

otthagytott uránlelőhelyet. Ki meri azt állítani, ha ezekből a monopolhelyzetbe került országokból nagy távolságokon és más országokon keresztül kell az uránt szállítani, az továbbra is alacsony áron marad? Az mindenesetre már látszik, hogy a nagyhatalmak nem sietnek katonai készleteik felszámolásával és polgári célú felhasználásra való átadásával.

Változik tehát a világ. Ami ma ezért, vagy azért leértékelődik, holnap már értékessé válhat. Így van ez a magyar uránvagyonnal is.

A földtan, a földtani szakemberek dolga, kötelessége pedig, hogy ezt a jelentős ásványi nyersanyag-készletet, mint nemzeti kincset tartsa nyilván, gondozza és olyan állapotban dokumentálja, hogy az bármelyik pillanatban talán nem is olyan sokára kinyerhető legyen.

*Érdt-Krausz Gábor, Harsányi Lajos*

## A geofizika szerepe a hazai uránbányászatban

### Bevezetés

A magyar hasadóanyag-kutatás terepi módszerekkel és külföldi szakemberek bevonásával 1953-ban kezdődött. 1954-ben Kővágószőlős térségében ipari jelentőségű ércdúsulást tártak fel. Megalakult a Pécsi Bauxitbánya Vállalat (későbbiekben Mecseki Ércbányászati Vállalat, MÉV), amelynek alapvető feladata a mecseki uránérc kutatása, feltárása, művelése, dúsítása és értékesítése volt.

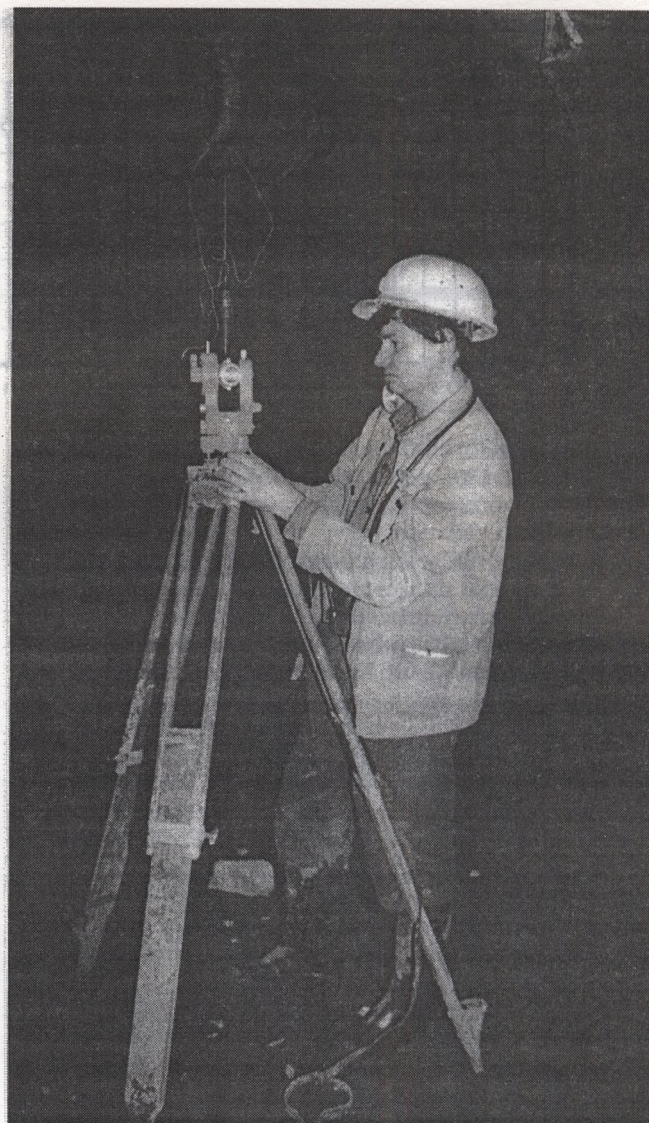
A vállalat a mindenkor rendelkezésre álló legmodernebb módszerekkel és eszközökkel továbbra is folytatta újabb lelőhelyek felderítését, nem vesztve el a reményt felfedezésükre. E reményt mindvégig táplálta újabb és újabb ércnyomok megjelenése, amelyek azonban csak a magyar földtan ismeretanyagát gazdagították.

Amit magyar urángeofizikának hívtak és hívnak az sokmillió tonna kőzet vizsgálatában, ércre, perkolációs anyagra, meddőre stb. bontásában, dúsításában, végeredményében az utódokra hagyott rekultivációs gondokat okozó hányókban és üregekben valamint a jelentős földtani ismeretanyagokban, sok-sok ezer ember tartósan biztos megélhetésében fejeződött ki.

