

Relationes Annue Institutii Geologici Publici Hungarici

A Magyar Állami Földtani Intézet

Évi Jelentése

2000–2001

Annual Report

of the Geological Institute of Hungary



Budapest, 2003

© Copyright Magyar Állami Földtani Intézet (Geological Institute of Hungary), 2003
Minden jog fenntartva! All rights reserved!

Lektorok — Reviewers:

FÓRIZS ISTVÁN, GÓCZÁN FERENC, GYALOG LÁSZLÓ, HORVÁTH ISTVÁN,
KALMÁR JÁNOS, KARÁTSON DÁVID, KÁKAY SZABÓ ORSOLYA, LESS GYÖRGY,
SZEDERKÉNYI TIBOR, SZTANÓ ORSOLYA,

Sorozatszerkesztő — Serial editor:

BALLA ZOLTÁN

Szakszerkesztő — Scientific editor:

PIROS OLGA

Műszaki szerkesztő — Technical editor:

SIMONYI DEZSŐ

Számítógépes nyomdai előkészítés — DTP:

PIROS OLGA, SIMONYI DEZSŐ, TIEFENBACHER ILDIKÓ

Borítóterv — Cover design:

SIMONYI DEZSŐ



Kiadja a Magyar Állami Földtani Intézet — Published by the Geological Institute of Hungary

Felelős kiadó — Responsible editor:

BREZSNYÁNSZKY KÁROLY
Igazgató — Director

HU ISSN 0368–9751

Tartalom — Contents

Működési jelentés — Activity Report

BREZSNYÁNSZKY KÁROLY: Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2000. évi tevékenységéről	7
BREZSNYÁNSZKY KÁROLY, BODOKY TAMÁS: A Magyar Állami Földtani Intézet és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet kutatási programja 2001–2003	27
BREZSNYÁNSZKY KÁROLY: Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2001. évi tevékenységéről	47

Szakkikkek — Scientific publications

HORVÁTH ISTVÁN, SZÓCS TEODÓRA, FÜGEDI UBUL, FÓRIZS ISTVÁN, MOLNÁR PÉTER: Budapest hóvizsgálata — Snow analyses at Budapest	65
BODNÁR ERIKA: Negyedidőszaki kavicsüledékek hasznosításának tájképi hatása Kiskunlacháza környékén — Landscape ecology of utilization of Quaternary gravel deposits in the vicinity of Kiskunlacháza	75
NÉMETH KÁROLY, ÜLRIKE MARTIN: Lepusztult freatomagmás vulkáni kráter és kürtökitöltés-roncsok (diatrémák) a Bakony–Balaton-felvidék vulkáni területen — Eroded phreatomagmatic crater and vent filling pyroclastic deposits (diatremes) from the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field, Hungary	83
CHIKÁN GÉZA: A nyugat-mecseki neogén kavicsüledékek genetikája és hasznosítási lehetőségeik	101
KALMÁR JÁNOS, SZURKOS GÁBOR, KOVÁCS-PÁLFFY PÉTER: Üledékképződés és közettéválás a dél-budai Kiscelli Agyag Formációban, a IV. sz. metró nyomvonalán mélyült fúrásokban — Sedimentation and lithification in the Kiscell Clay Formation from South Buda, in the boreholes deepened in the pathway of the (projected) IVth Metro Line	107
KÓKAI ANDRÁS, SIEGLNÉ FARKAS ÁGNES: Kiegészítő adatok a Mezőföld aljzatának ismeretéhez — Some supplementary data to the knowledge of the Mezőföld basement	125
FODOR LÁSZLÓ, KOROKNAI BALÁZS: Többfázisú gyűrődés a hidvégardói Nagy-kőn (Tornai-egység, ÉK-Magyarország) — Multiphase folding on the Nagy-kő, Hidvégardó (Torna Unit, NE Hungary)	133
SOLT PÉTER, DON GYÖRGY, DETRE H. CSABA, GÁLNÉ SÓLYMOS KAMILLA, KISS ÁRPÁD ZOLTÁN, UZONYI IMRE: Új rétegtani és szferulakutatási adatok a bükki felső-permből és a perm/triász határról — New spherule occurrence and biostratigraphical results from the Upper Permian and P/Tr sections of the Bükk Mts (North Hungary)	143
VLADIMIR ALEXANDROVICH UTENKOV (With foreword and epilogue by ZOLTÁN BALLA, and ENIKŐ SALLAY): Petrology of the Mórággy Granite (SW Hungary) based on the Bátaapáti (Üveghuta) boreholes — A mórággyi gránitközetek petrológiája Bátaapáti környéki fúrások vizsgálata alapján	153
CSEERNY TIBOR, PRÓNAY ZSOLT: Limnogeológiai vizsgálatok a Gyöngyösesorosi Ipari Víz tározón — Limnogeological investigations on the Gyöngyösesorosi Industrial Water Reservoir	189

Működési jelentés — Activity Report

Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2000. évi tevékenységéről

DR. BREZSNYÁNSZKY KÁROLY
igazgató

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143. Stefánia út 14.

Előszó

A Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) 2000-ben, fennállásának 134. évében teljesítette az előirányzott kutatási és közszolgálati feladatait. A jelen tevékenységünkről szóló beszámoló elsősorban a központi költségvetésből finanszírozott állami feladatok teljesítéséről ad számot. Rövid összefoglalót adunk néhány fontosabb külső megbízási munkánkról, amelyek az alaptevékenység keretében végzett szolgáltatások körébe tartoznak, és a költségvetés bevételi irányzatának részleges teljesítését tették lehetővé. Végül ismertetjük néhány hazai és külföldi pályázat eredményét.

