

Szemelvények a magyarországi területi geokémiai kutatásokból — történeti áttekintés

FÜGEDI Ubul, GYURICZA György, TOLMÁCS Daniella

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest Stefánia út 14.

Selections of regional geochemical research in Hungary — historical review

Abstract

Geochemical surveys in Hungary for a long time aimed to help mineral exploration. It was found that instead of using methods tested elsewhere, it is more effective to develop own methods best matching the specific research objectives. In the preliminary and exploratory research phase the study of the dispersion train, while in case of detailed explorations, the study of the dispersion halos proved to be more effective. The background (so-called baseline values) has been determined since the beginning of the 1990s, both separately and in the frame of Pan-European programs. On the basis of soil-forming sediments, four geochemical regions have been distinguished; the differences and possible causes have been determined, along with the expected values of the most important toxic and nutrient elements. High-density surveys (ore mineral & agrochemical research programs) were used to determine the areal representativity of soil samples. Our current research task is to determine the variability of soil samples for each geochemical region.

Keywords: geochemical exploration, chemical analysis, dispersion halos, mineral exploration, stream sediments, agrogeochemistry, baseline studies, background level, statistic methods

Összefoglalás

Magyarországon a területi geokémiai kutatás sokáig az ércutatásra korlátozódott. Eközben igazolódott, hogy a másol bevált eljárások átvételénél sokkal hatékonyabb a konkrét kutatási célokhoz alkalmazkodó módszeregyüttesek kifejlesztése. Az előzetes és felderítő kutatásban a szóródási nyelvek, a részletező kutatásban a szóródási udvarok kutatása bizonyult célravezetőbbnek. A háttér (az ún. „alapszint értékek”) meghatározását az 1990-es évek elején kezdtük el önállóan, illetve a páneurópai programok részeseként. A talajképző üledékek alapján elkülönítettük az ország négy geokémiai nagytájt; meghatároztuk különbözőségük jellegét és okait, nagytájanként a fontosabb toxikus, illetve tápelemek várható értékeit. Részletező (érckutató, illetve agrogeokémiai) programokkal meghatároztuk a talajminták területi reprezentativitását. Jelenlegi feladatunk a talajminták változékonyságának meghatározása nagytájanként.

Kulcsszavak: geokémiai kutatás, analitikai módszerek, szóródási udvarok, szóródási nyelvek, ércutatás, agrogeokémia, geokémiai nagytájak, háttér, adatfeldolgozó módszerek

Bevezető

A hazai geokémia már a 19. század óta sokféle irányban fejlődött, jelentős eredményekkel, amint ezeket a különböző tudománytörténeti összesítők (HORVÁTH 1994, GONDI et al. 2004) rendszeresen számba is veszik. A geokémiai ércutatás hazai történetét a publikált eredmények alapján csaknem negyedszázada foglalta össze KOVÁCS et al. (1993). Mostani összesítésünkben az MFGI adattárában őrzött kéziratokat is figyelembe vettük, de a lista így sem teljes: hiányoznak belőle a MÉV vizsgálatait (légi U-Th-K-felvételek, az anomá-

liák részletező litogeokémiai mintázása). A területi jellegű vizsgálatok a KFH (most: MFGI) és a MÉV „profiljába” tartoztak. Az egyéb intézményekben, kisebb területeken végzett, többnyire speciális célú felvételeket magunk is csak a publikációkból ismerjük, ezért munkánkban a MÁFI kutatásai erősen fölülreprezentáltak. Ez annak is köszönhető, hogy (azok túlzott lokalitása miatt) egyáltalán nem térünk ki az utóbbi időben rohamosan gyarapodó környezeti hatásvizsgálatok többségére. Nem tárgyaljuk az egyes lelőhelyek (pl. Szarvaskő, Vashegy, Gyöngyösoroszi, Recsk, Rudabánya–Martonyi, Nagyborzsöny, bauxit és mangánérc) részle-

tező, illetve bányabeli kutatásait, a kőzettan, a bio- és a településgeológia geokémiai eredményeit sem.

Az áttekintést a szilárd fázisok (kőzet, laza üledék, talaj, hordalék) mintázásával végzett felvételekre korlátozzuk; a vízkémiai vizsgálatokat csak érintőlegesen, az érckutató módszeregyüttes részeként említjük. A felszíni és felszín alatti vizeinkről összegyűlt hatalmas adattömeg több nagyságrenddel múlja felül a szorosan értelmezett geokémiai elemzéseket. Összeállításunkban nem törekszünk a teljességre, de be kívánjuk mutatni a téma szempontjából fontosnak ítélt törekvéseket és tevékenységeket; ez óhatatlanul némi szubjektivitással jár. Mind a geokémiai (és például a talajtani, a vízkémiai vagy a kőzettani), mind a területi jelleg (és a lokalitás) határait önkényesen vontuk meg; álláspontunk bírálható.

Általános tudnivalók

A területi geokémiai kutatás módszeregyüttese a kutatási cél függvénye: mást és máshogyan kell mintázni, mást és máshogyan kell meghatározni a földtani térképezéshez, a különböző ércek felderítő- és előkutatásához (CSALAGOVITS & FÜGEDI 1983, SOMOS et al. 1989), az ún. alapszintek meghatározásához, a környezetvédelmi hatásvizsgálatokhoz stb. Korunkban, amikor többféle anyagvizsgálati módszer közül választhatunk, ennek alapja is a kutatás célja: a háttér és különösen a hiányelemek (KERÉK et al. 2011) felderítéséhez érzékeny és pontos elemzésekre van szükség, az erős anomáliák (pl. szennyeződések) kimutatására és lehatárolására pedig az olcsó, gyors terepi módszerek optimálisak. Nagyjából az ezredfordulóig, a korszerű műszerek elterjedéséig ez éppen fordítva volt: azt, hogy mit és milyen eredménnyel kutathattunk, döntően szabta meg az, hogy mivel tudtuk mintáinkat elemezni.

A mintázott közeg megválasztását erőteljesen befolyásolja a felszín tagoltsága és jellege. Az anomális képződmények körüli kőzetek ún. elsődleges szóródási udvarai a mállás, lepusztulás és áthalmazódás következtében szóródási nyelvekké, illetve másodlagos szóródási udvarokká alakulnak a hordalékban, illetve a helyben maradó vagy az allüviumból kifejlődő talajokban (GRIGOR'JAN & MOROZOV 1985). Hordalékminták gyűjtéséhez megfelelő vízhálózatra, a talajmintákhoz talajosodásra (növénytakaróra) van szükség — a sziklás, sivatagos, illetve fagyos felszínek hatékonyan csak kőzetmintákkal jellemezhetők (az egykor jégtakaróval borított területek tüllel, de ilyenek Magyarországon nincsenek).

A mintázott közeg tervezésénél alapvető szempont a vizsgálat léptéke. A hordalékminták területi reprezentativitása a talajmintáknál lényegesen nagyobb, tehát változékonyságuk lényegesen kisebb. Ezért az áttekintő vizsgálatokat célszerű inkább hordalék-, a részletezőket inkább talajmintákra alapozni.

Az optimális mintasűrűség függ még az elemzések módszerétől (felbontóképességétől, pontosságától, reprodukálhatóságától) is. Kevésbé érzékeny és pontos, kevésbé

reprezentatív elemzésekkel lényegesen több mérésből juthatunk ugyanannyi információhoz, mint amennyit a korszerű, költséges laboratóriumi vizsgálatok adnak. Az olcsó analitikához tehát viszonylag drágább mintavétel kell és viszont; a költségghatékony tervezéshez célszerű figyelembe venni azt a ténytet, hogy a sok, pontatlan adat információ-tartalmának kinyeréséhez alapos, többnyire többlépcsős statisztikai feldolgozásra (FÜGEDI et al. 1991) van szükség.

Mielőtt rátérnénk a konkrét programok ismertetésére, még egy nevezéktani kérdést emelnénk ki: a „metallo-metria” szó eredeti (szűkebb) értelmében a hálózatos talajmintavételt jelenti az orosz szaknyelvben. Magyarországon egyes szerzők metallo-metriának neveztek minden olyan geokémiai felvételt, amellyel valamiféle ércelőfordulást kívántak kimutatni. Ezért műveikben a kőzet-, sőt, a hidrometallometria szóösszetétel is előfordul (ezeket helyesen lito-, illetve hidrogeokémiának nevezzük).

Területi érckutató felvételek (1956–1993)

A geokémiai érckutatás elméleti alapjait skandináv és szovjet tudósok rakták le az 1930-as években; módszereit Észak-Amerikában és Nyugat-Európában az 1940-es évek óta alkalmazzák. Jelentőségére Magyarországon KOCH (1953) és SZÁDECZKY-KARDOSS (1955) hívta fel a figyelmet.

A geokémiai érckutatás merőben közgazdasági okokból a 20. sz. második felében két, drasztikusan eltérő irányban kezdett fejlődni. A „kapitalista országokban” a kevés élőmunkát, de fejlett műszereket igénylő módszereket részesítették előnyben, míg az ún. szocialista táborban az 1980-as évek végéig a félmenyiségi optikai emissziós színkép-elemzés (OES) maradt a meghatározó analitikai módszer, és ennek kiszolgálására tömegesen gyűjtöttek mintákat az olcsó munkaerőre alapozva. A kvantitatív adatokat főleg egyszerű (majd egyre bonyolultabb, többdimenziós) parametrikus statisztikákkal értékelték, a geokémia „szovjet iskolája” viszont korszakos eredményeket ért el rossz minőségű adatok hatékony feldolgozásával (vertikális és horizontális zonalitási indexek stb.). Magyarország eközben mondhatni, két szék között a pad alá esett: a hanyagul, kontrollonk nélkül (FÜGEDI & CSALAGOVITS 1977) végzett félmenyiségi elemzéseket a legegyszerűbb parametrikus statisztikákkal (átlag, szórás) próbáltuk meg értelmezni (BÖJTÖSNÉ VARRÓK 1973, 1974).

A területkutató geokémia elszakadt a földtani térképezéstől. A földtani térképezésnek Magyarországon — a számos szempontból példának tekintett szovjet gyakorlattól eltérően — nem volt kötelező eleme a geokémiai minták gyűjtése, vizsgálati eredményeik értelmezése. Ezért a mind részletesebb földtani felvételek közben geokémiai mintákat vagy egyáltalán nem gyűjtöttek, vagy ha igen, az elemzéseket értékeletlenül mellékeltek a jelentésekhez, monográfiákhoz (pl. NAGY E. 1968). OES-sel csak az erős felszíni anomáliákat lehetett kimutatni, Magyarországon azonban mind ezeket, mind forrásaikat, a különféle érctelepeket már korábban megtalálták. Fenti okokból az 1960-as évektől

sorra indított, változatos léptékű „ritkafémkutató” felvételek: Velencei-hegység — 1,5 km², 595 minta, OES (KUBOVICS 1956); Velencei-hegység — 0,2 km², 373 minta, OES (RISCHÁK 1964); Kőszegi-hegység + Vashegy — 1000 minta, OES (BÖJTÖSNÉ VARRÓK 1964); Kőszegi-hegység — 40 km², 114 minta, OES (GEDEON 1967); Zempléni-hegység — víz: 450 km², OES, — kőzet: 163 km², 193 minta, OES (ZENTAI 1964, 1965); Zempléni-hegység — víz: 150 km², 68 minta, nedves kémia, — hordalék: 150 km², 318 minta, OES (ELSCHOLZ & NÉMETH 1969); Börzsöny (Nagyirtáspuszta–Kóspallag) — 22 km², 297 állomás, kőzet Eh-pH (NAGY G. 1973); Börzsöny (Rózsabánya) — 1,6 km² 206 minta, OES (SINGH 1975); Börzsöny — 40 km², 650 állomás, kőzet Eh-pH (NAGY G. 1976); Velencei-hegység — talaj: 11 km², 1745 minta, OES; kőzet: 11 km², 914 minta, OES (ÓDOR et al. 1982); sorra eredménytelenül értek véget, bár a régóta ismert érctelepek (meddőhányók és dúsítók) erős anomáliáit rendre jelezték. A nagy kivétel a MÁELGI geokémiai munkacsoportjának mátrai kutatása volt. Az ezt vezető GEDEON Arzén ugyanis szakított a más környezetben eredményes eljárások félig-meddig átvételének gyakorlatával, és a konkrét földtani feladathoz (teléres polimetallikus ércesedés kimutatásához) szükséges, egyedi módszeregyüttest rendelt meg (ezt ZENTAI Péter fejlesztette ki). Az 1950-es évek mátrai érckutatása a magyar geokémia sikertörténete.