### A geofizika szerepe a MÉV termelés-irányításában

A mecseki uránércet a befogadó kőzettől alapvetően egyetlen tulajdonsága különbözteti meg, a fémtartalmával arányos radioaktív sugárzása. Ez az arány azonban a radioaktív egyensúly függvényében eltolódhat. Befolyásolja az aktív bányászati és ércfeldolgozási tevékenység is, ezért szükséges a radiometriai és a vegyi adatok rendszeres egyeztetése, mely a *radiometriai laboratórium* feladatát képezi. Ugyancsak fontos a hitelesítő etalonsorok való értékeinek a szavatolása ahhoz, hogy a fémelszámolás egyértelmű, megbízható és folyamatos legyen.

Az érc által kibocsátott radioaktív sugárzás alfa, béta és gamma komponensei közül a mecseki lelőhelyen a gamma-sugárzás mérésén alapuló módszereket dolgozták ki és alkalmazzák. A gamma-sugárzás intenzitását mérik a feltáró vágatokból mélyített bányafúrásokban, a feltárt, előkészített és művelés alatt álló üregek falán valamint a robbantólyukakban. Az intenzitás-görbékből határozzák meg az *ércesedés vastagságát, minőségét*, amelyek alapján szerkesztik az érceteket és a művelési térképeket, dokumentálják az ércesedés változékonyságát és



*Munkában a bányamérő*

meghatározzák a művelés irányát. Ezek alapján szolgáltatják a készletszámítás adatait.

A mindennapi radiometria következő fázisa a csillékbe került kőzet minősítése és feldolgozási osztályokba sorolása. Mindez a *radiometriai minősítő állomás* feladata, amelyeknek műszerei ugyancsak a gamma-intenzitást mérik és a bánya egész termelvényét csapatonként, körletenként dokumentálják, alapját képezve az előző fázis adataival egybevetve az érchígulás és egyéb bányatechnológiai paraméterek számításának.

A meddőnek minősített kőzet a hányóra kerül, míg a további feldolgozásra alkalmas urántartalmú kőzeteket az Ércdúsító Üzem területén lévő *gépkocsi minősítő állomásra* szállítják, ahol a mennyiség és a minőség meghatározásán túl feldolgozási csoportonként osztályozzák és irányítják a gépkocsik rakományát. Ugyanitt minősítik a feldolgozóművet elhagyó összes kőzetanyagot is, amelyet urántartalmának megfelelően vagy a meddőhányóra, vagy - a viszonylag alacsony uránkoncentrációjú érceket - a perkolációs dombokra viszik. A perkolációs eljárás során a gyenge minőségű ércekből olcsó, szabadtéri kilúgozási eljárással nyerik ki az uránt.

A radiometriai dúsítóba a magas urán- illetve alacsony meddőtartalmú érc-kategória és a perkolációra kerülő kőzetek közötti minőségű ércek kerülnek. Ezek meddőtartalma *radiometriai osztályozás* eredményeképpen lényegesen csökkenthető. Az osztályozás hatékonyságát rendszeresen az ún. kontraszt-görbék felvételével ellenőrzik, amelyek az osztályozás tervezésének alapjai.





Robbantólyuk fúrása uránérc-lencsében

Az ércdúsító jellemzőit és a bányák adatait a feldolgozási paraméterekkel együtt az ún. **fémmerleg** tartalmazza, amely az összetevékenységek legfőbb tükröje.

Eredeti ismereteink szerint az uránércesedés helyére és kiterjedésére az ún. produktív összleten belül semmiféle egyéb közettani, fizikai paraméter nem utal. Ez azonban nem zárta ki olyan jellemzők kutatását, amelyek esetleg biztonságosabbá tehetnék az érclencsék felderítését és behatárolását, kisebb ráfordítások mellett. Sajnos ezen kísérleteink kevésbé bizonyultak eredményesnek, nem úgy a kőzetmozgásokkal kapcsolatos vizsgálataink, amelyek a további geofizikai megfigyelő rendszer kialakítását alapozták meg.

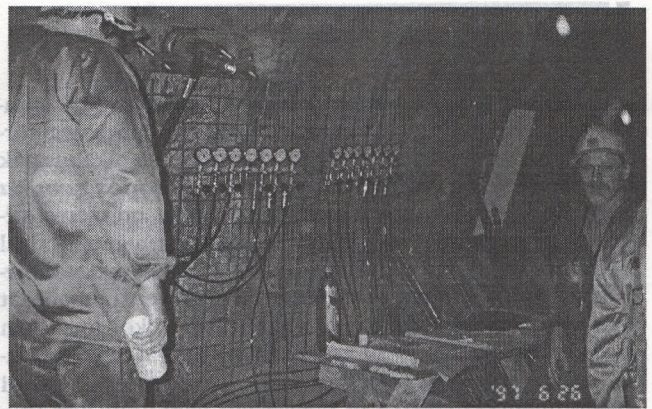
A vállalati termelésirányítás geofizikai eszközeinek és a hasadóanyag kutatás műszereinek biztosítására műszerfejlesztő és -gyártó részleg alakult a vállalatnál. A MÉV-nél gyártott nukleáris műszerek nemcsak a helyi feladatok ellátását biztosították, de bőven jutott belőlük a hazai és külföldi (elsősorban KGST) piacokra, megalapozva az itteni szakembergárda tekintélyét a nukleáris műszergyártás területén. A gyártott berendezések műszaki paramétereinek megadása, ellenőrzése és gyakorlati alkalmazhatóságuk vizsgálata szintén a geofizika feladata volt.