Az Intézet kutatási feladatait az 1998–2000 évekre szóló középtávú koncepció alapján végezte. A hároméves periódus utolsó éve a folyó kutatási projektek túlnyomó részének lezárását irányozta elő, amit kisebb eltérésekkel sikerült is teljesíteni. Valamennyi kutatási témáról összefoglaló jelentés készült, melyek az Adattárban nyertek elhelyezést, ezen kívül térképek, adatbázisok és földtani modellek bizonyítják az eredményesen elvégzett munkát. Az Intézet működésének továbbra is meghatározó jellemzője volt a nemzeti kutatóintézet jellegének megőrzése és a nemzetgazdaság által igényelt közszolgálati feladatok teljesítése.

Az Intézet kutatási tevékenységének 1996-ban meghatározott prioritásait az előző évekhez hasonlóan sikerült érvényesíteni. Ezek közül is kiemelt szerepet kapott a Magyarország 1:100 000-es digitális földtani térképsorozatának előállítás, az egyes térképlapokhoz rendelt tematikus adatbázisok építése, valamint a szöveges és térképi kiadványok megjelenítése.

Az Intézet a 2000. év tervfeladatait teljesítette. Kivételt képez a költségvetés rendkívüli mértékben megemelt, egyébként nehezen tervezhető, külső bevételi előírán-

tának teljesítése. Az elmaradás csaknem 50%-os, azaz a külső megbízási munkáinkból származó bevételek ilyen mértékben maradtak el a költségvetés által megkívánttól. Ennek ellenére, a körültekintő gazdálkodásnak köszönhetően az Intézet pénzügyi egyensúlyát sikerült megőrizni, kiadásaink a bevétel szintje alatt maradtak, nincsenek köztartozásaink, az évet pozitív gazdasági mérleggel zártuk. A költségvetési támogatás személyi előirányzata továbbra sem fedezte a szükséges minimumot, és a költségvetési feladatok teljesítésének feltételrendszerét is részben a külső szerződéses bevételekből teremtettük meg. Legjelentősebb szerződéses partnereink az elmúlt évben is a Környezetvédelmi Minisztérium, a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht., és a MOL Rt. voltak.

Az Intézet egyre növekvő feladatait 1994 óta csaknem változatlan létszám és költségvetési támogatás feltételrendszerében teljesítette. Az Intézet 2000. évi átlagos statisztikai létszáma 138 fő volt, a munkajogi létszám max. 159 (év közben kismértékben változó) fő, ebből tudományos kutató 100 fő.

Az Intézet projekt rendszerben folytatta kutatási tevékenységét, amihez a szakmai-adminisztratív kereteket a programoknak megfelelő főosztályok biztosították. Az egyes kutatási feladatok megvalósítása, ahol ez indokolt volt, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézettel (ELGI) egyeztetett módon történt. A projektekbe nem szervezhető kutatóintézeti feladatokat, mint a laboratóriumi, térinformatikai szolgáltatás, könyvtár, múzeum, osztályok látták el. A kutatási tevékenység tudományos színvonalának egyik fokmérője az a több mint 200 tételből álló publikációs lista, amely az Intézet kutatóinak 2000-ben nyomtatásban megjelent műveit tartalmazza. Az elkészült kéziratos jelentések és tanulmányok listáját az Adattárban elhelyezett Működési Jelentés projekt beszámolóit tartalmazza.

2000-ben Intézetünk a „Szép magyar térkép” pályázaton a tudományos térképek kategóriában első díjat nyert a DANREG térképsorozattal, míg a Balaton-felvidék 1:50 000-es földtani térképe harmadik díjat kapott.

Jelentős esemény volt az Intézet épületének százéves évfordulója, amelyet a 2000. december 8-án megtartott megemlékezéssel és ezen alkalomra megjelent „Art Geo Palota a Stefánián” című album megjelentetésével ünnepeltünk meg.

2000. szeptember 25-én aláírásra került az Intézet 1869. június 18-án kelt, az új jogszabályokkal kiegészített, azokkal egységes szerkezetbe foglalt megújított Alapító Okirata.

Intézetünk a 2000. év végén is eredményes évet zárt, ami az egész munkatársi kollektíva elkötelezett munkavégzésének köszönhető.

Állami kutatási tevékenység

Természeti erőforrások kutatása

A program keretében Maros Gyula irányításával sokrétű *alapkutatás* jellegű tevékenységet folytattunk. A *tektonikai vizsgálataink* keretében a nagyobb törészonák tipizálásával folytattuk a mórágyi gránit részletes szerkezeti vizsgálatát.

Elemeztük a töredezettség és a vörös színeződés kapcsolatát, majd összehasonlítottuk eredményeinket a palás szakaszok eloszlásával is. Fraktálgeometriai kutatásokat végeztünk a törések térbeli eloszlására. Paleomágneses méréseket kezdeményeztünk a különböző közettípusokból és kitöltésekből.

Elkészült a Dél-Dunántúl 1:500 000-es méretarányú aljzatképe. A közép-magyarországi diszlokációs övtől délre elterülő területet felölelő térkép kartografálása folyamatban van.