A munka első szakaszában (1956–1958) a hegység felszíni vízfolyásait mintázták végig (BERGH et al. 1956, 1957; GEDEON et al. 1959). Az eredményességet folyamatosan értékelték, a módszert több szakaszban is fejlesztették. Az anomáliaterületeket minősítették, és a második fázisban az addig ismeretlen forrású anomáliák vízgyűjtőinek felső részein (a vízvásztók környezetében) 100×10 m-es hálóban metallometriai mintákat gyűjtöttek (GEDEON 1964). Szelvényekben egymással jól összeköthető, erős anomáliákat mértek, és azokat árkolva meg is találták a közép-mátrai (nagyfápafői), illetve a nagytölgyesbérci teléreket (GEDEON 1962, GEDEON et al. 1959).

Hasonló módszeregyüttestel, a felszíni vízfolyások mintázását a forrásokéval kiegészítve kezdték el a Zempléni- és a Kőszegi-hegység (GEDEON 1967) felvételét is. A Zempléni-hegység északi részén (Mikóháza–Pálháza–Nagybózsva–Telkibánya vonalától északra) ELSCHOLZ & NÉMETH (1969) Magyarországon elsőként kombinálta a hidrogeokémiai felvételt a hordalékok mintázásával. A forrásvizek bepárlási maradékainak OES-elemzéseivel kimutattak öt anomáliaterületet — ezek egyike volt az a Korom-hegy, amin harminc évvel később az aranyércesedést megtaláltuk. A Tokaji hegység déli részén (GEDEON 1960a, b, c; ZENTAI 1964, 1965) érdekes módszertani kísérletként a terepi, ditizonos mérések (l. a „Módszertani fejlesztések, Elemzések” alcím alatt) mellett a források vizének fémtartalmát laboratóriumban, OES-sel határozták meg — ezek a munkák azonban félbeszakadtak, amikor GEDEON Arzén kivándorolt Ausztráliába.

A területi érckutatás módszertani alapjait főként a külföldi szakirodalom alapján BENKŐ et al. (1970) foglalta össze.

A Börzsöny geokémiai kutatását természetes és mesterséges feltárásokból szelvények mentén vett litogeokémiai

mintákkal NAGY B. (1971b) kezdte el. A hegység részletes földtani térképezését és vulkanológiai-ércföldtani újraértékelését csak elektrokémiai (NAGY G. 1973) és hidrogeokémiai (NAGY B. et al. 1973) vizsgálatok segítették.

A „Darnó szerkezeti öv vizsgálata” program (FÖLDVÁRYNÉ et al. 1972) a Bükk-től az Aggteleki-karsztig húzódó sáv ércföldtani problémáit próbálta tisztázni geokémiai módszerekkel. A programot 1972-ben kezdte el a MÁFI Északmagyarországi Osztálya (BÖJTÖSNÉ 1972, BÖJTÖSNÉ VARRÓK 1973). Az első szakaszban a Bükkben a menetvonalak mentén végzett, főleg a paleozoos kőzetek jellemzését célzó litokémiai mintázást (BÖJTÖSNÉ 1972, BÖJTÖSNÉ VARRÓK 1973) források vizének elemzéseivel egészítették ki. Ezzel párhuzamosan VETŐ I. az Aggtelek–Rudabányai-hegységben patakok allúviumának finom frakcióját mintázta (FÖLDVÁRYNÉ et al. 1972). Ezután a teljes területről metallometriai mintákat gyűjtöttek 800×800 m-es hálóban (helyenként 250×200 m-ig besűrítve) a gyökérszóna alól, a talaj „A” szintjének aljából (VETŐ & PELIKÁN 1973). A gyakorlatban a motiválatlan technikusok, akik munkáját nem ellenőrizték, nem mindig a kijelölt helyeken mintáztak. Ez és az OES alkalmatlansága elegendő volt ahhoz, hogy az eredmények gyakorlatilag értelmezhetetlenek legyenek, bár ezzel többen is próbálkoztak (FÖLDVÁRYNÉ VOGL 1970, BÖJTÖSNÉ VARRÓK 1974). A terület 1:100 000 méretarányú metallometriai térképét 1975-ben szerkesztették meg. Az „észak-bükki hidrotermális ásványosodás” ennek alapján kidolgozott koncepciója egy értelmezési félreértés eredménye volt (a Ca egyik színképvonala a Zn detektálásához használt vonalhoz túlságosan közel van, ezért mészkövekben azt zavarja). Ezt a koncepciót a későbbi földtani adatok semmilyen szempontból nem támasztották alá.

Részleges eredményeket hozott a Mátra újabb kutatása: Mátra — talaj: 123 km², 4000 minta, OES (NAGY G. 1988); szér: 225 km², 253 minta, mikromineralógia és OES; hordalék finom frakció: 48 km², 387 minta, OES (FÜGEDI in NAGY G. et al. 1986)

A Középső- és Nyugat-Mátra ércföldtani előkutató programjának (1980–1986) azt kellett tisztázni, van-e az adott körzetben az addig megismert „gyöngyöroszsi típusú” teléres polimetallikus ércesedéstől különböző, lehetőleg masszív szulfidos színesfém-ércesedés. A kutatás fő módszere kb. 500×50 m-es hálóra alapozott metallometria volt; a terület nagy részén a talaj „C”, kisebb részén „A” szintjéből.

Az eredményeket kétféle eljárással: szelvény menti regresszió-analízissel (Nagy G., Ország Gy.), illetve csúszóablakos átlagolással (Csalagovits I., Lelkes P.) dolgozták fel (CSALAGOVITS I. & NAGY G. in NAGY G. et al. 1986) — előbbi módszer a nagy-, utóbbi a kisfrekvenciás hatók kimutatására alkalmas. E módszerekkel egyrészt több új telért mutattak ki, másrészt valószínűsítették a földtani értelemben vett Nyugat- és Középső-Mátrát elválasztó, az érchordozó oldatokat felvezető főtörés helyzetét. A geokémiai módszerekkel kimutatott teléreket árkokkal, illetve kutatófúrásokkal is feltárták (NAGY G. 1988); tömeges ércesedésnek azonban semmiféle nyomát nem találtuk. E fő tevékenység mellett nyílt mód a hordalék-geokémiai módszerek kipróbálására.

A területi geokémiai kutatások közben, az 1980-as évek végéig szerzett tapasztalatokat az Ipari Minisztérium kezdeményezésére és finanszírozásával módszertani kézikönyvekben foglaltuk össze (BERNHARDT et al. 1989, SOMOS et al. 1989).

Magyarországon tisztán geokémiai módszerekkel ércelőfordulásokat először (és eddig utoljára) a Zempléni-hegységben (1989–1993) találtunk (HORVÁTH et al. 1993, 1994, 1999). A kutatás első fázisában (1989–90) a Finn Földtani Intézettel együttműködve (HARTIKAINEN et al. 1992) végeztük el azokat a módszertani munkákat (l. „Kombinált módszer; alapszint értékek meghatározása” fejezet), amelyekkel tisztáztuk, hogy az egyes léptékekben milyen mintázás az optimális; egyúttal kijelöltük a továbbkutatásra érdemesnek tekintett részterületeket. A második fázisban (1992–93) a perspektivikusnak ítélt területek sűrítő mintázásával megtaláltuk a korom-hegyi (Füzérkajata; talajmintákkal) és a bomboly-hegyi (Mád; hordalékmintákkal) aranyelőfordulást.

A Magyarországon az 1990-es években feltűnt, kvantitatív vizsgálatokra alkalmas műszerekkel (lángtechnikás, később grafitekemencés AAS, ICP AES, majd ICP MS) már nem csak az erős anomáliákat lehetett kimutatni. Ennek megfelelően változott a területi vizsgálatok stratégiája: a sok, kevésbé reprezentatív talajmintát kevés, de a területeket jellemző hordalékminta váltotta fel. A másodlagos szóródási udvarokra összpontosító ércutatás helyett a környezetvédelem, a háttér és a szóródási nyelvek vizsgálata került előtérbe. Már kvantitatív módszerekkel vizsgálták a zempléni kutatást kiegészíteni hivatott hidrogeokémiai felvétel (325 helyről 374 minta, zömmel forrásokból; ELSCHOLZ 1994); mintáit is, de a két vizsgálatos eredményeit nem integrálták.

Magyarország első, metallogenetikainak nevezett térképét MORVAI & PANTÓ (1967) állította össze. Magyarország 1:500 000 léptékű földtani atlaszának részeként a valamennyi, addig megismert érces indikációt feltüntető, „metallogéniai” térkép RAINCSÁK GY. (1993) munkája.

Az 1990-es években a szakirodalomban mind több publikáció jelent meg a Carlin típusú Au-ércesedésről. Mivel ezt a teletípust makroszkópos módszerekkel csak a megfelelő ércgeológiai képzettségű és célzottan ércföldtani céllal térképező terepi geológusok veszik észre, KÖRPÁS L. kezdeményezésére 1996–97-ben szerte az országban kőzetmintákat gyűjtöttünk (KÖRPÁS et al. 1997) a külföldi szakirodalom alapján perspektivikusnak ítélt litosztratigráfiai formációkból. Sajnos, a felvétel eredményeként (KÖRPÁS & HOFSTRA 1999, KÖRPÁS 2000) továbbkutatásra érdemes indikációt nem találtak.

Országos ritkafémkutató program (1966–1979)

Az 1966-ban elkezdett Országos Ritkafémkutató Program hivatalos indoklása szerint további érc kutatásának előkészítését szolgálta; fő tevékenysége az adatgyűjtés volt. A különböző bányavállalatoktól beérkezett litokémiai adatokat a MÁFI Geokémiai Osztályán peremlyukkártyákra rögzítették, majd összesítették. Azokon a tájegysé-

geken, amelyekről nem volt elég adat, kiegészítő mintákat gyűjtöttünk:

— Nagybörzsöny és környékének hidrotermális ércesedése — meddőhányók ércesedett kőzetei és múzeumi kézipéldányok (NAGY B. 1971a);

— DK-Mecsek (Mórági-rög, kristályos alaphegység) — talaj- és litokémia (CSALAGOVITS et al. 1976);

— Ny- és Középső-Mecsek (alsó- és középső-triász, fonolit, helvét andezit, gyűrűfűi kvarcporfír) — litokémia (FÜGEDI & CSALAGOVITS 1977);

Felszíni mintavételünket mecseki alapfúrások mintázásával egészítettük ki. Számos új elemzést a különböző gyűjteményekből (leginkább Nagy Eleméréből) bekért, illetve felajánlott mintákból készítettek (CSALAGOVITS 1968).