Ugyanakkor az is természetes, hogy az urániparban szerzett tapasztalatainkat más bányáknál is igyekeztünk hasznosítani. Szakembereink sikeres kísérleti méréseket végeztek vasérc-, szinesérc- és szénbányákban, radioaktív izotópok felhasználásával, az uránérc-bányákban alkalmazottakhoz hasonló módszerek kidolgozására. Tapasztalatainkat és eredményeinket külföldi uránbányákban is hasznosították.

### Bányageofizika az uránbányászásban

A bányászati geofizika leglényegesebb elemei az uránérc bányászásban az érc helyének, minőségének és egyéb paramétereinek a megállapítása. Ehhez kapcsolódott a későbbiekben ritkuló fúrásos kutatás miatt az ércesedés kiterjeszhetőségének, azonosításának a problémaköre. A bányászat mélyülésével előtérbe került a kőzetmechanikai, kőzetfizikai problémák megoldhatóságának a vizsgálata is.

Bányabeli fúrásokat a bányüzem nyitása után a részletező kutatási fázisban végeznek. A kialakított kutatási rendszer végső célja, hogy a megtalált érctestek minimum 6x6m-es hálóban ismertek legyenek. A **bányabeli karotáznál** döntő többségben felfelé irányuló fúrólukokban természetes gammasugárzás mérést és lyukferdeség mérést vezettek be minden fúrásban. Esetenként kőzetmechanikai célból elektromos karotázst valamint gamma-spektrometriai és szelektív gamma-gamma méréseket végeznek. Az adatokat számítógépes kiértékelés után adatbázisba rendezik, amely alapul szolgál a bányaműveletek tervezéséhez. Az adatbázist állandóan pontosítják az érc leművelése során mért adatokkal. A pontos minőségmeghatározás érdekében a fúrómagokat laboratóriumi vizsgál-



Robbantólyukak geofizikai-radiometriai mérése szondával

latoknak vetik alá: U koncentráció, radioaktív egyensúly, emanációs koeficiens stb. meghatározására. A bányafúrásokból nyert információ alapján megtervezett bányatér-**sége**ekben folyamatosan **fal- és kutatólyuk méréseket** végeznek. Ezzel pontosítják az érc térbeli helyzetét, meghatározzák a minőségét. A kialakult irányítási gyakorlatban **a geofizikai szolgálat** intézkedik a minősített érctest és a mindenkori gazdasági mutatók alapján az érchez jövesztendő meddőkörzet mértékéről. Az ún. tömbfejtések és védőpillérek környezetében kőzetmechanikai célú geoelektromos, szeizmikus, szeizmoakusztikus és ultrahangos méréseket is végeznek. A bányából jelzeten kikerülő minden csille súlyát és gammasugárzását mérik. Számítógépes adatrendszeren keresztül folyamatosan minősítik a termelési tevékenységet és korrigálják a készleteket.

### Radiometriai laboratórium

Jelentős szerep jutott a geofizikai-radiometriai feladatok teljesítésében a mecseki uránlelőhelyi kutatások megindulásakor létrehozott, és azóta is az országban egyedülálló **radiometriai laboratóriumnak**. Alapvető tevékenysége elsősorban arra irányult, hogy az in situ végzett radiometrikus meghatározások megbízhatóságát, valamint a minőségmegállapító rendszer zavartalan működését elősegítse. Mindezek érdekében a következő részfeladatokat látta el:

- \* A vállalat geofizikai szolgálata által igényelt elemzések, vizsgálatok és kísérletek lefolytatása.
- \* Bányüzemek érces, valamint a földtani terepi kutatás anomális mintáiból az uránkoncentráció, radioaktív egyensúly és emanációs koeficiens meghatározása.
- \* Újonnan feltárt bányaszintek és érctestek radiológiai jellemzőinek megállapítása.
- \* Terepi földtani kutatás kőzetmintáinak analitikai vizsgálata, az U, Ra, Th és K tartalmak megadása, a vízminták U, Ra és Rn koncentrációjának valamint a szükséges izotóparányoknak a meghatározása.
- \* Geofizikai szolgálat radiometrikus műszereinek időszakos ellenőrzése, kalibrálása és az átszámítási koeficiens megállapítása.

A laboratórium szakmai területébe tartozó, vállalati célokat szolgáló kutató-fejlesztő munkát is végzett. Ezek főleg vizsgálati módszerek kidolgozását, a meglévők tökéletesítését, egyszerűbb és gyorsabb megoldását ill. újabb paraméterek meghatározását biztosították. Hasonló fejlesztések külső megrendelésre is történtek, amelyek pl.; szén hamutartalmának meghatározására, nem radioaktív elemtartalmak nukleáris metodikával történő mérésére vagy speciális radiometrikus módszer kidolgozására terjedtek ki.