Az országos tektonikai térkép előkészítő munkálataként, szakirodalmi kutatás és geofizikai adatok alapján, kialakítottuk az országos lineamensek digitális adatbázisát.

Az *őskörnyezeti rekonstrukció* tárgy körben elkészült a jelentős Budapest–Csabdi–Tinnye környékének átfogó badeni és szarmata ösföldrajzi képéről, lezárult a Zalai-medence és a Kisalföld miocén képződményeinek feldolgozása Foraminiferák alapján. A felső-kréta palynológiai vizsgálatok monografikus összefoglalása céljából elvégeztük a Szilvágy–33 fúrás integrált palynológiai és nannoplankton vizsgálatát.

A földtörténeti korok határeseményei és az *élővilágban bekövetkezett változások* kutatása a jura–kréta, külföldi anyagokon pedig a triász–jura, valamint a perm–triász rétegtani szintekben folyt.

Az ásványi nyersanyagok kutatási program témakörébe tartozó *szénhidrogénpotenciál-felmérés* és medenceanalízis keretében Nádor Annamária vezetésé-

vel az előző évben megkezdett alföldi pliocén és negyedidőszaki képződmények komplex szedimentológiai, öskörnyezeti és paleoklimatológiai vizsgálata a Körös-medence alapfúrásainak vizsgálatával folytatódott.

A klímaváltozás és az üledékképződés kapcsolatát elemezve megállapítottuk, hogy a durvább szemű (homokos) üledékes ciklusok meleg klímazakaszokhoz köthetőek, amelyet a folyók megnövekedett üledékszállító képességével magyaráztunk a medencebelseji környezetben. A hideg klímazakaszok finomabb szemcseméretű (szilt és agyag) üledékes ciklusokkal jellemezhetőek, amelyek a peremeken kiépülő hordalékkúpokkal szemben a medencebelsőt jellemző alárendelt folyóvízi tevékenységgel magyarázhatók.

A Körös-medence negyedidőszaki fejlődéstörténetét vizsgálva tektonikai modellt állítottunk fel, amely a kora-pleisztocénben a lehordási területtel (Erdélyi-középhegység) párhuzamos, majd a pleisztocén későbbi szakaszában egy erre merőleges folyóvízhálózatot tétel fel. A lehordási irányokban bekövetkezett változásokat a Dávaványa (D-1) és a Vésztő (V-1) fúrások, valamint recens folyóvízi üledékek nehézasványainak cluster-analízissel történt vizsgálata is alátámasztotta, és árnyalt képet adott az üledékbeszállítási irányok változásáról.

A szekvencia sztratigráfia, mint módszertan, kontinentális rétegsorokon történő alkalmazhatóságát vizsgálva megállapítottuk, hogy az eusztaZIA, mint elhanyagolható tényező mellett, az üledék által kitölthető teret alapvetően a medencesüllyedés és a háttéremelkedés szabályozza. A beszállított üledék mennyiségét és minőségét elsősorban a klíma és a háttérterület határozza meg. A Pannon-medence aktív negyedidőszaki geodinamikája, illetve a negyedidőszaki klímaváltozások mindezen kérdések tanulmányozására kiválóan alkalmasak.

Jelentés formájában lezártuk a Dunántúli-középhegység szekvencia sztratigráfiai alapon nyugvó medenceanalízis-vizsgálatát.

Földtani térképezés

A *Somogy, Tolna és Baranya földtani térképezése* projekt keretében Chikán Géza vezetésével elkészültek a dél-dunántúli terület keleti részének hiányzó térképlapjai, a 805 (Baja) és a 905 (Mohács) jelű 1:100 000-es fedett földtani térképe. Elkészült a még hiányzó területek földtani térképe a mecseki kristályos alaphegység déli szegélyén is 1:25 000-es méretarányban, EOFT rendszer szerint.

Elvégeztük a hegyháti és a Mórágys-rög területére eső fontosabb fúrások lösz-rétegsorainak párhuzamosítását, és ehhez kapcsolódóan új lösz-rétegtani beosztás készült.

Folytatódott a *Vértes és Gerecse földtani térképezése* projekt Budai Tamás irányításával. A Vértes hegyvidéki területén és nyugati előterében a következő 10 000-es

lapok felvétele készült el: Pusztavám–4, Oroszlány–2, Oroszlány–3, Oroszlány–4 (részben), Várgesztes–3, Csákberény–4 (részben), Csákvár–1.

Megkezdődött a Vértes eocén és kvarter szelvényeinek részletes szedimentológiai feldolgozása. Kéziratban elkészült a Gerecse jura képződményeinek összefoglaló leírása az 1:50 000-es tájegységi földtani térkép magyarázója részére. A térképezés során különböző korú, a Földolomtig is lehatoló jura teléreket sikerült kimutatni a Vértes DNy-i letérésénél.

A tervezési ciklus végére nem sikerült lezárni az *Egységes Országos Földtani Térképrendszer* Síkhegyi Ferenc által irányított projekt keretében a 93 db 1:100 000 méretarányú, digitális szelvényekből álló térképsorozat előállítását.

A síkvidéki területek esetében a Nagyalföld 35 szelvényén elkészült a felszíni földtani térkép digitális változata. Megtörtént a terület laponkénti szakmai lektorálása és azok korrektúrázása is.