Az első szakasz fő eredményeit FÖLDVÁRINÉ VOGL (1970) ismertette; mivel azonban ezek az ércutatás szempontjából negatívak voltak, alapvetően külföldi irodalomra hivatkozó monográfiájában (FÖLDVÁRINÉ VOGL 1975) gyakorlatilag meg sem említette őket. A magyarországi mezozoos képződmények „alapszint” értékeit CSALAGOVITS I. (1968, 1979) határozta meg.

Részben ezekre az eredményekre alapozva értékelték (CSALAGOVITS & VIRÁGH 1968) egyes lelőhelytípusok hazai előfordulásának lehetőségét is.

E munkákkal semmiféle, továbbkutatásra érdemes ércindikációt nem találtunk, bár felhívtuk a figyelmet a mecseki fonolit Nb-tartalmára (FÜGEDI & CSALAGOVITS 1977). A program végtermékeként csaknem egy évtizedes adatgyűjtéssel létrehozott Országos Ritkafém Adattár (CSALAGOVITS 1979) több mint harmincezer kartont tartalmazott.

Módszertani fejlesztések (1955–)

Elemzések

Az 1950-es években érkeztek meg Magyarországra az első, a földtani minták nyomelem-tartalmának meghatározását (elvileg) lehetővé tevő készülékek. Ugyanebben az időszakban Gedeon Arzén megbízásából a MÁFI Geokémiai Osztályán ZENTAI Péter adaptálta HUFF (1948) vízminták összes nehézfém-tartalmának terepi meghatározására szolgáló módszerét, ami az 1950-es évek mátrai ércutatásának alapja lett.

Abból a felismerésből indultak ki, hogy az ilyen telepekből kémiailag hasonlóan viselkedő és közel állandó arányokban dúsuló elemeket (cink, ólom, alárendelten réz, ezüst, kadmium) bányásznak. Ezért az anomálitás megítéléséhez elegendő ezek összmenyiségét megismerni, az egyes koncentrációk külön-külön meghatározására nincs szükség. Ezért a mintához (a pH beállítása után) szén-tetrakloridban oldott ditzont (difenil-tiokarbazont) adtak, és a nehézfémek cink-egyenértékben kifejezett mennyiségét kolorimetriásan határozták meg. Ezzel a gyors, terepi módszerrel nemcsak a minták hosszadalmas és költséges előkészítését spórolták meg, de ráadásul kvantitatív adatokhoz is jutottak. „Menet közben” végzett módszertani vizsgálatokkal

megállapították, hogy a minták üvegpalackban nem szállíthatók, mert az üvegből a minta eredeti nehézfém-tartalmával összevethető mennyiségű kation oldódik a vízbe. A szennyeződések miatt a ditizon hajlamos volt az oxidálódásra. A reagens illetően előregedése erősen befolyásolta az észlelt koncentrációkat, ezért 1958-tól a vegyszerhez az oxidálódást gátló oldatot adagoltak (GEDEON 1958).

A ditizonos mérések GEDEON Arzén kivándorlásával megszűntek; ezután az 1990-es évek végéig minden mintát OES-sel vizsgáltak. A MÁFI-ba a Jobin-Yvon spektroszkóp 1958 decemberének végén érkezett meg (GEDEON et al. 1959). Ezzel megnyílt az elvi lehetőség arra, hogy az egyes elemek koncentrációit külön-külön határozzák meg; a műszer beüzemelése azonban elhúzódtott, így a koncentrációk helyett néhány évig csak 1–4 kereszttel jelölték, hogy az egyes elemekből milyen sokat vélnék látni. 1964-től (GEDEON 1965) ez a spektroszkóp, majd a 70-es évek második felétől a szovjet gyártmányú, DFSZ-36 típusú kvantométer már elvileg félmennyiségi eredményeket adott, de változatos okok miatt megengedhetetlenül nagy, előre jelezhetetlen véletlen és szisztematikus hibával. Különböző szerzők (FÜGEDI & CSALAGOVITS 1977, KUTI & FÜGEDI 1987, ÓDOR et al. 1996, FÜGEDI et al. 1996, HARANGI in FÜGEDI et al. 2004) változatos statisztikai módszerekkel egyaránt azt mutatták ki, hogy az OES-elemzések a földtani formációk jellemzésére, alapszint-értékeik meghatározására nem alkalmasak. Félmennyiségi elemzéseikből nemcsak a többdimenziós eljárások (főkomponens, faktor) adnak irreális eredményeket, de azokból már az egyes paraméterek változékonysága sem ítéhető meg. Ezért az Országos Ritkafém Adattárat leselejteztük, a kartonokat kidobtuk.

Az utolsó, OES-sel végzett felvétel a Zempléni-hegység geokémiai kutatásának első szakasza (HARTIKAINEN et al. 1992) volt, de az aranyat és a kimutatni remélt ércesedés fő indikátor-elemének tekintett ezüstöt, arzént, antimont és higanyt már ekkor is kvantitatív módszerekkel határoztattuk meg a MÁFI, illetve a GTK (Geológiai Kutatóintézet – Finn Földtani Szolgálat) laboratóriumában. Ennek valószínűleg nagy szerepe volt abban, hogy a kutatás pozitív eredménnyel zárult.

Az OES és a kvantitatív módszerek eredményei nemcsak mérés-technikai okokból különböztek egymástól, de azért is, mert az OES a porított mintaanyag teljes nyomelem-tartalmát mérte, az atomabszorpciós és ICP-elemzéseket viszont a minta különböző módokon végzett, gyakran csak részleges feloldása után készítik. Ez a probléma akkor jelentkezett újra, amikor az analitikai rutinban feltűntek a roncsolásmentes kvantitatív vizsgálatok (röntgen-színkép: XRF, neutronaktivációs analízis: NAA). A MÁFI-ban XRF-vizsgálatokra 1963 óta volt elvi lehetőség, tömegessé azonban sosem vált, mert a két röntgenkészülékhez (a diffraktométerhez és a spektroszkóphoz) csak egy gerjesztő volt. NAA-méréseket a területi kutatásban sehol sem alkalmaztak Magyarországon, bár erre a gyakorlati lehetőség megvolt, mivel az analitikai eljárást a BME tanreaktorában kidolgozták (BÉRCZI J.) — sőt, az NAA analízis földtani alkalmazása az ELTE geológusképzésében évekig felvehető tantárgyként szerepelt.

A különféle kvantitatív módszerek eredményeinek egybevetése (pl. BERTALAN et al. 2002) kimutatta, hogy bár a tömény savas kivonatoló módszerek a legtöbb nyomelem (leginkább a Cr és a Ba kivételével) „teljes” mennyiségének nagy többségét mobilizálják, a kétféle eredmény többdimenziós statisztikai módszerekkel csak külön-külön dolgozható fel, mert a roncsolásmentes vizsgálatok eredményeiben — bár alárendelt súllyal — a torlatásványok felhalmozódására jellemző faktorok is feltűnnek.

Ennél sokkal lényegesebb, bár csak a mezőgazdasági geokémiában okoz problémákat a különböző típusú kivonatoló szerek hatékonyságának elemenként változó, de mindenképpen jelentős különbsége. A szervesetlen savas (hideg vagy forró királyvíz, illetve salétromsav hiperoxiddal vagy anélkül) és a komplexképző szerekkel (ammónium-acetát, KCl + EDTA, illetve ezek utódként a Lakanen-Erviö-oldat stb.) végzett kivonatolások eredményei közötti tetemes különbség együttes értékelésüket gyakorlatilag lehetetlenné teszi: előbbieket ugyanis a talajok hosszú, utóbbiak pedig a rövid távon kioldható elem-tartalmait jellemzik (a rövid és a hosszú táv mibenlétével ehelyütt nem foglalkozunk). Mivel a rövid távon kioldott elem-mennyiséget a talaj a hosszú távon mobilizálható készletből pótolja (a különböző fázisok egyensúlyban vannak), agrogeokémiai munkáinkban a kezdeti bizonytalankodás (BARTHA et al. 1987) után egyértelműen a tömény savas kivonatokra tértünk át (pl. BARTHA et al. 1989). Egyértelműen eljárásunk mellett szól az a tény, hogy tapasztalataink szerint a komplexképző szerekkel kapott eredmények kevésbé reprodukálhatóak. Eképpen a TIM (Talajvédelmi Információs Monitoring; MARTH & KARKALIK 2004) és a MÁFI laboratóriumában készült Lakanen-Erviö oldatos elemzések összemérése (ÓDOR et al. 1995a, b) teljes kudarcnak bizonyult — olyannyira, hogy bár az országos geokémiai atlasz (első változat; ártéri üledékek) mintáiból készült egy-egy sorozat ilyen elemzés is, ezeket le kellett selejteznünk; a savas kioldások eredményei viszont kiválóan egyeztek. A MÁFI laboratóriumának EDTA-s elemzéseit önállóan vizsgálva, (KUTI & FÜGEDI 1987) is azt tapasztaltuk, hogy az egyes időpontokban kapott eredmények jobban különböznek egymástól, mint a mégoly eltérő földtani képződmények adatsorai.

További problémaként számolhatunk azzal, hogy meglehetősen tisztázatlan, minek a mennyiségét is rögzítik a jogszabályok — úgy voltaképpen. A toxikusnak minősített anyagok mennyiségét szabályozó rendeletek (6/2009; korábban 10/2000) ugyanis valamiféle teljes elem-tartalmakra utalnak. Ennek azonban egyrészt nem sok értelme van, másrészt (bár ettől nem függetlenül) az ilyen mintákat vizsgáló laboratóriumok eleve tömény savas kivonatokat elemeznek. Ezért széles, többé-kevésbé hallgatolagos konszenzus alakult ki arról, hogy a környezetvédelmi célú vizsgálatokban a „teljes” elem-tartalom a savoldható mennyiséget jelenti.

A MÁFI-ban 1989 után az ICP-OES vált a területi vizsgálatok vezető analitikai módszerévé — a hidridképző elemeket (As, Sb) és a higanyt eleinte atomabszorpciósan határozták meg. 1994 óta a higanyt továbbra is atomab-

szorpciósan, de porított mintából, AMA 254 típusú higany-analízátorral elemzik — ezzel a műszerrel, a MÁFI laboratóriumában vizsgálták valamennyi, Európa Geokémiai Atlaszához gyűjtött szilárd minta higanytartalmát is (SANDSTRÖM et al. 2005).

Szóródási udvarok kutatása

A szóródási udvarok kutatásának fő módszere sokáig a metallometriai mintavétel volt. Ennek módszeregyüttesét a Szovjetunióban dolgozták ki, és mi változtatás nélkül vettük át. A Mátra első kutatásához ezt annyiban módosították, hogy a felszíni vizek terepi vizsgálatára kidolgozott, összes nehézfém-tartalmat mérő ditazonos eljárását ZENTAI P. a talajmintákra is adaptálta.