1953-56 között a hasadóanyag felderítő-kutató munkák kizárólag radiometrikus módszerek alkalmazásával történtek. A radiometrikus felvétel két változatát alkalmazták (kezdetben főleg szovjet szakemberek). Az *autós gamma* felvételt 36 db GM-csövet tartalmazó önirós műszerrel végezték a perspektivikusnak ítélt területeken, a gépkocsival bejárható úthálózat mentén általában 1:25000 méretarányban. Az autós gamma módszerrel kimutatott anomáliákat *gyalogos gamma* felvétellel részletezték ekkor még igen alacsony érzékenységgű (1 imp./nGy/h) UR-4M és PGR típusú műszerekkel. Mindkét esetben közvetlenül a felszíni képződményekben (0,5 m mélységig) lévő urán(Ra), thórium és kálium összgamma-sugárzását regisztrálták, hiszen a módszer csak a felszínre is kijutó anomáliákat mutatta ki. A munkák meggyorsítása érdekében 1956-ban *légtgamma-felvétel* történt az ország területén mintegy 14 200 km<sup>2</sup>-en, 1 : 25 000 méretarányban. A kimutatott légi anomáliákat autós és gyalogos gamma módszerekkel ellenőrizték, részletezték. Így 1961. végéig gyakorlatilag befejeződött az ország hegyvidéki területeinek terepi gamma módszerekkel történő átvizsgálása.

1965-től lehetővé vált a *légt gamma-spektrometriai felvétel*, amely már külön-külön regisztrálja a felszíni képződmények U (Ra), Th és K tartalmát. 4 év alatt összesen 37000 km<sup>2</sup> területen végezték el a méréseket 1:25-50 ezres méretarányban. Az alkalmazott berendezés egyúttal lehetővé tette a légimágneses felvételt is. A légi úton kimutatott anomáliákat *terepi gamma-spektrométerekkel* ellenőrizték és a korábbi gyalogos gamma módszernél lényegesen több információt nyújtó *térképjegyzőkönyves* felvételi módszerrel részletezték 1:2000 méretarányban, a MÉV által gyártott, az eddig alkalmazottnál 150-200-szor érzékenyebb műszerekkel.

A légi anomáliák ellenőrzése és részletezése után az 1970-es évek közepére világossá vált, hogy Magyarországon gyakorlatilag megismerésre került az összes jelentősebb felszínen kimutatható radioaktív anomália, és a további út a külszínen nem jelentkező mélységi anomáliák kutatása lehet. A nagyobb kutatási mélység biztosítása érdekében már 1975-től alkalmazásra kerültek az ún. *nyomdetektoros integrál radonfelvételek*, azonban ennek nem egyértelmű eredményei egy új, komplex kutatási eljárás kidolgozására készítették a vállalat szakembereit. Az urán árának erőteljes csökkenése és a nemzetközi uránbányászati tendenciák változása az 1980-as évektől új geofizikai kutatási módszerek kidolgozását tette szükségessé. Világossá vált, hogy gazdaságos uránbányászat csak az ún. *ISL (in situ leaching)* telepek leművelésével lehetséges, amelynek során az uránt fúrólukakon keresztül, vegyi reagensek segítségével termelik. Az ilyen típusú ún: hidrogenetikus uránércesedések előfordulása szempontjából Magyarország hegyvidéket övező medenceterületei perspektivikusak ugyan, de a hagyományos radiometria módszerek nem vezetnek eredményre, mert az ilyen típusú ércesedéseknek még a geokémiai szóródási udvara sem jelenik meg a felszínen.

Fenti lelőhelyek kutatására 1983-tól a MÉV geofizikus szakemberei a világon elsőként kifejlesztették az ún. *komplex mélységi radiometriai kutatómódszert (KMRK)*. Ez a kutatómódszer földtani (fúrásos), geofizikai (karotázs és emanációs), hidrogeológiai és geokémiai kutatási elemeket foglal magában. A *KMRK* fő terepi műveletei a következők:

- \* 50-100m-es sekélyfúrások mélyítése a talajvízszint alá legalább 20-30 m-rel. A fúrások teljes szelvényrel mélyültek, a furadékat a helyszínen geológus minősíti.
- \* A fúrások komplex karotázs vizsgálata (SP, faj-

lagos ellenállás potenciál és gradiens ellenőrzéssel, természetes gamma és mágneses szuszceptibilitás).

