *"a feladat a triász aljzat mélységét megbízhatóan, gyorsan és olcsón feltérképezni azokon a részterületeken, ahol a felszíni geológiai információk nem adnak támpontot a fúrás telepítésre. Gyors, őszinte és közvetlen adatszolgáltatással a legkevesetgőbb helyekre fúrás telepítettni, majd a fúrások adataival javítani a mérések értelmezését. Evvel párhuzamosan jobb felbontóképességű, nagyobb hatékonyságú módszereket implementálni a bauxitkutató mérések eszköztárába"*.

Mi volt a módszertani-technikai háttér? Ilyen mélységű felmérésnél a mérési hálózatot elegendően sűrűre, tipikusan 25x25 méteresre kell választani. Erre a felvételési sűrűsége a graviméteres térképezés lassú (és drága), a szeizmikus mérés drága (és lassú). Az első alkalmas módszer a potenciáltérképezés volt (1970-től), amelynek műszerezettsége (GF adó, GE-P4 vevő) is megfelelő volt a (Kakas K vezetésével folytatott) folyamatos fejlesztés eredményeképpen. A tenzoriális vezetőképesség bevezetésével az oldalirányú zavarérzékenységet, a tápvonal optimalizálásával az árnyékoló rétegek hatását tudtuk csökkenteni. A következő lépés már kihasználta azt, hogy a geofizikai mérések és a fúrási tevékenység egy időben folyt egy területen: ha egy fúrás bauxitösszetet harántolt, akkor a bauxittestbe egy elektródát telepítettünk, és ebbe az elektródába áramot vezetve, a megismételt vezetőképesség-térképezés a bauxittest határát tudta kijelölni. Az így született FFG módszer (Simon András, 1972) tehát a paradigma szinergiájának is tekinthető, emellett az is igaz, hogy az FFG térképezés módszertani előnye az "árnyékoló réteggel" fedett szerkezetek kimutatása volt.

Az ilyen kutatási együttműködés első (és 1975-ig egyedülálló) terepe a bakonyoszlópi előfordulás területe volt. Itt a geofizikai kutatást Tóth Csaba vezette, a BKV és az ELGI közötti új típusú együttműködés irányí-

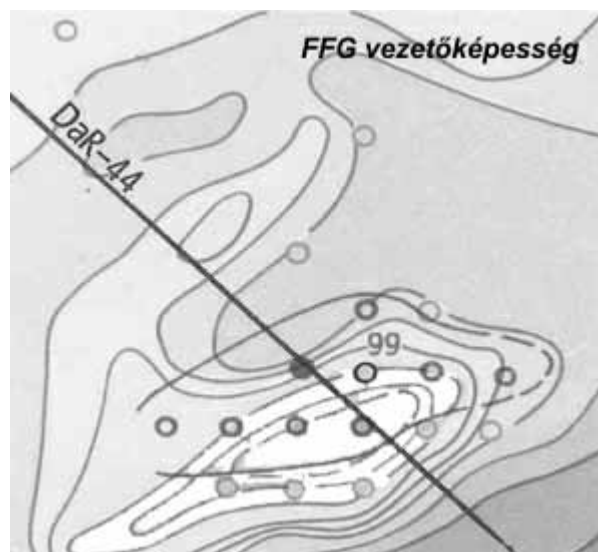
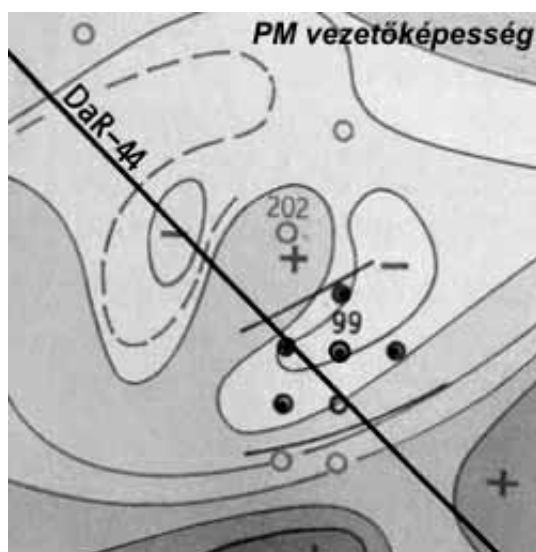
tói közül az aluipar részéről Szantner Ferenc, Károly Gyula, illetve az ELGI részéről Szabadvány László nevét kell megemlítenünk.