Az érc-kutatás hatékonyságának növelésére GEDEON Arzén a Nagy-Tölgyes-bérc mintaterületen megpróbálta meghatározni, mi lehet adott éghajlati és talajviszonyok mellett a mintavétel optimális mélysége. A legkontrasztosabb anomáliákat kb. 25 cm mélyen kapta (GEDEON et al. 1959), ezért mintáikat 20–40 cm mélyről vették. Tapasztalatait utódai nem hasznosították — eképpen például a Mátra következő kutatásában (NAGY G. et al. 1986) a talajmintákat éppen hogy a talaj „C”, illetve „A” szintjéből vették. A gyakorlatban ezt azt jelenti, hogy éppen a 20–40 cm közötti intervallumot hagyták ki maradéktalanul: az „A” szint mintáit (CSALAGOVITS I. irányításával) 5–15 cm-ről, a „C” szintűeket (NAGY G. szervezésében) a talaj vastagságának megfelelően, de általában 1 és 1,5 m között, a közvetlenül a mállott szálkőzet fölötti 10 cm-es intervallumból gyűjtötték.

A metallometria az 1980-as évek közepéig a területi geokémiai kutatás vezető módszere maradt. Litogeokémiai mintázással rövidebb időszakokban (1971, 1976–77, 1989) próbálkoztunk, de a módszer egyik kutatási célunk eléréséhez sem bizonyult kellőképp hatékonyak. 1993 óta Magyarországon érc-kutatással csak magánvállalkozások foglalkoznak, ezért a szóródási udvarok (illetve nyelvek) vizsgálata kikerült az állami intézetek illetékességéből.

Szóródási nyelvek kutatása

A Mátra 1956-ban megkezdett rendszeres vizsgálatát GEDEON Arzén (1957b) 1955-ben, a Parádi-Tarna vízrendszérének módszertani mintázásával alapozta meg (GEDEON 1957a). Csepegtetési kísérletekkel állapította meg, milyen távon kötődnek meg a nehézfémek az allúvium agyagásványain — eredményül kb. 200 métert kapott, ezért a felszíni vízfolyásokat 200 méterenként mintázta. Többször is vizsgálta, hogy mennyire csökken a patakok vízének nehézfém-tartalma a vízhozam növekedésével. A Mátrában (GEDEON 1962) meglepetésére nem talált ilyen összefüggést, a Zempléni-hegységben (GEDEON 1960c) viszont igen. Úgy találta (GEDEON 1962), hogy a felszíni vizek mintázására legkedvezőbb időszak a tél, amikor szinte minden vízfolyás aktív, de a vízhozam nem túl nagy.

A szóródási nyelvek és udvarok egyidejű mintázásával először 1980–85 között, a Mátra-programban próbálkoztunk

(FÜGEDI in NAGY G. et al. 1986): 1980 — szér-mintázás, 1985 — finom frakció mintavétel.

Akárcsak GEDEON Arzén kutatásaiban, ezúttal is igazolódott, hogy a szóródási nyelvek vizsgálata gyorsan és olcsón szelektálja a területeket, töredékére csökkentheti a metallometriával mintázandó részt. Kellő gyakorlatra szert téve a leginformatívabbnak a szér-mintavétel bizonyult, a mikromineralógiai vizsgálatok szűk kapacitása és emiatt hosszú átfutási ideje miatt azonban eredményeit a metallometriai hálózat tervezésénél nem hasznosították; tömeges alkalmazása nem tűnt lehetségesnek. Módszertani eredményként megkülönböztettük a hordalék elemkoncentrátor fázisait (nehézasványok, agyagásványok, szervesanyag).

A mátrai munkákkal párhuzamosan hasonló következtetésekre jutottunk a magyar–amerikai együttműködés tapasztalataiból is. Eközben megállapítottuk, hogy a nagy folyóink ártereiről a jégkorszakban kifűjt, finomszemű hordalék a szóróványos arany-pikkelyek alapján hazánk gyakorlatilag minden felszíni és felszínközeli laza üledékéből kimutatható (GROSZ et al. 1985).

Kombinált módszer; alapszintértékek meghatározása

Az 1980-as évek végéig egyáltalán nem vizsgáltuk azt a kérdést, hogy milyen (tájegységenként) az egyes mintafajták változékonysága: mi az a távolság, ameddig a szomszédos minták még „összeköthetők” egymással (közéjük földtani szempontból értelmes izovonalakat húzhatunk). Az ehhez szükséges módszertani vizsgálatokat 1989–93 között, a Zempléni-hegységben kezdtük el a Finn Geológiai Szolgálattal együttműködve. Ez volt az első olyan, területi geokémiai kutatás Magyarországon, amely az érc-kutatáson túl környezetvédelmi célokat (a területi háttérértékek meghatározását) is céljául tűzte. Részben ezért a feladatot úgy terveztük (HORVÁTH et al. 1988), hogy az első szakaszban optimalizáljuk a területi geokémiai kutatás módszeregyüttesét. A hegységet vízgyűjtő területekre („cellákra”) osztottuk, és ezekből négyféle mintát gyűjtöttünk:

- „finomfrakció” mintát a kifolyási ponton;
- „nehézasvány” mintát a kifolyási ponton;
- 2–10 részmintából összetett talajmintát lehetőleg a vízvázalástókhöz közeli negatív felszínformákból;
- 2–10 részmintából összetett kőzetmintát lehetőleg a talaj részmintákhoz közeli, természetes kibúvásokból (HARTIKAINEN et al. 1992).

A nehézasvány-vizsgálatokhoz 20 l allúviumot gyűjtöttünk a meder sodorvonalhoz közeli részéről. A nehézasványokat nedves szitálás után csőmosó spirállal, illetve tálás széreléssel, majd bromoformmal választottuk le (HORVÁTH et al. 1990). A hordalék-minták előkészítésénél megpróbálkoztunk azok száraz, illetve nedves szitálásával is — eredményeik között szisztematikus különbséget nem találtunk, de előbbi sokkal termelékenyebb volt.

Az egyes elemek várható értékei a különböző mintatípusokban gyakorlatilag azonosak voltak, változékonyságaik

között azonban jelentős különbségeket mutattunk ki. Érckutató célra a leginformatívabbnak — akárcsak a Mátrában — ezúttal is a nehézasvány minták bizonyultak, de a mederüledékek jóval olcsóbban és gyorsabban gyűjthető finomfrakciójának informativitása alig maradt el mögöttük.

Kimutattuk (HARTIKAINEN et al. 1992), hogy Magyarországon a közepes léptékű (kb. 1:50 000) geokémiai kutatáshoz a legfeljebb néhány km²-es vízgyűjtőjű patakok hordalékát célszerű mintázni a finom frakció száraz leválasztásával. A vízgyűjtő alapú (a szóródási nyelveket kimutató) mintavétel hegyvidékeinken kb. 2 minta/km²-ig sűrítendő, ezután át kell térni a talajmintákra. A korom-hegyi ércesedés kimutatásához a metallometria 200×40 m-es hálója elégségesnek bizonyult.

Az áttekinthető felvétellel (Magyarország geokémiai atlaszának első változatához) a nagyobb vízfolyások ártéri üledékeit választottuk — döntően azért, mert a folyók túl mélyek ahhoz, hogy gyalogosan mintázhatnánk a sodorvonalban.

Az eredmények statisztikai feldolgozása

Mind külföldön, mind Magyarországon a területi geokémiai kutatás kezdeteitől hatalmas probléma volt az adatok feldolgozására alkalmas statisztikai módszerek helyes megválasztása. A főalkotók jellemzésére megfelelőnek bizonyult parametrikus módszerek a nyomelemek koncentrációinak leírására rendre alkalmatlannak bizonyultak. Ennek legegyszerűbben belátható oka az volt, hogy míg a főalkotók többé-kevésbé követték a tőlük „elvárt” normál eloszlást, a nyomelemzések eloszlása (AHRENS 1954) mindig szélsőségesen aszimmetrikusnak bizonyult, a nagyobb koncentrációk felé hosszan elnyúló „farokkal” — ráadásul úgy, hogy az ellenkező irányban ferde eloszlásra egész egyszerűen nem volt példa. Ezért a nyomelemek jellemzéséhez eleinte „megduplázták” a változékonyságot, azaz külön számoltak „pozitív szórást” az átlag feletti és „negatív szórást” az átlag alatti értékekből (AHRENS 1963, ZENTAI 1965). A kizárólag szimmetrikus és pozitív ferdeségű eloszlásokból álló rendszer azonban logikai képtelenség volt (pl. ha egy kétkomponensű rendszerben az egyik alkotó eloszlása pozitív ferdeségű, a másiknak negatívnak kell lennie).

A legtöbb ilyen eloszlást logaritmus transzformációval sikerült nagyjából Gauss-típusúvá alakítani, ez azonban az elvi lehetetlenséget jöttányival sem csökkentette. A probléma elkenésére olyan, romantikus elgondolásokat vezettek be, mint hogy „sok lognormál eloszlás összege normál eloszlású” — valójában az összegzett eloszlások várható értékeinek eloszlása volt normális. E sajátos jelenség okait SZMIRNOV et al. (1979) tisztázták, kimutatva, hogy az elemzési eredmények eloszlásai mindig a földtani eloszlások és a „laboratóriumi eloszlás”, azaz az analitikában használt műszer mérési hibaeloszlásának eredői, márpedig minden szinképanalitikai módszer véletlen hibája lognormál eloszlású. Azokban az esetekben,

— amikor a földtani eloszlás változékonysága lényegesen nagyobb az elemzés hibájánál, az eredményekben (kevésbé torzítva) azt látjuk viszont,

— amikor pedig az elemzés hibája jóval nagyobb a földtani változékonyságnál, az eredmények eloszlása (jóformán) lognormális,

— a köztes esetekben, amikor a kétféle hiba nagyságrendileg összevethető, szabálytalan, kevert eloszlásokkal kell megküzdenuk.

Az OES-elemzések véletlen hibája általában nagyobb volt a földtani változékonyságnál. A különféle komponensek eloszlásait azonban a kvantitatív analitikai módszerek bevezetése sem tette normálissá — sőt, gyakorlatilag megszűnt a főkomponensek eloszlásának véleményezett normális jellege is (a meghatározásokra korábban használt nedves kémiai eljárások hibája Gauss-típusú). STEINER (1990) kimutatta, hogy a földtani gyakorlatban mért változók tényleges eloszlásai csak kivételesen ritkán szabályosak. Egyes eloszlások különböző módszerekkel (STEINER 1997, KGST 1987) normálissá transzformálhatók, de ezt az esetek nagy többségében eleve lehetetlenné teszik a háttér különböző típusú (FÜGEDİ et al. 2006) heterogenitásai. Ezért az adatfeldolgozás általánosan használható eszközei a robusztus statisztikák. Ezek földtani alkalmazását Magyarországon GEDEON (1967) kezdte el.