A hegyvidéki területeken eddig nem készültek formáció alapú térképek 1:100 000-es méretarányban. További nehézséget jelentett, hogy a terület jelentős részén az elmúlt 30 évben egyáltalán nem folyt földtani felvételezés. Itt tehát nem csak a meglévő térképeknek az új jelkulcs-hoz való igazítása és digitalizálása volt a feladat (mint az alföldi területeken), hanem a meglévő, különböző méretarányú, színvonalú, különböző korszakokban készült térképekből kellett új, egységes szemléletű térképeket szerkeszteni.

Összességében 2000-ben mind a 28, a hegyvidékinek kijelölt térképlap szerkesztése elkészült kéziratban, hiányzik azonban korrektúrázásuk és kartografálásuk.

A *Bükk földtani térképezése* keretében Less György irányításával folytatódott a tájegységi térkép kiadásra való előkészítése.

Befejeződött a bükkaljai vulkanitok 1:25 000-es méretarányú felvétele a Hór-völgy és az Eger-patak közötti területen. Ezzel teljessé vált a Harsány és Eger közötti miocén vulkanitterület felvétele, amely így alkalmas lett a bükki 1:50 000-es méretarányú földtani térképen való megjelenítésre.

Ezzel, valamint kisebb ellenőrző felvételek elvégzésével és az Upponyi-hegység részleges földtani reambulációjával befejeződött a Bükk és környezete 1:50 000-es méretarányú földtani térképe kiadásához szükséges területek földtani felvétele.

A projekt munkatársai részt vettek a Szlovák Földtani Intézet (Bratislava) kiadásában megjelent 1:500 000-es méretarányú „A Nyugati-Kárpátok földtani térképe” megszerkesztésében (Aggtelek–Rudabányai-hegység, Bükk, Upponyi- és Szendrői-hegység).

Scharek Péter vezetésével az előző évben indult a *regionális információs rendszerek földtani térképezési alapjai* kísérleti projekt keretében szabványosított, területpotenciál felmérésére alkalmazott földtani térképváltozatok (építőipari nyersanyagok, hidrogeológiai, talajvízszint,

települési és védett területek stb.) készültek Veszprém és Zala megye területéről.

A *távérzékelési módszerek előkészítése* projekt Kardeván Péter irányításával széleskörű nemzetközi együttműködésen alapulva végezte módszerfejlesztési tevékenységét. Ennek keretében légi távérzékelési anyagok spektrális értelmezését megalapozó, földi hiperspektrális terepi méréseket végeztünk a Mátra hegység és az Alföld területén. A méréseket kiegészítettük laboratóriumi mérésekkel a Mátra és Tokaji-hegység közötti típusairól. Elkészítettük a mérési eredmények vizuális megjelenítését.

Környezetföldtan

A *környezet állapotának földtani kutatása* összetett projekt keretében, Kuti László vezetésével folytatódott a környezetföldtani adatbázisok adatokkal való feltöltése, a Magyarország agrogeológiai térképei sorozat készítése, az agrogeológiai mintaterületek (Hortobágy, Apajpuszta, Bugac, Szikszó) feltárása, környezetföldtani vizsgálata és értékelése.

Befejeztük a Sajó-völgy és környezetének környezetföldtani terepi vizsgálatát és jellemzését. Ez évben a Kazincbarcika, Sajókaza, Putnok, Bánréve 1:25 000 méretarányú térképlapok területét jártuk be, és készítettük el e területekről a szennyező objektumok leírását és a térképi ábrázolását.

Folytatjuk a Vértes–Gerecse térképezéshez csatlakozó környezetállapot terepi felvételét. Bejártuk az oroszlányi 25 000-es térképlap területét, és felmértük szennyezőforrásait. Felkerestük a terület három településének polgármesteri hivatalát, hogy a környezetföldtani adatlapok pontos kitöltéséhez segítséget kaphassunk. Megkezdjük a vár-gesztesi 25 000-es térképlap környezetföldtani felvételét is.

2000-ben folytattuk a különböző listák összesítéséből kapott 380 db földtani alapszelvény adataiból az adatbázis (numerikus, szöveges és képi) felállítását. A munka során folyamatosan egyeztetünk az Országos Földtani Múzeummal és a Magyar Rétegtani Bizottsággal. Kapcsolatot alakítunk ki a szelvények leíróival, az adatok pontosítása és a különböző anyagokban rejlő ellentmondások megszüntetése érdekében. Tevékenységünket az illetékes nemzeti parkokkal is egyeztetjük.

A *budapesti agglomeráció területfejlesztésének mérnök-hidrogeológiai megalapozása* című, Raincsák Györgyné vezetésével működő projekt keretében a földtani változat után elkészült az 1:50 000-es hidrogeológiai térkép szerzői kézírata is.

Terven felül készült el szerzői változatban és digitalizálva a terület felhasználását befolyásoló tényezők térképe (M=1:50 000). A térkép ábrázolja egyrészt a védett területeket, másrészt pedig a környezetet terhelő tényezőket és objektumokat (felszínmozgás, bányászati tevékenység, hulladékelhelyezés stb.). Ez az észlelési jellegű térkép évről-évre bővíthető.

Vízföldtan

A limnogeológiai kutatások projekt keretében Cserny Tibor irányításával elkészült a Balatonon az elmúlt 20 évben folytatott limnogeológiai kutatások zárójelentése a hozzá kapcsolódó adatbázissal. Ugyancsak lezártuk egyes kisebb kiterjedésű vizes élőhelyeken (tavak, mocsarak, lápok) eddig végzett vizsgálatainkat.