A fúrásos kutatás igényeinek közvetlen kielégítése (azaz, a fúrócsoportok ellátása javasolt tervpontokkal) megkövetelte a gyors adatfeldolgozást és a közvetlen adatszolgáltatást. Az ELGI ezért vitte terepre 1976-ban az első terepi (mobil) számítógépcentrumát, amelyben egy HP 9815-ös kisszámítógép működött.

Vegyük észre, hogy ez a paradigma lényegi változást követelt meg a Geofizikai Intézet kutatói szemléletében (mai szóval: üzletpolitikájában). Bakonyoszló előtt az ELGI terepi csoportjai márciusban terepre vonultak, elvégezték az előre eltervezett és közvetlenül a költségvetésből finanszírozott méréseket, majd az októberi bevonulás után jelentést írtak, amelyet (hosszadalmas jóváhagyás után) a KFH kapott meg. A jelentésben javasolt (néhány) fúrás eredménye még akkor sem módosította a geofizikai mérések értelmezését, ha a fúrás (szerencsés véletlen vagy nagy presszió következtében) lemélyítésre került.

Az első sikeres bakonyoszlópi (majd később iharkúti) adatszolgáltatások után az ELGI kénytelen volt túllépni "fehércöpenyes" attitűdjén. Erre az is kényszerítette, hogy szüksége volt a közvetlen ipari megrendelésekre (és az ipar elismerésére), hiszen a költségvetési támogatás (már akkor is) fogyott, viszont a modern geofizikai műszerek megvásárlására kellett a pénz (vagy az ipar támogatása a megfelelő fórumokon). Ne felejtjük el, hogy ekkor lazult fel a tervutasításos rendszer, ekkor vált szalonképessé az anyagi érdekeltség, és ekkor váltak elérhetővé a nagy termelékenységű, terepálló, viszont drága kanadai műszerek. Mindezek (és különösképpen Müller Pál) hatására az ELGI-ben lassan tért nyert a "research" helyett a "client service management"...

Kezdettől fogva tudtuk, hogy az egyenáramú (elsősorban a szondázó) geoelektromos módszereknek van (legalább) egy korlátjuk: nem látunk át a nagyellenállású fe-



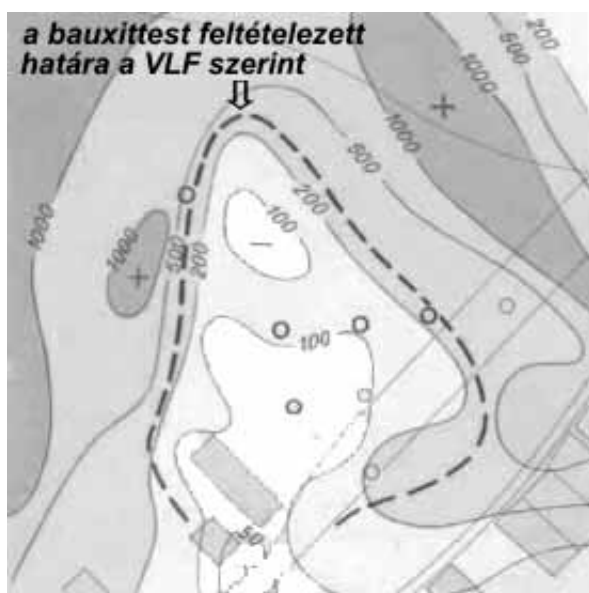
3. ábra.