A geokémia, de különösen az érc kutatás alapkérdése a háttér és az anomáliák szétválasztása (FÜGEDİ 2004). Ennek módszere már csak azért sem egyértelmű, mert e fogalmakat mindmáig még csak konszenzussal definiálni sem sikerült — amint ezt REIMANN & GARRETT (2005) kimutatta, a földtani szakirodalomban jelenleg mintegy tíz meghatározást használnak párhuzamosan. Az egységes definíció hiányából értelemeszerűen a háttér számítására használt módszerek zavaró változatossága következik (REIMANN et al. 2005). Az általunk érc kutatáshoz elfogadott koncepció (FÜGEDİ et al. 2012) alapjait a moszkvai IMGRE intézetben dolgozták ki (pl. GRIGOR'JAN 1974) a többmaximumos hisztogramok elemzésére. Ezeket a gyakorisági minimumok közötti szakaszokra daraboljuk, és e populációk közül a legszámosabbat tekintjük háttérnek. Az előlotti mintacsoport a pozitív anomália — ha több ilyen csoport van, ezeket számozzuk (anomália1, anomália2 stb.). Az egyes ércesedésekben közösen dúsuló elemek koncentrációit ilyen részpopulációkra bontottuk, és valamennyi populációhoz egy-egy perspektivitási indexet (0–5 közötti természetes számot) rendeltünk. A módszert ezen perspektivitási indexek összeadásával tettük többdimenzióssá, és az így kapott, ún. additív index alapján ítéltük meg, hogy egy-egy részterület mennyire reménytelen. A módszert a gyakorlatban igazolta a mádi Bomboly-hegyen és környezetében így kijelölt aranyércesedés. Ezután hasonló alapokon additív indexeket számoltunk az Északi-középhegység további, zömmel vulkanikus hegységeire (Mátra, Börzsöny — ÓDOR et al. 1997b, 1999) is. A bányászat nyomait ezeken a tájegységeinken is sikerült kimutatni, de újabb, a jelenlegi jogrendben perspektivikusnak számító területet nem találtunk.

A robusztus statisztikák többdimenziós változatait először Magyarország geokémiai atlaszának (ÓDOR et al. 1997a) összeállításához használtuk, majd annak utómunkálatai (FÜGEDI et al 2010) közben tökéletesítettük.

Torlatprogram (1986–1992)

Magyarországon szérmentavélt elsőként VETŐ I. tervezett a Darnó-program első szakaszához. Az ehhez használni kívánt, szibériai típusú aranyosó ládát le is gyártatta, ám nem találtak senkit, aki azt használni tudta volna. Ezért az első rendszeres szérmentavételre csak 1980-ban, a Mátra-program első szakaszában kerülhetett sor.

A programszintű munkát — a USGS hatékony támogatásával — 1986-ban kezdtük el. Először a Csepel-sziget déli részén vettek mintákat a mintavételi, előkészítő és vizsgálati módszerek kialakításához — a teljes vertikumot 1988-ra alakítottuk ki.

1988 és 1991 között az ország valamennyi jelentős vízfolyásának medrét és adott esetben a teraszaikon a miocéntől napjainkig lerakott üledékeket művelő bányákat is megmintázták. Egyes területeket (Deszk, Győrzámoly) a Csepel-szigethez hasonlóan, nagy átmérőjű fúrásokkal is feltártak. Az egyenként 20 kg-os mintákat először a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem, később — mintegy 90%-ukat — a Központi Bányászati Fejlesztési Intézet készítette elő vizsgálatra. A kb. 1000 mintát rostálás után mosóasztalon szérelték. A leválasztott anyagot mágneses szeparátoron öt (egy ferromágneses, három paramágneses és egy diamágneses) frakcióra bontották, majd a diamágneses frakciót bromoformos leválasztással megtisztították a könnyű komponensektől.

A mintánként öt frakció előzetes ásványvizsgálatát az Országos Érc- és Ásványbányák egri laboratóriuma és a Mecseki Szénbányák komlói laboratóriuma végezte, részletes vizsgálatokra a Magyar Állami Földtani Intézetben került sor. Az újszerű, binokuláris mikroszkóppal végzett területbecslést és a gyakoriságok hagyományos, polarizációs mikroszkóppal végzett megállapítását az MTA Geokémiai Kutatólaboratóriuma mikroszondás ellenőrzéssel pontosította. Mivel a programot a tervezett befejezés előtt három évvel leállították, csak az ásványtani vizsgálatok mintegy 70–80%-a készült el. Valamennyi minta 0,05 mm alatti frakciójából készült színképelemzés, ezeket azonban nem értékelték ki.

Az eredményeket csaknem minden év végén rövid jelentésben (KUTI et al. 1987; MOLNÁR et al. 1989a, b, 1990; THAMÓNÉ BOZSÓ et al. 1990; CSIRIK & GYURICZA 1991) foglaltuk össze. A vizsgálatok folytatását (OTKA, intézeti tervfeladat) többször is javasoltuk, de nem találtunk támogatást. Zárójelentés nem készült; az eredményekre csak néhány publikáció (THAMÓNÉ BOZSÓ & KERCSMÁR 2000; THAMÓNÉ BOZSÓ et al. 2002, 2014; THAMÓNÉ BOZSÓ & Ó. KOVÁCS 2007) utal röviden.

A háttér heterogenitása, geokémiai nagytájak

Magyarország geokémiai atlaszát összeállítva az ártéri üledékek elemzéseiből kiderült, hogy a Kárpát-medencében a geokémiai háttér nem egységes; eképpen hazánkra egységes várható értékek és anomáliaküszöbök sem adhatók meg. E felvétel kb. 1:500 000 léptékében elkülönítettük Magyarország geokémiai nagytájakait; meghatároztuk ezekre a várható értékeket; becsültük az ártéri üledékek változékonyságát. E tagolás és számértékeink helyességét az összeurópai felvételek (FOREGS Atlasz — SALMINEN ed. 2005, GEMAS Program — DE VIVO et al. 2013) messzeemenően igazolták.

A recens allúviumok változékonyságát hegy- és dombvidékeink patakfordalékainak vizsgálata alapján becsülhetjük. A hordalékok finom frakcióját 1992–98 között mintáztuk a MÁFI Geokémiai Főosztályán. Az áttekintő felvételek befejezése (FÜGEDI et al. 2007) óta fokozatosan ellenőrizzük az országos felvételek anomáliáit, és eközben lehetőségeinkhez mérten kiegészítjük, illetve összekötjük a részletesebben vizsgált területeit (pl. MARTH et al. 1998, BOROS 2008, FÜGEDI et al. 2010); ez a munka még tart. Többszöri próbálkozással sem találtunk megfelelő statisztikai eljárást az OES-sel vizsgált zempléni minták rendszerbe illesztésére, ezért 2013-ban újrazvizsgáltuk az 1989-ben gyűjtött hordalékmintákat, egyúttal újakat gyűjtöttünk a hegység lába körül, illetve a hiányzó pótlására. Az új elemzéseket 2015-ben kezdtük el (TÖRÖK et al. 2015) adatbázisunkba és térképsorozatunkba integrálni.

Kisebb, közel lokális területi vizsgálatokat más intézmények is végeztek, így pl. az MTA FKK Geokémiai Kutatólaboratóriumában a Kelet-Cserhát, a Karancs és a Mátra hegylábi területén vizsgáltak emberi hatástól viszonylag érintetlen erdei talajszelvényeket (pl. SIPOS 2003, SIPOS et al. 2005).

A talajminták változékonyságának tisztázására a TIM rendszer volt hivatott. Ennek eredményeit azonban sohasem publikálták, mert adatbázisában nemcsak az egyes laboratóriumok eredményei között vannak igen jelentős szisztematikus hibák, de az egyes laboratóriumok egyes eljáratai között is (TÖRÖK & FÜGEDI 2014). A négy évjáratban összegyűlt hatalmas adattömeg feldolgozásával jelenleg is próbálkozunk.

Agrogeokémiai mintaterületek (1978–)

Az agrogeológia az alkalmazott földtannak az az ága, amely a mezőgazdasági termelés (és erdészet stb.) szempontjából jelentős földtani tényezőket kutatja. Ezen belül az agrogeokémia döntően a (mezo- és mikro)-tápelemek át- és felhalmozódásával, azok táplálékláncba kerülésével foglalkozik. A megfelelő analitikai módszerek hiánya miatt földtani résztudománnyá csak viszonylag későn (Magyarországon az 1980-as évek második felében) válhatott; odáig e

kérdéseket (jóval kisebb mélységintervallumban) csak talajtani (pl. VÁRALLYAY 1967) és agrokémiai (pl. KÁDÁR 1991, 1992; CSATHÓ 1994) szempontból vizsgálták.

A nagyobb mélységintervallumot (a felszíntől a kétfázisú zóna felső részéig) átfogó agrogeokémiai kutatás sokáig az egyéb földtani adatok járulékos értelmezésére korlátozódott — így például GEDEON (1960b) a Zempléni-hegységben kimutatta, hogy a szőlőművelés mérhetően befolyásolja a patakvíz nehézfém-tartalmát. A mezőgazdasági talajok és az alattuk települő fiatal, laza üledékek mikrotápelem-készletét az Alföld térképezése közben mélyített fúrásokból először KUTI L. próbálta meghatározni Mórahalom környékén (FÜGEDI & KUTI 1982). Hamarosan kiderült, hogy ezen az úton az elégségest még csak megközelítő információ sem nyerhető. A módszertani kutatásokhoz olyan, viszonylag kis (pár száz négyzetmétertől 20–50 km²-ig terjedő) területeket kell vizsgálni, amelyeket sűrűn (egymástól 50–500 méterre) telepített fúrásokkal tárnak fel. Ezen, úgynevezett agrogeológiai mintaterületek (KUTI ed. 2009) közül egyeseken geokémiai vizsgálatokra is gyűjtöttek mintákat: Cigánd: BARTHA et al. (1987b); Gáspárszék: FÜGEDI (1987); Csabacsüd–Eperjes–Nagyszénás: BARTHA et al. (1989); Bugac: KERÉK & KUTI (2000); KUTI et al. (2002), FÜGEDI et al. (2009); Fülöp: KUTI et al. (2002), Fülöpháza: FÜGEDI et al. (2008); Hortobágy (Nyírő-lapos): KERÉK et al. (2009); Zánka, Szőlőskislak, Lovas, Balatonudvari, Visz: TOLMÁCS & KUTI (2013).

A módszertan leírása BARTHA et al. (1987a) óta változatlan. E vizsgálatokkal sikerült tisztázni a felszínközeli rétegek anyagforgalmának némely jellegzetességeit, kimutatni azt, hogy mindazokban az esetekben, amelyekben a gyökerek a talajvizet elérhetik, a növények ásványi anyagforgalmának megértéséhez vizsgálni kell a teljes rétegsort a kétfázisú zóna felső részéig (pl. KUTI 2009).

Hasonló elvi alapokon, mintaterületekre telepített tartamkísérletekkel vizsgálják a növények tápanyag-felvételét az agrokémikusok (BUZÁS 1987; KÁDÁR 1991, 1992). A vizsgálati közegek és a módszerek kölcsönös átfedése okán az agrogeológia, a talajtan és az agrokémia együttműködése

mintegy húsz éve folyamatos (pl. MOLNÁR et al. 1995; NÉMETH et al. 1997; TÓTH et al. 2001, 2009).

Tájgeokémia és környezeti hatásvizsgálatok (1985–)

Az agrogeológiához hasonlóan részterületek vizsgálatára összpontosít a tájgeokémia is. E tudományág alapjait PERELMAN (1972, 1986) rakta le. Ezeket az elveket a hazai gyakorlatba ANDÓ (1993) ültette át; az általa megkezdett kutatást BEREZSNÉ HORVÁTH E. folytatta (pl. BEREZSNÉ HORVÁTH & ANDÓ 1999). A Naszály mintaterületen figyelemre méltó eredményeket értek el, de anyagi és emberi erőforrásaik szűkössége miatt országos hálózat kiépítése a közeljövőben nem várható.