- \* A fúrások kiképzése radiológiai mérőhelyé. Ennek során a fúróluk kitisztítása kompresszorozással és perforált műanyag beléscső (dréncső) elhelyezése a fúrás teljes hosszában.
- \* Radio-hidrogeológiai mintázás, a redox viszonyok, az oldott U és Ra tartalom meghatározása és teljes vízkémiai elemzés céljából, valamint az uránnal társuló nyomelemek kimutatására.
- \* Mélységi emanációs felvétel, azaz a fúrás radonprofiljának felvétele nyomdetektoros technikával, mind a vízszint feletti, mind az alatti szakaszon. Az ily módon elvégzett emanációs mérések mélységi lehatolása kedvező esetben elérheti a 100 m-es nagyságrendet.
- \* Végül a fúrás eltömődékelése a felszínalatti vízbázis védelme céljából.

1986 - 89 között a Mecsek hegységet övező, neogén üledékekkel feltöltött medence kutatása során mintegy 2500 km<sup>2</sup> területen kerekén 1000 db KMRK fúrás mélyült 1600m-es négyzethálóban. A kutatások ipari értékű uránfeldúsulás felfedezéséhez vezettek Bátaszék térségében, azonban a részletező kutatásokra az állami kutatásfinanszírozás megvonása után már nem került sor.

### **Egyéb geofizikai módszerek alkalmazása a MÉV-nél**

1954 tavaszán a mecseki lelőhelyen beindult fúrásos kutatási tevékenységgel egyidőben kezdődött meg és épült ki a *karotázs szolgálat*. Kezdetben (1954-59) a mérések csupán természetes gamma pontmérésre (5-10cm-es észlelési közlel) és ferdeségmérésre korlátozódtak, de már e szűk módszerkomplexumnak biztosítania kellett a fúrásokkal átharántolt érclelencék térbeli helyzetének, vastagságának, uránkoncentrációjának és egyéb szükséges paramétereinek kellő pontosságú meghatározását, amelyek a készletszámításhoz szükségesek.

A mecseki lelőhely bonyolult geológiai adottságai, az ország egyéb területein folytatott rendszeres uránkutatás, a revíziós és bérmmérések nagy száma valamint a külföldi és hazai karotázs műszerfejlesztések eredményei már 1960-tól lehetővé tették a karotázs komplexum, és így a karotázsmérések alapján nyújtható földtani információ spektrumának jelentős kiszélesítését.

1960-tól a lelőhely fúrásaiban alkalmazott karotázs mérési komplexum: természetes potenciálmérés, látszólagos fajlagos ellenállásmérés (normál és laterál szondákkal), természetes radioaktivitásmérés folyamatos szelvényezéssel (produktív összletlen belül pontmérés is), lyukbőség szelvényezés, ferdeségmérés, esetenként hőmérséklet és áramlás mérés. Az urán karotázs szolgálat modern műszerezettségének kialakításában és fejlesztésében igen fontos szerepe volt a MÁELGI-nek: szállított egyes karotázs berendezéseket kifejezetten a MÉV megrendelésére, pl:

K-500, K-1500, K-3000, MOLE. Mindez az 1980-as években a felsoroltakon kívül tovább szélesítette karotázs vizsgálati lehetőségeinket: gamma-gamma sűrűség, neutron-gamma, gerjesztett polarizációs, mágneses szuszceptibilitás és akusztikus szelvényezési eljárások. A közvetlen uránkutatási célú fúrások szelvényezésén és kiértékelésén kívül a MÉV karotázs szolgálata 1990. évi megszűnéséig az ország különböző területein több, mint 2300 db fúrásban végzett revíziós jellegű (a fúrás természetes gamma szelvényének átvizsgálása hasadóanyag feldúsulási szempontból) mérést ill. bérmmérést (bauxit, színesérc, szén, víz stb).

Ezen kívül más karotázs csoportok által az ország különböző területein szelvényezett közel 12000 db fúrás MÉV-nek eljuttatott (revíziós) karotázsszelvényét vizsgálta



át és rendszerezte egységes szempontok szerint.

A **geoelektromos kutatási módszerek** alkalmazását önálló szervezeti egységgel a MÉV 1958-ban kezdte meg. 1990-ig az ország különböző vidékein mintegy 80 területre szét kb. 1500 km összhosszúságú szelvény mentén végzett különböző modifikációjú geoelektromos méréseket. A MÉV-nél végzett geoelektromos mérések feladatait általában két nagyobb csoportra lehet osztani: különböző földtani képződmények mélységi kutatása (alaphegység mélységének és közettani összetételének meghatározása), valamint földtani térképezés (felszínközeli, eltérő litológiai összetételű képződmények térképezése, kőzetkontaktusok, vetők, szerkezeti zónák, telérek stb. kutatása).

A mélységi kutatásokat VESz módszerrel végezték AB=4000m terítési távolságig a konkrét földtani viszonyoktól (alaphegység mélység) függően. A földtani térképezések során a horizontális elektromos szelvényezés különböző változatainak széles spektrumát alkalmazták (egyes kétlehatolású szimmetrikus szelvényezés, kombinált és dipól szelvényezés, közbülső gradiens módszere). Ezek a mérések elsősorban a mecseki lelőhelyre és környezetére, a Balatonfelvidékre és Észak-Magyarország hegyvidéki területeire összpontosultak.