Folytattuk a Balaton partvidéke környezetföldtani adatbázisának felépítését. Az év folyamán az 1:10 000-es méretarányú építésföldtani térképezés során lementített, saját finanszírozású gépi fúrások rétegsorait (1400 db), mérnökgeológiai paramétereit (9800 db 23 mezőből álló rekord), vízföldtani és vízgeokémiai adatait (660 db 25 mezőt tartalmazó rekord) rögzítettük számítógépen.

Nagyszerű rendezvényt tartottunk Balatonfüreden, Balatoni Földtani Ankét néven, a Balaton-partvidéki térség önkormányzati vezetőinek, parlamenti képviselőinek és a térség fejlesztéséért felelős személyeinek.

A *Dunántúli-középhegység karsztvízföldtani vizsgálata* munkálatai folytatódtak Jocháné Edelenyi Emőke irányításával. A karsztvízföldtani modell megalkotásához további rétegtani szinttérképek (prealbai felszín kifejlődése és térbeli helyzete) készültek.

Megszerkesztettük a függőkarsztvíz-tároló kréta kőzetestek aljzatukra való közvetlen rátelepülésének területeit bemutató térképet. A függőkarsztvíz-tároló kőzetestek térképe, és a prealbai felszín tengerszinthez viszonyított helyzetét bemutató térkép tárja fel a fő- és a függőkarsztvíz-tároló összletek kapcsolatait a hegység egész területén.

A nyirádi, a tatabányai és dorogi, valamint a kincsesbányai depressziós tölcserék területeiről 1990 óta gyűjtjük az adatokat, figyelemmel kísérve a karsztvíz visszatöltődésének folyamatát. A területek földtani felépítését, a karsztvízszint alakulását, s ennek alakulását meghatározó földtani elemeket bemutató térképeket és szöveges összefoglalásukat kéziratban, monografikus formában foglaltuk össze. Eredményeinket több hazai és nemzetközi konferencián mutattuk be.

A depressziós tölcserék vizsgálata során az ÉK-i depressziós tölcserék és a budapesti termálkarszt közötti összefüggést sikerült tisztázni. E témához kapcsolódva folytattuk a korábbi években gyűjtött vízminták vízkémiai kiértékelése alapján markánsan elkülönülő csoportok vizsgálatát, az eredményeket adatbázisba rendeztük. Az egyes csoportok előfordulási területe és a földtani felépítés közötti kapcsolatok jól körvonalazódnak, a különböző karsztáramlási rendszerek jól elkülönülnek.

A 220 db észlelőkútból álló *Országos Vízföldtani Megfigyelőhálózat*, melyet Rotárné Szalkai Ágnes vezetésével működtet az Intézet, elsősorban a regionális komplex vízföldtani térképezések, alapszelvény-fúrások során kiépített kutakból tevődik össze, és az ország különböző pontjain méri a felszín alatti vízszintek változásait. Az

észlelések folyamatossága mellett biztosítottuk az észlelt adatok feldolgozását, értelmezését, az adatszolgáltatást.

A szarvasi és öcsödi mintaterületen elvégeztük az észlelő kutakban mért vízszint-idősorok különböző felbontású vizsgálatát. A részletes vizsgálatok magukba foglalták más alföldi térségek vízszintváltozási tendenciáinak, valamint a szarvasi és öcsödi idősorok hosszú idejű változásainak összehasonlítását is. A területre megszerkesztett térképek és szelvények jól reprezentálják az egész Alföld területére kiterjedő és a vizsgált térségben is bekövetkezett változásokat a talajvíz szintjében, valamint a rétegvizek potenciálszintjében.

Az észlelőhálózat mérési adatai nyíltak, bárki által hozzáférhetőek. Rendszeres adatszolgáltatást végzünk mind a MÁFI más projektjei részére, mind a főhatóságok felé. Három megfigyelő kút a közös magyar–szlovák szigetközi monitoring rendszer tagja, melynek idősorait 2000-ben is átadtuk az illetékes Vízügyi Igazgatóság számára. A Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság számára a zsirai észlelőkút adatait adtuk át, illetve együttműködtünk a Vízügyi Igazgatósággal az országhatáron kívül létesített, de a zsirai észlelőkúttal azonos vízáadó képződményt megcsapoló, Lutzmansburg területén mélyült termálkút magyarországi hatásainak vizsgálatában. Az elemzések egyértelműen bizonyítják a két kút kapcsolatát.

A *hidrogeológiai modellezések kiemelt térségekben* projekt keretében, Tóth György irányításával 2000-ben befejeződött Budapest áttekintő vízföldtani modellezése, azaz a teljes főváros területére elkészült a talajvizek áramlási modellje. Az áttekintő modell hasznosítási lehetőségeit néhány részterület erre épülő lokális modelljének esettanulmány-szintű vizsgálatával mutattuk be. Az esettanulmányok foglalkoztak a parti szűrési rendszerrel és a teraszvizekkel (Margitsziget, Budaörs, XIII. kerület, Káposztásmegyér), a sekély karsztvizekkel, a kőbányai hulladéklerakókkal, harmadidőszaki dombvidéki területekkel és a dél-budai keserűvizekkel (vagyis a rossz vízvezető kőzetek párolgó talajvizével).