A geokémiai háttér meghatározása alapvetően a környezeti hatásvizsgálatok miatt fontos; az uniós jog ugyanis annak alapján minősít egy-egy területet szennyezettnek, hogy felhalmozódtak-e azon valamiféle antropogén folyamatok eredményeként e bizonyos háttérnél nagyobb koncentrációkban a jogszabályokban (6/2009 stb.) toxikusnak tekintett anyagok.

A konkrét környezeti hatásvizsgálatokat nemcsak azért nem tudjuk országos rendszerünkbe illeszteni, mert többnyire túl lokálisak túl kevés mintával — a nagyobb baj az, hogy eredményeik nem nyilvánosak, kevésbé hozzáférhetőek. Így például amikor a NATO ASI számára összeítettük a Magyarország antropogén higanyterheléséről elérhető tudnivalókat, az érintett szervezetek többsége (és a Környezetvédelmi Minisztérium is) megtagadta a közreműködést, így összeállításunk (FÜGEDI et al. 1996) meglehetősen csonka maradt. Így ehelyütt csak megemlíjtjük, hogy az utóbbi évtizedek valamennyi, nagy nyilvánosságot kapott környezetszennyezése (Gyöngyös-roszi, Metallochemia, tiszai ciánszennyezés, kolontári baleset) kellően tanulmányozott: okaikat és következményeiket egyaránt jól ismerjük.

Irodalom — References

- 10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről. — *Magyar Közlemények* **2000. június**.
- 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről. — *Magyar Közlemények* **2009**.
- AHRENS, L. H. 1954: The lognormal distribution of the elements. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* **5**, 49 p.
- AHRENS, L. H. 1963: Element distribution in igneous rocks. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* **27**, 929–938.
- ANDÓ J. 1993: Regionális környezetgeokémiai értékelés, mint az aktív környezetvédelmi stratégia része. — In: VERRASZTÓ Z. (szerk.): *Pest megye környezeti jellemzői I. Közép-Dunavölgyi Környezetvédelmi Felügyelőség*, Budapest, 30–38.
- BENKŐ F. (szerk.) 1970: *Ásványkutatás és bányaföldtan*. — Műszaki Kiadó, Budapest, 451 p.
- BARTHA A., FÜGEDI P. U. & KUTI L. 1987a: A felszínközeli rétegsorok mozgékony mikroelem háztartásának vizsgálatára kidolgozott „BFK” módszer és alkalmazásának tapasztalatai. — *Mérnökgeológiai Szemle* **36**, 91–106.
- BARTHA A., FÜGEDI P. U. & KUTI L. 1987b: Fiatal, laza üledékek mikrotápelem vizsgálata a Bodrogházban. — *MÁFI Évi Jel. az 1985. évről*, 165–186.
- BARTHA A., FÜGEDI P. U. & KUTI L. 1989: Agrogeológiai vizsgálatok Szarvas térségében. — *Agrokémia és Talajtan* **38**, 280–282.

- BERECZNÉ HORVÁTH E. & ANDÓ J. 1999: A geokémiai csapadék és gátak környezetgeokémiai szerepe és térképi ábrázolási lehetőségük bemutatása a Naszály térségi mintaterületen. — *Földtani Közlöny* **129/1**, 61–81.
- BERGH Á., GEDEON A. & STEGENA L. 1956: A folyóvizek nehézfémvizsgálatán alapuló kutató eljárásról. — *Geofizikai Közlemények* **5**, p. 4.
- BERGH Á., GEDEON A. & STEGENA L. 1957: On the geochemical investigation method utilizing the heavy metal content of running waters. — *Acta Geologica* **4**, 3–4.
- BERNHARDT B., CSÁSZÁR G., RADÓCZ GY., FÜGEDI P. U., KNAUER J., CSEH NÉMETH J., ZELENKA T. & SOMOS L. 1989: A kőszénprognózis, elő- és felderítő kutatás irányelvei. Színesfémérc elő- és felderítő kutatásának módszerei, érctechológiai elővizsg. Bauxitprognózis és bauxitlőkutatás módszerei és eszközei Mo-n. A hazai feketefémérc (Fe, Mn) elő- és felderítő kutatásának módszertana. Ásványbányászati nyersanyagok elő- és felderítő kutatásának módszertana. Kockázati tényezők matematikai-statisztikai alapjai. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 17607, 131 old. + mellékletek.
- BERTALAN, É., BARTHA, A., BALLÓK, M. & VARGA-BARNA, ZS. 2002: The influence of experimental leaching conditions for the determination of the soluble element content of soil and stream sediment samples. — *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* **82 (11–12)**, 771–784.
- BOROS A. 2008: A Gyöngyös patak hordalékának környezet-geokémiai vizsgálata. — *Kézirat*, TDK dolgozat. Miskolci Egyetem.
- BÖJTÖSNÉ VARRÓK K. 1964: A nyugatmagyarországi kristályospalák geokémiai vizsgálata. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 1294.
- BÖJTÖSNÉ VARRÓK K. 1972: Jelentés a Bükk-hegységi paleozoós képződmények geokémiai vizsgálatáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 3956.
- BÖJTÖSNÉ VARRÓK K. 1973: Az észak-magyarországi paleozoós képződmények geokémiai vizsgálata. — *MÁFI Évi Jel. 1971-ről*, 91–98.
- BÖJTÖSNÉ VARRÓK K. 1974: Metaszomatikus ércesedés nyomai a Bükk-hegység északi részén. — *MÁFI Évi Jel. 1972-ről*, 49–53.
- BÖJTÖSNÉ VARRÓK K., CSALAGOVITS I., VETŐ I., FÖLDVÁRYNÉ VOGL M., PELIKÁN P. & VETŐNÉ ÁKOS É. 1973: Rudabánya–Recsk (Darnó-öv) ércesedett tektonikai övezet geokémiai vizsgálata. 5. füzet, — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 4866.
- BUZÁS I. 1987: Mútrágyázási kísérletek a gyakorlatban. — In: BUZÁS I. (szerk.): *Bevezetés a gyakorlati agrokémiába*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 228–233.
- CSALAGOVITS I. 1968: A mecseki triász ritkafémvizsgálata. 1967–68. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 3942, 39 p.
- CSALAGOVITS I. 1972: Beszámoló a rudabányai nagymélységű szerkezetkutató mélyfúrások mintanyagának 1972. évi vizsgálatáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 3956.
- CSALAGOVITS I. 1979: Ritkafém-vizsgálatok (KFH 2. sz. célprogram, 1. témacsalád). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 8759, 67 p.
- CSALAGOVITS I. & FÜGEDI P. U. 1983: Geokémiai kutatások tervezése. Irányelvek a terepi mintavételre és mintaelőkészítésre. 2. füzet. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 12385.
- CSALAGOVITS I. & NAGY G. 1986: Metallometriai térképezés. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 17160, 182–208.
- CSALAGOVITS I., & VIRÁGH K. 1968: Rétegtani szinthez kötött réz és ólom-cink indikációk a Magyar Népköztársaság területén. I–II. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 1965.
- CSALAGOVITS I., DIENES I., FÜGEDI P., HETÉNYI R., HETÉNYI R.-NÉ, JANTSKY B. & ZENTAI P. 1976: A Dél-dunántúli érc kutatás geokémiai előkészítése. B-téma. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 5873, 229 p.
- CSATHÓ P. 1994: *A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrár-termelés*. — Tematikus szakirodalmi szemle. MTA-TAKI, Budapest, 182 p.
- DE VIVO, B., ALBANESE, S., LIMA, A., CICCHELLA, D., DINELLI, E., VALERA, P., REIMANN, C., BIRKE, M., DEMETRIADES, A. & GEMAS Project Team 2013: GEMAS: The geochemical mapping of agricultural and grazing land soils of Europe. — E3S Web of Conferences *Volume 1, 2013. Proceedings of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130138004>
- ELSCHOLZ L. 1994: Hidrogeokémiai felvétel a Zempléni-hegységben. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 16725, 6 p. + mell.
- ELSCHOLZ L. & NÉMETH L. 1969: Ércfeldúsulások szórásudvarának felderítésére alkalmas módszer. — *Hidrológiai Közlöny* **6**, 258–272.
- FÖLDVÁRYNÉ VOGL M. 1970: *Összefoglaló értékelő jelentés a területi ritkalemekutatás tájékoztató jellegű kutatási fázisának eredményeiről*. — MÁFI, Budapest, 95 p.
- FÖLDVÁRYNÉ VOGL M. 1975: *A területi geokémia kutatás elméleti és gyakorlati módszerei*. — Akadémiai kiadó, Budapest, 272 p.
- FÖLDVÁRI A.-NÉ, BÖJTÖS Á.-NÉ, CSALAGOVITS I. & VETŐ I. 1972: Beszámoló jelentés a Rudabánya–Recsk (Darnó-öv) ércesedett tektonikai övezet geokémiai vizsgálata című állami kutatási szerződés 1972. évi teljesítéséről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 3956.
- FÜGEDI U. 1986: A szóródási nyelvek vizsgálatának eredményei. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 17160, 128–141. (+ mellékletek),
- FÜGEDI P. U. 1987: Jelentés a Gáspárszék területén gyűjtött, agrogeokémiai minták anyagvizsgálatának tapasztalatairól. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 14091, p. 5. (+ mellékletek).
- FÜGEDI U. 2004: Geokémiai háttér és nehézfémzennyezés Gyöngyösorszi térségében. — *Földtani Közlöny* **134/2**, 291–301.
- FÜGEDI P. & CSALAGOVITS I. 1977: A Mecsek-hegységi ritkafémkutatás eredményei. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 6885, 27 p.
- FÜGEDI P. U. & KUTI L. 1982: Kísérleti mikroelem vizsgálatok a Mórahalom környéki talajokon. — *MÁFI Évi Jel. az 1978. évről*, 93–102.
- FÜGEDI U., SZEBÉNYI G., GASZTONYI É., CSILLAG J., BERTALAN É., CSALAGOVITS I., SÁSDI L., NÁDOR A. & VÍG A.-NÉ 1991: A recski mélységi színesfémérc-lelőhely geokémiai etalonvizsgálata. „Szkarnos” réz- és cinktelepek (É-i bányamező). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 15737, 255 p. + mellékletek.