A MÉV a saját célú geoelektromos méréseken kívül a 60 -as, 70 -es években nagymennyiségű mérést végzett a Bauxitkutató Vállalat és az Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat megrendelésére különböző nyersanyagok kutatására (pl. Magyaralmás: bauxit, Velencei hg.: szinesérc, Cserszegtomaj: festékkő és tűzálló agyag, Székesfehérvár: aplit, Tokaj-hegyalja: kaolin stb.).

A szinesérc kutatásánál a már említettek mellett egyéb geoelektromos módszereket is alkalmaztak: természetes potenciál méréseket, speciális telérkutató módszereket, töltött test módszert, gerjesztett polarizációs módszert stb.

Módszertani fejlesztés területén a MÉV-nél sokirányú laboratóriumi modellezés történt a geoelektromos mérések bányabeli alkalmazhatóságának tisztázására. Jelentős az itt kidolgozott "geoelektromos szelelés" módszere, amely differenciál módszereken alapul és vastag fedővel borított földtani szerkezetek kimutatását célozza.

1960-1982 között több **földmágneses mérést** is végeztek részben a geoelektromos szelvények mentén, részben önállóan. Egyes jelentősebb mágneses anomáliák a hatószámítások elvégzése után fúrással is megkutatásra kerültek (pl. Helesfa: serpentin, Irota: pirrotin, Gyód: amfiboloid stb.).

Az 1960-as évek elején mindössze néhány évig működött a MÉV-nél önálló **szeizmikus csoport**. Működése alatt a Mecsek térségében, a Balaton-felvidéken és Lovasberény környékén végeztek nem nagy volumenű refrakciós méréseket. A továbbiakban a MÉV a feladataihoz szükséges szeizmikus kutatást a MÁELGI-nél rendelte meg.

## A gyakorlati geofizika jelenlegi helyzete

Már 1990-től a Kutató-Mélyfúró Üzem bezárásától, az Ércdúsító Üzem szervezeti átalakításán át a műszergyártás fokozatos megszüntetéséig a fent vázolt tevékenység jelentősen szűkült ill. átalakult. Megszűnt az uránkutatás lelőhelyen kívüli és a lelőhelyen végzett külszíni része.

Gyakorlatilag szintén megszűnt a geofizikai módszerek, módszerek fejlesztése, amely korábban a világszínvonal közelébe tornázta ezt a tudományterületet.

Kényszerűségből jelentős számú kiváló szakember hagyta el úgy a vállalatot, hogy korábbi tevékenységének összegzését, kutatási részeredményeinek kiértékelését nem tudta befejezni. Az uránérc világgiazi árának alakulása és a hazai tökehiányos gazdasági helyzet egyenes következményeképp (többszöri módosítással ugyan) kila-

lakult az urántermelés megszüntetésének menetrendje. Ezen tevékenységre való felkészülés a geofizikus szakemberek számára is új feladatokat teremtett. Szerencsére a geofizika területén sikerült elébe menni a várható problémáknak. Részben a bányászati tevékenységhez kapcsolódó biztonsági feladatok, részben a korábbi környezetvédelmi megfigyelőrendszer kiépítési tapasztalatai révén már 1989-ben kidolgoztunk egy olyan **geofizikai monitoring rendszert**, amely a tényleges bezárást követő fejlesztések után eleget tehet a korábbiakhoz képest lényegesen megszaporodott környezetvédelmi előírásoknak.

Meghatározó volt, hogy ezen a területen még sikerült hasznosítani (a közös munka révén) az urángeofizika létrehozásánál bábáskodó szakemberek tapasztalatait is.

Természetesen a geofizikai monitoring része a több elemből álló hidrogeológiai, kőzetmechanikai és geodéziai megfigyelőrendszernek, amelynek jó néhány komponense (a műszer- és számítástechnika fejlődése miatt) már nem választható szét tudományterületekre. Fejlesztésük, korszerűsítésük és főként értelmezésük közös szakmai feladat a társtudományok szakembereivel. Korábban a bonyolult szervezeti felépítés és döntési mechanizmusok is gátolták a ma már létfontosságú együttműködést.

Először 1983-ban, majd 1989-ben merült fel a hulladéktárolás szempontjából nagy kincset érő Bodai Aleurolit Formáció kutatásának igénye, amely világviszonylatban is egyedülálló képződmény. A különböző buktatókon és finanszírozási problémákon napjainkig átjutva, a nagyaktivitású hulladéktároló potenciális elhelyezési lehetőségének vizsgálati szakaszában a geofizika, ha nem is a kellő hangsúllyal, de jelentős szerepet kapott. A külszíni uránkutatás és a bányászattal kapcsolatos kőzetmechanikai jellegű geofizikai tevékenységek a módszerek olyan tárházat jelentik, amelyek – kiegészülve a nagyon fontos mérés-technikai tapasztalatokkal – felhasználhatók a földtani megismerés, a közettani alkalmasság és a hosszútávú biztonsági követelmények kielégítése szempontjából is. Csak példaként kiragadva az a **geodnamikai monitoring** (szeizmológiai hálózat és mélyszerinti extenzométer), amelyet elsősorban bányabiztonsági feladatok céljából hoztunk létre, most megfelelő fejlesztés esetén, a környezetvédelem és a hulladéktárolás kutatási feladatai számára is alkalmas lehet.