Potenciáltérképezés és FFG térképezés Bakonyoszlópon (részlet)

dőn, emellett oldalirányú felbontóképességük és teljesítményük korlátozott. Kézenfekvő volt a "másik oldal", az elektromágneses gerjesztésű módszerek kipróbálása. Az első kísérlet, a TURAM elrendezésű többfrekvenciás térképezés (1977) nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket: a kisellenállású fedő megölte a bauxittest gyenge hatását. A második próbálkozás (1980) már szép eredményeket adott: a sokfrekvenciás dipól-dipól elrendezésű elektromágneses frekvenciaszondázás (MFS, a Geoprobe cég által gyártott Maxi-Probe nevű igen fejlett berendezéssel megvalósítva) nagy termelékenységgel és igen jó felbontóképességgel bizonyult. A sajtóságtól (és szigorú licencszerződéssel érdemtelenül védett) "cikk-cakk görbés" kiértékelés lehetővé tette a bauxittestek kimutatását még szigetelő fedő alatt is. A harmadik lehetőséget a tranziens (időtartománybeli) mérések bevezetése jelentette (1985). A tranziens szondázás és térképezés termelékeny és kevésbé érzékeny az oldalhatásokra. A GEONICS cég EM 37/3 típusjelű műszerét azóta is használják különféle földtani feladatok megoldására, és a módszer sikerében nagy része van a korszerű kiértékelési eljárások alapos és bevált kifejlesztésének.

## KIBÚVÁSTÉRKÉPEZÉS Az Iharkúti modell (VLF és légigeofizika)

1970-ben szembesültünk avval a feladattal, hogy felszínközeli, azaz akár kutatóárokkaival is feltárható bauxittesteket is érdemes keresni. Mind a KFH utasítására végzett vértesszlatói, mind a BKV által megrendelt Sümeg-csabpusztai méréseknél feltételezhetjük, hogy vannak ilyen, csak dolomitörmelékkel fedett és ezért felszíni földtani térképezéssel nem, vagy alig detektált bauxittestek. Ezek szükségképpen kicsik, hiszen ha nagyok lennének, akkor a bauxit nagy valószínűséggel kibúvásban is megjelenne, viszont jelentős értéket képviselhetnek, mert felszínről bányászhatók. Egy ilyen bauxittest detektálására, sőt peremének térképezésére a potenciáltérképezés alkalmas. Ezt 1971-ben egy, már felfúrt surgótmajori lencsén igazoltuk. A baj csak az volt, hogy kis bauxittesteket csak sűrűhálózatos mérésekkel lehet kimutatni, kibúvásos dolomitfelszín a Dunántúli Középhegységben pedig több száz négyzetkilométeren található. Még a potenciáltérképezés is túl drága és túl lassú erre a célra.



4. ábra.

VLF ellenállástérkép és a későbbi fúrások által megrajzolt bauxitvastagság-térkép. Iharkút I. lencse, 1974. november

sének (a Maxi-Probe fejlesztés csapatmunkáját Szabadvány László és Kardeván Péter, a tranziens fejlesztését Kakas Kristóf irányította).

Itt kell ismételtelen megemlítenünk, hogy a nyolcvanas években lényegében ilyen típusú komplex kutatás folyt a (szén és) a bauxit után a Gerecsében, amelyet az ELGI észéről kezdetben Szabadvány László, majd Rezessy Géza és Farkas István, a MÁFI részéről pedig kezdetben Gidai László, majd Tóth Álmos, végül Knauer József irányított. Az "Eocén Program" keretében folyt alapvetően szén-meghatározottságú kutatásokat az ún. Mányi Bizottság irányította. E kutatásokról ld. Rezessy G., illetve Tóth Á. írását is jelen kiadványban!

A Geonics cég 1972-ben jelent meg az első olyan rádiófrekvenciás ellenállásmérő műszerrel, amely elegendő behatolási mélységgel rendelkezett (mivel a VLF - igen alacsony frekvenciás hullámsávot használta), egyben gyors és egyszerű észlelést tett lehetővé. Felismerve ennek a műszernek a lehetőségeit (és összeszedve az akkor nagynak tűnő vételárat), 1974-ben vásárolta meg az ELGI az EM-16R műszert. A kísérleti mérések kimutatták a műszer és módszer széleskörű alkalmazhatóságát, de ez még nem jelentett szenzációt.

A fordulatot 1974 októberre hozta. Mialatt a fúrógép a második lyukat fúrta az Iharkút-I. lencsén, VLF ellenállástérképezéssel Kakas Kristóf másfél óra alatt meghatározta a bauxitlencse határát, és azt állította, hogy a

bauxittest átmérője hasonló a mélységéhez. Miután ez igazolódott (lásd az ábrát), Bodri Gyula két hasonló, még kisebb bauxittestet talált VLF mérésekkel.