- FÜGEDI, U., MOYZES, A., ÓDOR, L. & VETŐ-ÁKOS, É. 1996: Case studies on mercury related environmental problems in Hungary. — In: BAEYENS, W., EBINGHAUS, R. & VASILIEV, O. (eds): *Regional and Global Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances. — Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Regional and Global Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances, Novosibirsk, Russia, July 10–14, 1995* Series: Nato Science Partnership Subseries: 2 (closed), Vol. 21. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- FÜGEDI P. U., SCHAREK P., HARANGI SZ., SZAKMÁNY GY., Ó. KOVÁCS L., KOVÁCS P. G. & ÓDOR L. 2004: Földtani formációk elemtartalom adatbázisának összeállítása. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 21163, 265 + 193 p.
- FÜGEDI U., HORVÁTH I. & ÓDOR L. 2006: Geokémiai háttér és a természetes eredetű környezeti terhelés Magyarország felszíni képződményeiben. — In: SZENDREI G. (szerk.): *Magyarország környezetgeokémiai állapota*. Innova Print Kft., Budapest, 11–21.
- FÜGEDI U., HORVÁTH I. & ÓDOR L. 2007: Geokémiai háttértértek Magyarország hegyvidéki területein. — *Földtani Közlemény* **137/1**, 63–74.
- FÜGEDI U., POCSAI T., KUTI L., HORVÁTH I. & VATAI J. 2008: A mészfelhalmozódás földtani okai Közép-Magyarország talajaiban. — *Agrokémia és Talajtan* **57/2**, 239–260.
- FÜGEDI U., KERÉK B. & KUTI L. 2009: A bugaci mintaterület sekélyfúrásainak geokémiai értékelése. — *Kézirat*, MFGI, Budapest, 20 p.
- FÜGEDI, U., SZENTPÉTERY, I., CHIKÁN, G. & VATAI, J. 2010: The Rudabánya–Martonyi mineralization: possible geochemical reconstruction. — *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* **5/2**, 81–88.
- FÜGEDI U., KUTI L., VATAI J., MÜLLER T., SELMECZI I. & KERÉK B. 2012: No unique background in geochemistry. — *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* **7/4**, 89–96.
- FÜGEDI U., KUTI L., SZENTPÉTERY I., KERÉK B. & TOLMÁCS D. (in press): Generalities and outliers in the microelement spectrum of Hungarian soil samples. — *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*.
- GEDEON A. 1957a: Jelentés a Mátra hegységben 1955-ben végzett ércutatás geokémiai kutatásokról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, 099–Gf. 290, 13 p. + mell.
- GEDEON A. 1957b: Időszaki jelentés a Mátra hegységben 1956 és 1957-ben végzett geokémiai kutatásokról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 5677, 3 p. + mell.
- GEDEON A. 1958: Kísérletek hidrogeokémiai és nyomelem spekroszkópiai eljárások bevezetésére. — Jelentés az 1958/III.b/2 témáról, 4 p.
- GEDEON A. 1960a: Időszaki jelentés a Zempléni hegységben végzett hidrogeokémiai mérésekről. 4. sz. Bózsva és Tolcsva vízrendszer. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, G. 342, 2 p. + mell.
- GEDEON A. 1960b: Időszaki jelentés a Zempléni hegységben végzett hidrogeokémiai mérésekről. 5. sz. Bózsva Tolcsva vízgyűjtője közötti terület. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, G. 343, 2 p. + mell.
- GEDEON A. 1960c: Időszaki jelentés a Zempléni hegységben végzett hidrogeokémiai mérésekről. 6. sz. Hernád-vízrendszer. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, G. 344, 2 p. + mell.
- GEDEON A. 1962: Geokémiai mérések a Mátra hegységben. Előadás kivonata. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 1303, 2 p.
- GEDEON A. 1964: Geokémiai mérések a Mátrahegységben. — *MÁFI Évi Jel. 1962-ről*, 337–348.
- GEDEON A. 1965: Jelentés a Mátra hegységi geokémiai mérésekről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 1480, 15 p. + mell.
- GEDEON A. 1967: A Kőszegi-hegység prognosztikus hidrogeokémiai térképe. — *MÁFI Évi Jel. 1965-ről*, 517–531.
- GEDEON A., KOVÁCS B. & VIDACS A. 1959: Hidrogeokémiai és metallometriai felvételek a Mátrában. 1956–1958. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 4900, 9 p. + mell.
- GONDI F., HARTYÁNI ZS., NEMECZ E., SIPOS P. & SZENDREI G. 2004: A hazai környezet-geokémiai kutatások néhány eredménye. — *Magyar Kémiai Folyóirat — Összefoglaló közlemények* **109–110/4**, 204–210.
- GRIGOR'JAN, SZ. V. 1974: Geohimicszeszküje metodü pri póiszkah endogénnyh rúdnüh mesztorozsnyij. Moszkva, — *IMGRE*, 208 p.
- GRIGOR'JAN, SZ. V. & MOROZOV, V. I. 1985: Vtoricsnyuje lithimicszeszküje oreólü pri póiszkah szkrútogo orugenyenyija. — *Izd. „Naúka”*, Moszkva, 238 p.
- GROSZ, A. E., SIKHEGYI, F. & FÜGEDI, U. P. 1985: Economic heavy minerals of the Danube river floodplain sediments and fluviolacustrine deposits of northwestern and central Hungary. — *Geophysical Transactions* **31/1–3**, 157–167.
- HARTIKAINEN, A., HORVÁTH, I., ÓDOR, L., Ó. KOVÁCS, L. & CSONGRÁDI, J. 1992: Regional multimedia geochemical exploration for Au in the Tokaj Mountains, northeast Hungary. — *Applied Geochemistry* **7**, 553–545.
- HORVÁTH I. 1994: *Geokémiai tevékenység*. — 125 éves a magyar Állami Földtani Intézet — tanulmánykötet, 93–98.
- HORVÁTH I., ÓDOR L. & FÜGEDI P. U. 1988: A Tokaji hegység áttekintő geokémiai felvételezése. (Nemesfém- és higanykutatás.) Programjavaslat. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 17275, p. 12. (+ mellékletek).
- HORVÁTH I., ÓDOR L. & FÜGEDI P. U. 1990: A Tokaji hegység áttekintő geokémiai felvétele. — Kutatási zárójelentés (1989–1990). 93 p. + mell.
- HORVÁTH I., ÓDOR L., FÜGEDI U. & HARTIKAINEN, A. 1993: Aranyindikációk a Tokaji-hegységi geokémiai ércutatásban. Gold indications in the regional-scale geochemical survey of the Tokaj Mts. (Hungary). — *Földtani Közlemény* **123/4**, 363–378.
- HORVÁTH I., FÜGEDI U., ÓDOR L. & TUNGLI GY. 1994: Telkibánya környékének felszíni geokémiai vizsgálata. — *Topographia Mineralogica Hungariae* **2**, 133–139.
- HORVÁTH, I., FÜGEDI, U., GRILL, J., ÓDOR, L. & TUNGLI, GY. 1999: A detailed soil-geochemistry survey for gold concentrations in the area between Füzérkajata and Vilyvitány, the Tokaj range, NE Hungary. — *Ann. Rep. of the Geological Institute of Hungary* **1992–1993/II**, 93–102.
- HUFF, L. C. 1948: A sensitive field test for heavy metals in water. — *Economic Geology* **43**, 675–684.

- KÁDÁR I. 1991: *A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata*. — Környezetvédelmi Miniszt., MTA TAKI. Akaprint, 104 p.
- KÁDÁR I. 1992: *A növénytáplálás alapelvei és módszerei*. — MTA TAKI (Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet). Budapest. 398 p.
- KERÉK, B. & KUTI, L. 2000: Ecogeological research on the western part of the Danube–Tisza Interfluve. — *31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brasil, Abstract Volume (CD)*
- KERÉK, B., FÜGEDI, U., KUTI, L. & VATAI, J. 2009: Spatio-temporal changes of the nitrate-ion concentration in the groundwater. — *Geophysical Research Abstracts Vol. 11., EGU2009-11244. EGU General Assembly*. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2009/EGU2009-11244.pdf>
- KERÉK, B., FÜGEDI, U. & JORDÁN, GY. 2011: Environmental geochemical problems in Hungary. — *GEOMED 2011, September 20–25 2011, Bari, Italy*, p. 67.
- KGST, T 80 csoport, 1987: *Metódika izgotovlénijija i atesztácii sztandártnük obrazcöv szosztáva górnüh poród i mineral’ nogo szür’ja. [Kőzet- és ásványi nyersanyag standard mindák elkészítésének és hitelesítésének módszertana — oroszul.]* — KGST szabvány 5892–87, 44 p.
- KOCH S. 1953: A geokémia szerepe a földtani kutatásokban. — *Földtani Közöny* **83**, 78–86.
- KORPÁS L. 2000: Carlin arany Magyarországon. — *Kézirat*, Akadémiai Doktori értekezés. MÁFI, Budapest.
- KORPÁS L., ÓDOR L., HORVÁTH I., CSIRIK GY., HAAS J., HOFSTRA, A. & LEVENTHAL, J. 1997: Carlin arany Magyarországon. — *Földtani Kutatás* **34/4**, 3–8.
- KORPÁS, L. & HOFSTRA, A. 1999: Carlin Gold in Hungary. — *Geologica Hungarica series Geologica* **24**, 331 p.
- KOVÁCS P. G., ÓDOR L. & HORVÁTH I. 1993: Geokémiai érc kutatás Magyarországon — történeti áttekintés. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 19388, 8 p. + mell.
- KUBOVICS I. 1956: A Velencei-hegység talajának nyomelemvizsgálata. — *Földtani Közöny* **86**, 217–243.
- KUTI, L. (ed.) 2009: *Agrogeology*. — Dura Stúdió, Budapest, 99 p.
- KUTI L. & FÜGEDI P. U. 1987: A felszínközeli rétegek mozgékony mikroelem-háztartásának vizsgálata. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 14091, 11 p. + mell.
- KUTI L., MOLNÁR P., GYURICZA GY., ELEK I., VERMES J. & SALLAI M. 1987: Magyarország recens és fosszilis torlatainak kutatása. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 14090, 12 p.
- KUTI L., ZENTAI T. & KERÉK B. 2002: A Bugaci- és Fülöpi-mintaterületek felszín-közeli üledékeinek kalcium-karbonát tartalma. — *MÁFI Évi jelentés 1997–1998-ról*, 107–117.
- MARTH P. & KARKALIK A. 2004: A Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) rendszer módszertana, működése, informatikai rendszere. — *Kézirat*, MTA-TAKI, 29 p. http://www.google.hu/url?sa=t&rc=t&j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kep.taki.iif.hu%2Ffile%2FTalaj_Marth.doc&ei=PJBPU6ubNYeJywO0goDwCg&usq=AFQjCNH0dBnGCxSF7xK6jqh0Zd8UwfmFdQ&sig2=ZICGJatnOlv1q9iY3XYsBA&bvm=bv.64764171.d.bGQ
- MARTH P., KARKALIK A., SZALAI L., ÓDOR L., HORVÁTH I. & FÜGEDI U. 1998: A szomszédos országokból belépő folyók határközeli árterének vizsgálata szervetlen és szerves szennyező anyagokra. A Sajó ártere. — *Központi Környezetvédelmi Alap, támogatási megállapodás*, p. 44.
- MOLNÁR, B., FÉNYES, J., NOVOSZÁTH, L. & KUTI, L. 1995: Application and Comparison of the Results of Optical and Scanning Electron Mikroskopik Methods for Grai-Shape Examination on Quaternary Formations. — *GeoJournal* **36/2**, 157–168.
- MOLNÁR P., GYURICZA GY. & RADÓCZ GY. 1989a: Jelentés a „Magyarország recens és fosszilis torlatainak kutatása” c. program 1988. évi teljesítéséről (Győrzámoly). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, NyMo0394.
- MOLNÁR P., GYURICZA GY. & THAMÓNÉ BOZSÓ E. 1989b: Jelentés „Magyarország recens és fosszilis torlatainak kutatása” című program 1988. évi teljesítéséről. (Gönyű, Győrzámoly). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 14806
- MOLNÁR P., GYURICZA GY. & THAMÓNÉ BOZSÓ E. 1990: Jelentés a „Magyarország recens és fosszilis torlatainak kutatása” c. program 1989. évi munkálatairól. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 15078.
- MORVAI G. & PANTÓ G. 1967: Magyarország metallogenetikai térképe. — *MÁFI Évi Jel. 1965-ről*, 481–493.
- NAGY B. 1971a: Jelentés a nagybörzsönyi hidrotermális ércesedés geokémiai vizsgálatáról. — *MÁFI Évi Jel. 1969-ről*, 245–269.
- NAGY B. 1971b: A Börzsöny hegységi földtani képződmények áttekintő geokémiai vizsgálata. — *MÁFI Évi Jel. 1970-ről*, 35–38.
- NAGY B., PELIKÁN P. & VIG-FEJES M. 1973: A Börzsöny hegységi források hidrometallometriai vizsgálata. — *MÁFI Évi Jel. 1971-ről*, 47–59.
- NAGY E. 1968: A Mecsek hegység triász időszaki képződményei. — *MÁFI Évkönyv* **51/1**, 198 p.
- NAGY G. 1973: Elektrokémiai módszerek alkalmazása a Börzsöny hegység áttekintő geokémiai térképezésénél. — *MÁFI Évi Jel. 1971-ről*, 237–244.
- NAGY G. 1988: A Középső- és a Nyugati-Mátra ércelőkutatása (1980–1985). — *MÁFI Évi Jel. 1986-ről*, 129–136.
- NAGY G., CSALAGOVITS I., CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E., FÜGEDI P. U., KALAFUT M., NAGY B. & VETÓNÉ ÁKOS É. 1986: Ércföldtani előkutatás a Középső- és Nyugat-mátra területén, 1980–85. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 17160, 341 p.
- NÉMETH T., SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI Zs., ÓDOR L., HORVÁTH I., FÜGEDI U., MARTH P. & SZALAI L. 1997: A magyarországi talajok alapterheltségi szintjének leírása, a talajok környezeti háttértértékeinek (az emberi tevékenységekkel közvetlenül nem érintett talajok minőségi értékeinek) megadása. — Budapest, 46 p.
- ÓDOR L., DUDKO A. & GYALOG L. 1982: A Velencei-hegység északkeleti részének metallometriai értékelése. — *MÁFI Évi Jel. 1980-ről*, 211–227.
- ÓDOR L., HORVÁTH I. & FÜGEDI U. 1995a: Az Országos Geokémiai Felvételek kontrollmintái. Előzetes értékelés. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 17009, 18 p. + mellékletek.
- ÓDOR L., HORVÁTH I. & FÜGEDI U. 1995b: Magyarország geokémiai térképe. (Jelentés a témában, 1995 végéig elért eredményekről.) I. Magyarország geokémiai térképsorozata, II. A regionális környezeti terhelés. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 17058, 54 p. + mellékletek.