Mindkét új feladatnál nagy értéket jelent a már 1990 óta meglévő és folyamatosan bővülő adatállomány.

A kutatás többi területén az egyik legsikeresebb mérés-technikai elem a **folyamatos adatgyűjtés**, amit először geofizikai mérésekhez kapcsolódóan hoztunk létre (hőmérséklet-, nyomás- és radon-detektálás). Ma már a többi mérőrendszer (hidrogeológiai, kőzetmechanikai stb.) sem nélkülözheti ezt.

A következő, előttünk álló feladatcsoport tulajdonképpen a múltban gyökerezik. Az uránérc kutatása – sajátos hazai előfordulása és a sugárzás fizikai tulajdonságai miatt – sohasem fejeződhet be a akármilyen részletes külszíni kutatással. A kutatás döntő fázisa a földalatti tevékenység során valósult meg.

A bányaműveletekkel feltárt földtani elemek és az ércelőfordulások geofizikai adatai folyamatosan pontosították (olykor teljesen megváltoztatták) a külszínről megkutatott ércföldtani képet. A különböző modellek (hidrogeológiai, tektonikai stb.) megalkotása is csak a részletes, bányaművelés során nyert adatok alapján lehetséges. Mindez azt jelenti, hogy a geofizikai, földtani és egyéb adatok teljes körű, a különböző adatok értékét is megállapító elemzése csak a bányaművelés befejezése után valósítható meg.

Kötelességünk, csupán a társadalom eddig felhasznált milliárdjai miatt is, a hazai uránlelőhely(ek)ről egy komplex **földtani, kutatási zárójelentést** készíteni, amely magába foglalja, elemzett módon, az összes itt megszerzett információt, tapasztalatot. Az említett fokozatos leépítési,



bezárás (I., II. és III. bányüzem) időszakok miatt, a már korábban befejezett tevékenységek összegzése, elemzése sem teljes. Ezen hatalmas munka jó minőségű elvégzése, az utókor számára maradandó formába (számítógépes adatbázisok stb.) öntése többé meg nem ismételt feladat. Célja a még föld mélyében rejlő ásványkincs esetleges későbbi gazdaságos kinyerésének biztosítása, a térség egyéb ipari hasznosítási feltételeinek megteremtése. Ez nem csupán a szakemberek, hanem a régió és az ország gazdasági érdeke is. Ugyanakkor alapja bármely hatékony környezetvédelmi tevékenységnek is.

### A jövő feladatai: rekultiváció, környezeti monitoring, földalatti tárolóterületek kutatása

Az az ipari tevékenység, amely több mint 16 millió m<sup>3</sup> kőzet kibányászása révén több mint 20000 tonna uránfém-tartalmú koncentrátum létrehozását eredményezte, nyilván nem járhatott környezeti következmények nélkül. A környezeti hatások pontos feltérképezése, nyomon követése és az ennek alapján végrehajtott rekultiváció az összes érintett szakember közös feladata. Szerencsére ezt munkát nem most kell kezdeni, hiszen a már kialakított monitoring és a közelmúlt radiometriai felmérései szolgáltatnak kiinduló adatbázist, amelyet csak néhány területen kell pontosítani. A geofizikus szakemberek, felkészülve a jövő feladataira, módszereket fejlesztettek ki a radiometriai környezetvizsgálatok szinte minden területén. A zagytároló és a perkolációs terek környezeti hatásainak vizsgálatát nagyban elősegíti a mérnökgeofizikai szondázás célszerű adaptálása és módszertanának továbbfejlesztése. Ez példa volt arra is, hogy szükség esetén új módszerek bevezetésével sem szabad késlekednünk. A radiometriai laboratórium műszerparkjának tervezett megújítása után, a bőséges szakmai tapasztalatok birtokában világszínvonalon képes ellátni ezt a feladatot.

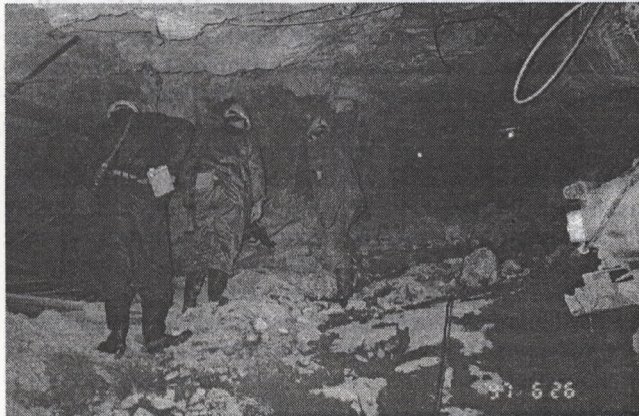
A bányabezárás koncepciótervben körvonalazott **környezetvédelmi monitoring** szerves egységben tartalmazza a radiometriai, hidrológiai, geodéziai, kőzetmechanikai és a geodinamikai megfigyelőrendszereket.