Kapcsolódó feladatként modellezéseket végeztünk a leányfalui és dömösi vízbázisok területén, a Hévízi-tó környezetében, valamint a tervezett üveghutai radioaktív hulladék lerakóhely térségében. Szakvélemény készült a Metallochemia hulladéklerakójával kapcsolatosan.

Geokémia

A Horváth István vezetésével folytatott geokémiai kutatások legjelentősebb eredménye, hogy összefoglaló jelentéssel lezártuk a Dunántúli-középhegységben végzett patakfordalék mintázásán alapuló geokémiai felvétel, és elkészült a környezet természetes eredetű nehézfém-terhelését bemutató országos térkép is. Az elkészített összefoglalás tartalmazza a geokémiai kutatás alapján nemesfém-ércesedésre perspektivikus területeket.

Közszolgálati tevékenység

Laboratóriumi szolgáltatás

A laboratórium Horváth Róbert vezetésével szolgáltató és tudományos kutató tevékenységet végzett. Ezek között megemlítendő a triász és negyedidőszaki karbonátszelvények paleotalaján végzett, földtani-genetikai kérdések megoldására irányuló vizsgálatok.

2000-ben elvégzett vizsgálatok:

Megnevezés	Elkészült db
Összes minta	10 200
Törés	5 031
Kőzetkémiai vizsgálat	1 902
ICP-MS vizsgálat	698
Higany meghatározás	1 861
Vízvizsgálat	691
Szervesgeokémiai vizsgálat	145
Szénközettani vizsgálat	25
Fázisanalízis	1 253
Szedimentológiai vizsgálat	2 124
Őslénytani preparálás	1 315
Csiszolatkészítés	1 491
Magnetosztratigráfia	427

Országos Földtani Múzeum

A Kordos László irányításával működő Múzeumnak leltározott állománya 2000. december 31-én 144 966 tétel, az évi gyarapodás 3355 tétel. A Mélyfúrás Magminta Gyűjteményben 11 800 mélyfúrás maganyagát őrzi és kezeli a Múzeum. A Múzeum leltározott állományának 22,4%-a (32 441 tétel, beleértve a magminta gyűjtemény 98%-át) számítógépes nyilvántartásban van és az alapadatok alapján visszakereshető.

A gyűjtemény jelentős tételekkel gyarapodott: 280 db felső-miocén csontmaradvány Béraltavárról (nemzetközi ásatás), felső-miocén mikrogerincesek a tihanyi Fehérpartról (nemzetközi ásatás), nagy mennyiségű felső-pleisztocén iszapolt csontmaradvány az Istállóskői-barlangból (a Miskolci Egyetem 2000. évi nemzetközi ásatásának átadott anyaga), Rudabányáról 4 db különleges kuprit (vásárlás), Szabó József 4 db terepi jegyzőkönyve (vásárlás).

2000-ben — előzetes tételes ellenőrzést követően — számítógépes nyilvántartással feldolgozott „Videotár” (állománya 91 db kazetta) létesült.

Jelentős előrelépés történt a magmintaraktárak évek óta tartó tervszerű modernizálásában és racionalizálásában. A 2000. év elejére Szolnokon befejeződött az új állványrendszer teljes kiépítése és mintaanyaggal történő feltöltése. Pécs-Somogyon befejeződött az ún. „Külső területen tárolt minták tételes átvizsgálása és dokumentációs kigyűjtése”, valamint megkezdődött a belső szabadtárolásos minták hasonló feldolgozása. Ennek eredményeként 2000-ben 4000 db magláda felszámolásával 89 db ún. kockaladás dokumentációs anyag elhelyezése valósult meg, s a változásokat átvezettük a korábbi számítógépes nyilvántartáson.

A tételesen leltározott és kiemelt jelentőségű múzeumi tárgyak éves tervszerű revíziójával befejeződött a Kréta-gyűjtemény teljes átrendezése (14 635 tétel), valamint megkezdődött az Aktuálpaleontológiai-gyűjtemény hasonló átvizsgálása. Mindezek eredményeként 2000 végére a teljes leltározott állomány 85%-a (122 570 tétel) tételesen revideáltnak tekinthető.

Gyűjteményi anyag kölcsönzésére tudományos vizsgálat vagy kiállítás céljára 12 esetben került sor. Az Országos Földtani Múzeum gyűjteményeit 2000-ben 39 külföldi és 48 hazai kutató kereste fel. A Mélyfúrás Magminta Gyűjtemény szolgáltatásait 11 esetben vették igénybe (26 fúrás, 485 db magláda).

Országos Földtani Szakkönyvtár

Könyvtárunk, Csongrádi Jenőné vezetésével, ebben az évben is eleget tett az olvasók kívánságainak. Szolgáltatásait visszakereshetőség, adatbázis-építés, tematikus keresés stb. tovább fejlesztette. Az alábbiakban látható az a statisztikai adatsor, ami az elmúlt évek könyvtári forgalmát, valamint az állomány gyarapodását mutatja be:

Év	Beiratkozott olvasók (fő) (*aktív olvasók)	Könyvtárlátogatások száma	Kölcsönzött dokumentumok száma	Helyben használt dokumentumok száma
1992	550	3 850	8 324	7 240
1993	592	4 620	9 876	8 606
1994	615	5 193	17 953	11 084
1995	836 (*469)	6 227	19 294	27 067
1996	829 (*429)	6 326	19 316	28 345
1997	745 (*482)	6 354	15 610	29 210
1998	752 (*587)	6 380	16 302	29 312
1999	796 (*577)	6 328	16 508	28 308
2000	796 (*572)	6 318	15 420	28 500