- ÓDOR, L., HORVÁTH, I. & FÜGEDI, U. 1996: Low-density Geochemical Survey of Hungary. — *Environmental Geochemical Baseline Mapping in Europe Conference, Spiška Nova Ves, Slovakia, May 21–24, 1996, Volume of Abstracts*, 53–57.
- ÓDOR, L., HORVÁTH, I. & FÜGEDI, U. 1997a: Low-density geochemical mapping in Hungary. — In: MARSINA, K. & VRANA, K. (eds): *Environmental Geochemical Baseline Mapping in Europe*. — *Journal of Geochemical Exploration* **60/1**, 55–66. DOI: 10.1016/S0375-6742(97)00025-3.
- ÓDOR, L., HORVÁTH, I. & FÜGEDI, U. 1997b: Észak-Magyarország nemesfém perspektívái a patakfordalékok geokémiai felvétele alapján. (Precious metal perspectives of northern Hungary based on stream sediment survey). — *Földtani Kutatás* **34/2**, 9–12.
- ÓDOR, L., WANTY, R. B., HORVÁTH, I. & FÜGEDI, U. 1999: Environmental signatures of mineral deposits and areas of regional hydrothermal alteration in Northeastern Hungary. — *Geologica Hungarica ser. Geologica* **24**, 107–139.
- PERELMAN, A. I. 1972: *Geochemistry of elements in the supergene zone*. — “Nyedra”, Moszkva, 266 p.
- PERELMAN, A. I. 1986: Geochemical barriers: theory and practical application. — *Applied Geochemistry* **1**, 669–680.
- RAINCSÁK, GY. 1993: *Metallogenic Map of Hungary. Geological Atlas of Hungary*. — MÁFI, Budapest.
- REIMANN, C. & GARRETT, R. G. 2005: Geochemical background — concept and reality. — *Sci. Total Environ.* **350**, 12–27.
- REIMANN, C., GARRETT, R. G. & FILZMOSER, P. 2005: Background and threshold — critical comparison of methods of determination. — *Sci. Total Environ.* **346**, 1–16.
- RISCHÁK, G. 1964: A velencei-hegységben végzett alkalmazott geokémiai kutatások, 1962. — *MÁFI Évi Jel. 1962-ről*, 481–493.
- SALMINEN, R. (chief-editor) 2005: *Geochemical atlas of Europe. Part 1. Background information, methodology and maps*. — Geological Survey of Finland, Espoo, 526 p.
- SANDSTRÖM, H., REEDER, S., BARTHA, A., BIRKE, M., DAVIDSEN, B., GRIMSTVEDT, A., HAGEL-BRUNNSTRÖM, M-L., KANTOR, W., KALLIO, E., KLAVER, G., LUCIVJANSKY, P., MACKOVYCH, D., MJARTANOVA, H., VAN OS, B., PASLAWSKI, P., POPIOLEK, E., SIEWERS, U., VARGA-BARNA, Zs., VAN VILSTEREN, E. & ØDEGÅRD, M. 2005: Sample Preparation and Analysis. — In: SALMINEN, R. (Chief-editor): *Geochemical atlas of Europe. Part 1. Background information, methodology and maps*. — Geological Survey of Finland, Espoo.
- SINGH, A. K. 1975: A talajgeokémiai vizsgálatok, mint alkalmazható geokémiai kutató-módszer a rőzsabányai területen. — *Földtani Közlöny* **105**, 193–207.
- SIPOS, P. 2003: Distribution of Cu, Ni, Pb and Zn in forest soil profiles from the Cserhát Mts., NE Hungary. — *Acta Mineralogica-Petrographica* **44**, 43–50.
- SIPOS, P., NÉMETH, T. & MOHAI, I. 2005: Distribution and possible immobilization of lead in a forest soil (Luvisol) profile. — *Environmental Geochemistry and Health* **27/1**, 1–10.
- SOMOS, L., BERNHARDT, B., CSÁSZÁR, G., RADÓCZ, GY., FÜGEDI, P. U., KNAUER, J., CSEH, NÉMETH, J., ZELENKA, T. & Ó. KOVÁCS, L. 1989: Elő- és felderítő kutatási módszerek. (Kőszénprognózis, színesfémérc, bauxitprognózis és bauxitelőkutatás, feketefémérc (Fe, Mn), ásványbányászati nyersanyagok, matematikai statisztika és geostatistika, kockázati tényezők matematikai-statisztikai alapjai). — *Kézirat, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár*, T. 17168, 141 p. + mellékletek.
- STEINER, F. 1990: *A geostatistika alapjai*. — Tankönyvkiadó, Budapest, 363 p.
- STEINER, F. (ed.) 1997: *Optimum Methods in Statistics*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 370 p.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. 1955: A geokémia közvetlen gyakorlati alkalmazásai. — In: SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: *Geokémia*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 29–31.
- SZMIRNOV, A. A., RUDNYIK, V. A., DINKOV, N. M. & PANAJTOV, A. I. (eds) 1979: *Principi i metodii geohimicseskikh issledovaniy (oroszul)*. — Leningrád, Nyédra, 247 p.
- THAMÓ-BOZSÓ, E. & Ó. KOVÁCS, L. 2007: Evolution of Quaternary to modern fluvial network in the Mid-Hungarian Plain, indicated by heavy mineral distributions and statistical analysis of heavy mineral data. — In: MANGE, M. A. & WRIGHT, D. (eds): *Heavy minerals in use. Development in sedimentology* **58**, 491–514.
- THAMÓNÉ BOZSÓ, E., SÍKHEGYI, F., MOLNÁR, P., KAISER, M., GYURICZA, GY. & SALLAY, M. 1990: A Szigetköz folyóvízi formái és nehézasvány torlatai. Kiválasztott mintaterületek torlatkutatási célú elemzése (Győrzámoly, Horvátkimle, Lovadi-rét – Ács). Győrzámolyi fúrások nehézasvány vizsgálati eredményei. — *Kézirat, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár*, T.15059.
- THAMÓNÉ BOZSÓ, E. & KERCSMÁR, ZS. 2000: A Körös-medence negyedidőszaki beszállítási irányainak változása a homokok ásványi összetétele és a tektonikai háttéresemények alapján. — *Földtani Közlöny* **130/4**, 647–671.
- THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS. & NÁDOR, A. 2002: Tectonic control on changes in sediment supply: Quaternary alluvial systems, Körös sub-basin, SE Hungary. — In: JONES, S. J. & FROSTICK, L. E. (eds): *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences. Geological Society, London, Special Publication* **191**, 37–53.
- THAMÓ-BOZSÓ, E., Ó. KOVÁCS, L., MAGYARI, Á. & MARS, I. 2014: Tracing the origin of loess in Hungary with the help of heavy mineral composition data. — *Quaternary International* **319**, 11–21.
- TOLMÁCS, D., KUTI, L. 2013: A szőlőművelés hatása a talajok réztartalmára agrogeológiai mintaterületeken. — „A réz bio- és környezet-geokémiája” *ankét, MTA Kutatóház, 2013. június 4.* p. 4.
- TÓTH, T., KUTI, L., KABOS, L. & PÁSZTOR, L. 2001: Use of digitalized hydrogeological maps for evaluation of salt-affected soils of large areas. — *Arid Land Research and Management* **15**, 329–346.
- TÓTH, T., PÁSZTOR, L., KABOS, S. & KUTI, L. 2009: *Saline soils of Hungary: the prediction of their distribution on the basis of hydrogeological maps*. — ISBN 978:5:9274 0395:0 Petrozavodszk. (In Russian.)
- TÖRÖK, K. & FÜGEDI, U. 2014: Magyarország geokémiai atlasza. — *Kézirat, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár*, 15 p.
- TÖRÖK, K., FÜGEDI, U. & BARCZIKAYNÉ SZEILER, R. 2015: 7.4. Magyarország geokémiai atlasza. — *Kézirat, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár*, 48 p.
- VETŐ, I. 1972: Jelentés az Aggteleki és Rudabányai hegység területén 1972-ben végzett geokémiai érckutatásról. — *Kézirat, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár*, Ter. 3956.

- VETŐ I. & PELIKÁN P. 1973: Jelentés az Aggteleki- és a Rudabányai-hegység területén 1973-ban végzett geokémiai érckutatásról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 4866. 7+8 p.
- VÍG A.-NÉ, ZENTAI P., BERTALAN É., FÜGEDI P., ROZS J.-NÉ, KLOTZ I. & CSALAGOVITS I. 1978: „A ritkafémkataszter kiegészítése és fejlesztése” című állami kutatási szerződés 1978. évi teljesítése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Ter. 7576, 15 p.
- VÁRALLYAY Gy. 1967: A Dunavölgyi talajok sófelhalmozódási folyamatai. — *Agrokémia és Talajtan* **16/3**, 327–349.
- ZENTAI P. 1964: Geokémiai térképezés a Tokaji-hegységben. — *MÁFI Évi Jel. 1962-ről*, 437–447.
- ZENTAI P. 1965: A tokaji-hegységi geokémiai adatok feldolgozásának tapasztalatai. — *MÁFI Évi Jel. 1963-ról*, 265–278.