A régió érdeke, hogy ezek mindegyike korszerű műszerparkkal, kiváló szoftverekkel és lehetőleg nemzetközi kapcsolatrendszerrel rendelkezzen.

Mivel a jól képzett és nagy tapasztalatokkal rendelkező szakemberekből álló csapat adott, nem engedhető meg, hogy műszereink esetleges korszerűtlensége miatt kiszoruljunk erről a területről. Természetesen nagyon szoros együttműködés szükséges a hazai és nemzetközi obszervatóriumi hálózatokkal, hiszen a kölcsönös adatcsere közös érdek.

A környezetvédelem és a rekultiváció nem öncélú, önmagát igazoló tevékenység. A Nyugat-Mecsek hazánk egyik legjobban megkutatott, megismert földtani régiója.

Komoly nemzeti kincset jelent ez az ismeretanyag, mert az ipari felhasználás számos területén kínál lehetőséget: a már említett hulladéktárolás, egyéb tárolási fel-



adatok stb. A jól végrehajtott rekultiváció megnyitja az utat ezen tevékenységek előtt és lehetőséget teremt a meglévő infrastruktúra egyéb hasznosítására is. Nem lényegtelen, hogy egy ilyen jelentős tevékenységet végző szakemberekből álló csapat (a megfelelő színvonalú műszerpark birtokában) piacépes lesz egyéb, hasonló környezeti tevékenység elvégzésére is: kis és közepes aktivitású hulladéktároló kutatása, szennyeződések felderítése, mozgásveszélyes, bányakáros területek vizsgálata, ipari tevékenységek szennyezés vizsgálata stb. A feladatokat számbavéve bízunk abban, hogy geofizikus szakembereink a **megújulás** motorjaként tovább öregbíti a hajdani urángeofizikusok által kivívott szakmai hírnevet.

Baranyi István, Berta Zsolt, Szabó János, Vados István, Várhegyi András

## A hazai uránkutatással kapcsolatos hidrogeológiai vizsgálatok

### A vízföldtani környezet kutatása

A Mecsek hegység vízföldtani viszonyainak vizsgálata tudományos szinten Böckh János 1876-ban kiadott munkájával: "Pécs város környékének földtani és vízi viszonyai" kezdődik. Ez a kétségtelenül alapvető mű azonban a hidrogeológiai kérdéseket elsősorban a vízbeszerzés szempontjából vizsgálta, de nem teljes körűen, hanem elsősorban a Tetteye karsztforrásra és a déli lejtő régióba használt kisebb hasadékok, karszt-, és átbukó forrásaira vonatkozóan.

Ezt követte Vadász Elemér monográfiája "A Mecsek-hegység" 1935-ben. A hidrogeológiai kérdések közül Ő is a Tetteye forrást vizsgálta. A későbbiek folyamán is elsősorban a valóban nagy jelentőségű Ny-mecseki karszttal és a karsztvízzel foglalkozik a geomorfológus dr. Szabó Pál Zoltán 1950-1960 között. A Mecsek, elsősorban nyugati részének komplex, minden területre és képződményre kiterjedő hidrogeológiai vizsgálata a hazai uránkutatással és bányászattal kapcsolatosan jött létre. Ez tulajdonképpen két fő ágra bontható:

- \* Radiohidrogeológiai kutatás,
- \* Általános hidrogeológiai kutatás

### A kezdet 1954 - 1956

1954 november - 1955 szeptembere között Baranyin Sz. A. szovjet hidrológus, magyar közreműködéssel a mecseki antiklinális területén Cserkút, Kővágószőlős körzetében 60db forrást vizsgál meg. Eredményeiről katasztert és térképeket készít. A szokványos hidrogeológiai jellemzők mellett vizsgálta a fakadó vizek radioaktív elem-tartalmát is. Ez az időszak nevezhető a magyar radiohidrogeológiai és a mecseki lelőhely hidrogeológiai kutatás első lépcsőjének.

Az 1954 nyarán kivitelezett I. üzemi kutató aknából és a bakonyai (későbbben II. üzemnek nevezett) I. sz. táróból már feljegyzések és dokumentációk olvashatók az észlelt hidrogeológiai, jelenségekről, vízhozamokról. 1955-56 folyamán indult meg a terepi megfigyelő (monitoring) rendszer kialakítása, amelyben források, ásott kutak, vízfolyások kijelölt pontjai szerepelnek. A rendszeres észlelés kiterjed a vízhozamra, vízszintre, és a vízminőségre. 1955. július 1-jén létrejön a Pécsi Bauxitbánya Vállalat (fedőnév!), ezen belül 1956-ban a Fúrású üzem Csath Béla vezetésével. Eközben az ismert magyar geológus dr. Wein