Az ilyen ("mélyárkos-töbrös") teleptípus létezése és a bennük lévő jóminőségű, könnyen kitermelhető bauxitvagyron most már igényelte a kibúvásos területek rendszeres, de gazdaságos felmérését. A paradigma a következőképpen lett volna megfogalmazható. *"Mivel a felszínközeli bauxittestek mindegyike vezetőképesség-maximummal jelentkezik és a dolomitkibúvások nagyellenállásúak, gyors és olcsó módszerrel, sűrű hálózatban fel kell mérni a kibúvásos területeket; a továbbkutatásból ki kell zárni a nagyellenállású zónákat; a vezetőképesség-maximumok értékelését a fúrásokra kell hagyni, de a produktív szerkezeteket mérésekkel kell lehatárolni".*

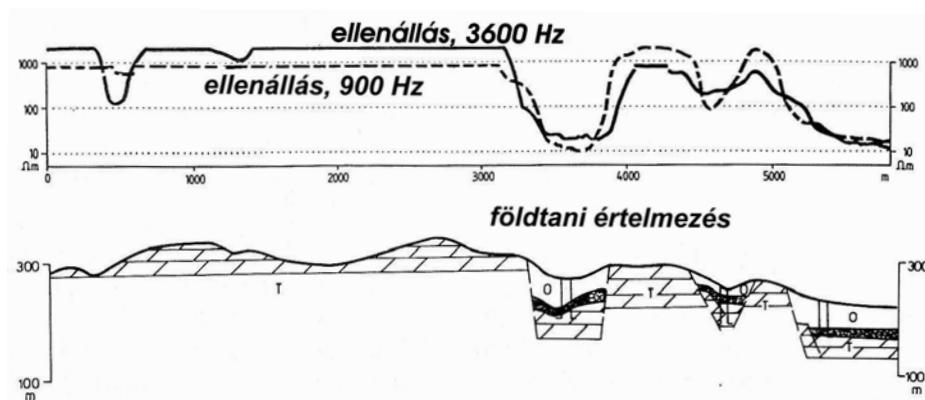
Az iharkúti kibúvásos terület térképezése elsősorban VLF mérésekkel éveken át sikeresen folyt. Sorra-rendre találtuk meg a kisebb-nagyobb "bauxittöbröket". Természetesen az ellenállás-minimumok csak kis része bizonyult bauxitnak, sok fúrás azért lett meddő, mert bauxit helyett az aljzatbemélyedést más, kisellenállású kőzet töltötte ki (vagy nem is volt ott aljzatbemélyedés, a vezetőképesség-anomáliát a dolomit lokális elagyosodása okozta). Ami azonban a paradigma helyességét igazán bizonyította: egyetlen fúrás sem talált bauxitot ott, ahol méréseink nagyellenállású zónát jeleztek.

A kibúvásos területhez DNy-on csatlakozó "peremi terrasza" is produktívnak bizonyult, de itt már a "közepes aljzattérségű" területeken már sikeres, az előző pont-

képezéssel is ez a felmérés lassú és drága lett volna. Számunkra kézenfekvő volt, hogy a földi méréseket légi-geofizikai felméréssel helyettesítsük, mert ugyan egy helikopteres felmérés nagyon drága, de egy felméréssel óriási adatmennyiséghez jutunk: nagy területeket néhány nap alatt fel lehet mérni kellő sűrűséggel (1986-ban például 26 óra repülési idővel 40 km<sup>2</sup> területet térképeztek fel a Gerecsében és a Bakony ÉK-i részén). A helikopterrel egyszerre tudunk ellenállásmérést (többfrekvenciás elektromágneses szelvényezéssel) és radioaktív felmérést végezni, amely nemcsak bauxitföldtani, hanem környezetfizikai értékelést is lehetővé tesz.