Év	Könyv leltári egység	Irásközi kiadvány leltári egység	Irásközi kiadv. fűtéség	Kézirat leltári egység	Egyéb leltári egység	Összesen, leltári egység
1992	70 306	134 320	628	2 320	91 200	298 146
1993	70 767	137 420	667	2 506	91 430	302 123
1994	71 010	141 620	681	3 191	92 260	308 081
1995	71 292	146 012	702	3 332	93 406	314 042
1996	71 621	150 231	743	3 718	94 318	319 888
1997	71 940	154 591	769	4 446	95 310	326 287
1998	72 230	159 211	806	5 078	96 203	332 723
1999	72 560	164 293	862	5 536	96 985	339 275
2000	72 849	169 185	897	5 878	97 471	345 284

Informatika

Az Informatikai Főosztály — Turczy Gábor vezetésével — szolgáltat, önálló tevékenysége a technológiai, módszertani fejlesztések esetében van. Minden további tevékenysége a MÁFI projektek függvénye. A Főosztály keretében történik az intézeti kiadványok szerkesztése, nyomdai előkészítése.

Az egység folyamatosan építi a térképalapú adatbázisokat és gondoskodik az aktuális, korszerű technológiák bevezetéséről. Az Integrált Projekt Manager felügyelete alatt a következő GIS projektek futnak: Alföld, Kisalföld, MAFI-100, Dél-Dunántúl, Bükk, Budapest, Dunántúli-középhegység, DANREG, Geokémia.

Alaptevékenység keretében végzett szolgáltatások

A MÁFI részére a 2000. évi költségvetési törvényben előírt 669,3 millió forint külső (saját) bevételt az Intézet nem tudta teljesíteni. Ennek fő oka az üveghutai kutatások kényszerű szüneteltetése. Ennek ellenére az Intézet 337,9 MFt-os bevételt ért el az alaptevékenység keretében tartozó szolgáltatásokból és az átvett pénzeszközökből (más minisztériumoktól kapott feladatok stb.), valamint 57,8 MFt-ot a pályázatokból. A munkák során mintegy 70 intézménnyel, gazdasági társasággal állunk kapcsolatban.

Az alábbiakban ismertetünk néhány fontosabb munkát és az azok keretében elkészült dokumentációkat.

Radioaktív hulladék elhelyezés

A kutatások kényszerű szüneteltetése miatt ez évben az egyetlen szerződéses feladat az volt, hogy biztonsági értékelés számára összesítsük a kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok üveghutai telephelyén 1997–1999 folyamán végzett földtani kutatási munkálatok adatait. A jelentés Balla Zoltán irányításával készült. (Mebízó: Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.)

Rotárné Szalkai Ágnes vezetésével folytattuk a telephely környezeti monitoring rendszerének működtetését.

Az Üveghuta térségében kialakított észlelőrendszer az erőművi kis és közepes aktivitású hulladékok elhelyezését szolgáló kutatási adatait egészíti ki. A gránit vízföldtani tulajdonságaira a felszín alatti vizek vízszint- és a felszíni vízfolyások vízállásváltozásai alapján szerzünk új ismereteket. A térségben végzett észlelési adatok értelmezéséhez új módszereket dolgozunk ki. Az 1999. évben a beszivárgási és a párolgó területek vízszintváltozásainak hőmérséklet és csapadék adatok alapján történő szimulációját végeztük. A 2000. évben megkezdjük a vízszint-idősorok matematikai statisztikai módszerekkel történő elemzési lehetőségeinek kidolgozását. (Mebízó: Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.)

Környezetföldtan

A Környezetvédelmi Minisztérium megbízásából foglalkoztunk a „Szennyező anyagok mélységi vizekben” témával. A szerződéses feladat stratégiai koncepció elkészítése volt szennyező anyagok mélységi vizekbe történő közvetlen bevezetésének nemzetközi tapasztalatai az EU „Vizek védelméről” szóló keretdirektívája és 80/69 irányelve tükrében, továbbá a korábbi tevékenységek környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálata. A finanszírozás két forrásból valósult meg: a 20 855 sz. KAC-pályázatból és a Környezetvédelmi Minisztériummal kötött megállapodásból.

Vízföldtan

A Környezetvédelmi Minisztérium „Földtani monitoring hálózat működtetése és az adatok értékelése a Szigetközben” tárgyú megbízása alapján, Scharek Péter vezetésével tovább folytattuk az 1991-ben elkezdett megfigyeléseinket.

Munkáink eredményeiről éves Beszámoló Jelentésekben adtunk számot, melyek hozzájárultak a magyar–szlovák kormányközi tárgyalások szakmai megalapozásához, földtani és hidrogeológiai alapadatokat szolgáltatottak a hágai per előkészítésére összeállított jogi és tudományos anyaghoz, valamint a Szigetköz rehabilitációs programjához. 2000-ben aktuálgeológiai megfigyeléseket, meder menti szondázásokat és vízkémiai vizsgálatokat folytattunk.

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) és a hévízfürdői Szent András Állami Reumatológiai és Rehabilitációs Kórház megbízásából — a VITUKI Rt.-vel együttműködve — Tóth György irányításával befejeztük az előző évben megkezdett „A Hévízi-tó védőidomának meghatározása” című munkát.