Mivel környezetvédelmi/vízvédelmi szempontok miatt a hazai bauxitbányászatnak az 1980-as évek második felében égető szüksége volt külfejtéses bauxitkészletre, elindult a nagy területek előkutatására alkalmas légi-geofizikai program (a meg nem valósult tervek szerint 1989-től évente 100 km<sup>2</sup> terület rendszeres végigrepülésére került volna sor). 1986-tól kezdve több helikopteres felmérést végeztünk a Középhegységben, az utolsó ilyen kampány 1990-ben volt. 1987-től a felmérés fő módszere a többfrekvenciás ellenállás-térképezés volt (az osztrák szolgálat DIGHEM berendezésével, honvédségi helikopterrel). Kezdetben Bécsben, majd az ELGI számítógépein történt az adatok feldolgozása (a fejlesztő munkacsoportból Csathó Beáta, Bodrogi Marilla, Gulyás Ágnes, Kiss János és Tóth Csaba nevét kell megemlítenünk), a földi ellenőrzések utáni fúrástelepítések több új bauxitlencsét eredményeztek, és nagy területek voltak kizárhatók a további kutatásból.

Mind a légi ellenállásmérések földi ellenőrzéséhez, mind a felszínközeli bauxittestek részletes vizsgálatához 1986-tól jó szolgálatot tett a Slingram-rendszerű dipol ellenállásmérés (köznyelven. EM31 mérés, a honosítást és az ezzel kapcsolatos fejlesztést Csathó Beáta irányította).



5. ábra.

Légi elektromágneses szelvény, Szár, 1987. évi repülés

ban ismertett paradigma volt alkalmazható. Amit az iharkút-németbányai kutatás történetéből ki kell emelni: éveken át folyamatos volt a "dinamikus fúrástelepítés", azaz a geofizikai eredmények közvetlen felhasználása a fúráspontok kitűzésében, és a geofizikai értelmezés azonnali korrekciója a fúrási eredmények birtokában. E munka geofizikus szereplője Bodri Gyula, Dövényi Péter, Bodrogi Marilla és Újszászi József volt Szabadváry László és Kakas Kristóf vezetésével.

A Dunántúli Középhegység dolomitkibúvásos (és emellett bauxitra perspektívikus) területei többszáz négyzetkilométert tesznek ki. A felszínközeli bauxittestek felderítésére és készletbevonására vonatkozó igény indokolta ezek rendszeres felmérését, de még a VLF tér-

## BEFEJEZÉS

### Miért volt fontos a bauxit az Intézetnek?

A bauxitkutatásban dolgozó munkatársaink nevében is szólva, el kell ismernünk, hogy bizonyos nosztalgiával és büszkeséggel tekintünk vissza arra a tevékenységre, amelyet a Keszthelyi hegységtől a Nézsai rövig műszerrel a kezünkben végeztünk. Ebben része van (természetesen) a nyersanyagkutatás fiatalos romantikájának, a produktív fúrástelepítés sikerélményeinek, de állítjuk azt, hogy a több évtizedes, sajnos már lezárult folyamat hasznos volt az Intézetnek, hasznos volt a bauxitiparnak és hasznos volt az országnak. Az ELGI haszna az alábbiakban foglalható össze:

a., az aluipar támogatta az ELGI fejlesztési igényeit a KFH-nál és az OMFB-nél (lásd Maxi-Probe, tranzienis, légigeofizikai projektek),

b., az ipari igényeket kielégítő bauxit (és szén) kutató-sok, a dinamikus fúrás telepítésben megvalósult csoportmunka etalont jelentettek az intézet más profiljai és projektjei számára

c., a bauxitkutatásból szerzett pénz és technika más területeken is alkalmazható volt (környezetvédelem, mérnökgeofizika)

d., a hazai bauxitkutatásban szerzett tudás és technikai készség expedíciókban is hasznosult (Görögország, Jugoszlávia, Irán)

Végezetül: legyen ez az írás tiszteletadás azoknak a munkatársainknak (segédmunkásoknak, észlelőknek, terepi csoportvezetőknek, kiértékelő és fejlesztő geofizikus mérnököknek), akik 1969 és 1991 között a terepi kutatásban dolgoztak, valamint azoknak a bauxitkutató geológusoknak, akikkel munkánk során termékeny és baráti együttműködést tudtunk kialakítani.

## **A BAUXIT – KÉSZLETSZÁMÍTÁSI ELJÁRÁSOK, A BAUXITVAGYON MÉRLEG ÉS A GAZDASÁGI ÉRTÉKELÉS TÖRTÉNETE**

**R. Szabó István, Fodor Béla**

### **A KÉSZLETSZÁMÍTÁS FOGALMA ÉS CÉLJA**

Az ásványi nyersanyagok készletszámítása tágabb értelemben egyrészt a nyersanyag mennyiségének és minőségi jellemzőinek, másrészt térbeli helyzetének és egyéb természeti, bányaműszaki valamint gazdasági jellemzőinek számszerűsítését/prognosztizálását jelenti. Az ásványi nyersanyagok a nemzeti vagyon részét képezik.

A szűkebb értelemben vett készletszámítás a mennyiség és a minőségi paraméterek meghatározását jelenti, mely csupán a teljes folyamat fontos, de nem kizárólagos részhalmaza.

Minden nyersanyagkutatás végső célja annak – a lehetőleg minél pontosabb – megállapítása, hogy a nyersanyag jelenleg vagy a jövőben gazdaságosan kitermelhető, messzemenően figyelembe véve a környezet- és természetvédelmi követelményeket.

A készletszámítás legfontosabb alapeleme a korrekt geometriai/földtani modell felállítása. Valamennyi készletszámítási módszernek ez az alapja, legyen szó határfelületek interpolálásáról/extrapolálásáról, három dimenziós (3D) krígelésről vagy a fuzzy módszer alkalmazásáról.

A földtani vagyon az ásványi nyersanyag-tömeg azon része, mely bizonyos (minőségi, vastagsági) számbavételi feltételeket (cut-off) kielégít. Az ásványi nyersanyagtestet véges számú fúrásban ismerjük, ezért geometriáját (és minőségeloszlását) modelleznünk kell.

A geometria modellt a test szabályos térrészekre (kocka vagy téglalap alakú cellákra) történő bontásával (3D krígelés) vagy határfelületek extra/interpolálásával (összes többi készletszámítási módszer) állítjuk elő. A készletszámításhoz szükséges köbtartalom nem más, mint a modell térfogati integrálja. Mivel a modell határfelületei matematikai függvényekkel nem írhatók le,

vagy numerikus közelítő integrálást alkalmazunk (vízszintes vagy függőleges szeletek módszere, vastagságvonalas módszer), vagy a testet ekvivalens köbtartalmú hasábokra ill. hengerekre bontjuk a többi készletszámítási módszernél. (Fodor, B. 1988.)

Az ásványi nyersanyagokkal kapcsolatos információk nem csupán a bányászati/gazdasági kockázat mértékét, hanem a feldolgozóipar fejlődését, sőt a nemzeti iparpolitikát is befolyásolják. Könnyen belátható tehát a készletszámítások pontosságának és megbízhatóságának fontossága.

A magyar bauxitkutatásban dolgozó szakemberek mindig is átértékelték ennek a témának a jelentőségét és nagy felelősségtudattal kezelték ezt a kérdést. Így volt ez a trianoni békeszerződés után, amikor hazánk jelentős (ásvány)kincses területeket veszített el. Nagyon gyorsan kellett új nyersanyag-előfordulásokat találni a megcsonkított határokon belül, hogy megőrizhessük az akkori feldolgozóipar életképességét, ill. esetleg új iparágak legyenek kifejleszthetők. Ez utóbbiak sorába illeszkedik a magyar alumíniumipar is, melynek megalapozása többek között Balás Jenő, Telegdi Roth Károly, György Albert és Vadász Elemér nevéhez fűződik. Az ő kutatásaik és számításaik tették lehetővé az első hazai bauxitbányák létesítését, majd a timföldgyártás és az alumíniumkohászat beindítását.

### **A II. VILÁGHÁBORÚT MEGELŐZŐ IDŐSZAK**

Pobozsny István (1928) "A Vértes hegység bauxittelepei" c. tanulmányában a (Gánt) hosszúharasztosi medencében 30 Mt bauxitot említ. A szöveges leírás, a mellékelt földtani térkép és szelvények alapján kitűnik, hogy a készletet számtani középátlagos módszerrel (esetében egy telep egy földtani tömb) határozta meg.