Az ásvány- és gyógyvizekre is vonatkozó 123/1997. Kormányrendelet a Hévízi-tóra és a környezetében lévő hévízkivételekre is megköveteli az előírásoknak megfelelően — azaz hidrogeológiai számításokkal, modellezéssel megalapozott — védőterületi zónák kialakítását. A jogszabályban meghatározott védőidom- és védőterületi számítások és az ezeket megalapozó kiegészítő információk begyűjtése és értékelése (hasonlóan a sérülékeny földtani környezetben lévő ivóvízbázisok diagnosztikai vizsgálataihoz), azonban további 3–5 év időtartamú vizsgálatot és 100 MFt nagyságrendű költséget igényel. Egy ilyen munka elkészültéig azonban a napi gyakorlat már nem várhat, ezért egy néhány éves (max. tízéves) időszakra egy átmeneti jellegű védőövezeti rendszer kialakítása vált szükségessé.

„Magyarország nyílt karszterületeinek miniszteri kihirdetésre történő előkészítése a természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvény alapján I. fázis”. Mebízó: Környezetvédelmi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala (1999–2000).

A munka célja az I. fázisban a Dunántúli-középhegység nyílt karszterületeinek térképen történő bemutatása volt. A térkép méretaránya 1:100 000. A szerkesztés alapját az Intézet a 60-as évek közepe óta felvett és szerkesztett, valamint jelenleg is felvétel alatt álló 1:25 000-es méretarányú észlelési és fedett földtani térképlapok alkották. A térkép bemutatja a térség karsztos képződményeinek felszíni elterjedését formációnkénti bontásba, beleértve a csak vékony talajtakaróval, illetve helyben maradt törmelékekkel (eluviummal) borított kibúvásokat is. A térkép ábrázolja a hegység fő tömegét felépítő triász mészkövek és dolomitok, a középső- és felső-kréta mészkövek, az eocén, miocén, pannóniai és pleisztocén (édesvízi) mészkövek felszíni elterjedését.

Mérnökgeológia

A Budapesti Történeti Múzeumtól kapott megbízás alapján Raincsák Györgyné irányításával megvizsgáltuk a „Kisecelli Múzeum északi terület részének beépíthetőségét”. A Budapesti Történeti Múzeum gondozásában álló Kisecelli Múzeum altemplomában és annak É-i homlokterében (részben az út rézsűjében) magánvállalkozók éttermet kívántak kialakítani. A beruházás szakvéleményünk szerint nem valószínűsíthető meg az egykori altemplom falazatának speciális kiépítése, a beszivárgó csapadék útjának elgátolása és a terület aktív felszínmozgásos jellege miatt.

Nyersanyagkutatás

Együttműködés keretében 1998 óta folyik „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” Gyalog László vezetésével.

Az év folyamán két terület adatbázisa készült el:

— A Dunántúli-középhegység földtani adatrendszere: fúrások átértékelt adatbázisa, prekvarter, prekainozoos, preszenon térképváltozatok.

— A Mezőföld és a Duna–Tisza köze Ny-i részének földtani adatrendszere: fúrások átértékelt adatbázisa, preneogén és prekainozoos térképváltozatok.

A munkával kapcsolatban számos új litosztratigráfiai egység létrehozására, nevének, korának módosítására született javaslat, melynek megtárgyalása és elfogadása a Magyar Rétegtani Bizottság és illetékes albizottságainak feladata.

A Pogo Magyarország Kft. megbízásából 2000 őszén *medenceanalízis tanulmányt* készítettünk Nádor Annamária vezetésével a Pogo Producing Company szolnoki és tompai koncessziós területére. A tanulmány I. kötete rövid összefoglalást adott Magyarország földtani felépítéséről, különös tekintettel a koncessziós területekre, és azok tágabb környezetére. A tanulmány II. kötete részletesen ismertette a blokkok földtani felépítését (aljzat és medencekitöltő üledékek bontásában) és tektonikáját, ez utóbbit nagyrészt a területen mért új szeizmikus

szelvények értelmezésére alapoztuk. Külön fejezet tárgyalta a szénhidrogén-földtani viszonyokat (anyagközet, érettség, migráció, tárolóközetek, a blokkok ismert szénhidrogén előfordulásai és azok rövid jellemzése).

Anyagvizsgálat

A Mol Rt. megbízásából Sieglné Farkas Ágnes *palyológiai vizsgálatokat* végzett szíriai fúrásmintákon.

Magszkenneres értékelést végeztünk Maros Gyula irányításával a Mecsekérc Rt. részére a Bodai Aleurolit Formációban hajtott Alfa–1 vágat D–3, D–5, D–6 és Bat–4 fúrásaiból.

Oktatás

Az Er-Petro Kft. közreműködésével *továbbképző tanfolyamokat* tartottunk a líbiai Industrial Research Centre és Petroleum Research Centre munkatársai számára GIS technológia a földtanban és közetmikroszkópiai vékonycsiszolat készítési témákban.

Hazai és külföldi pályázatok

Környezetföldtan

Ebben az évben fejeződött be a „Környezetföldtani kutatások” *magyar–mexikói közös kutatás*, melyet magyar részről Scharek Péter vezetett. A Mexikó Guanajuato szövetségi állam és a Kisalföld területén a kutatások kormányközi Tét (Tudományos és Technológiai) megállapodás keretében folytak.

Az utolsó évben mind Mexikóban, mind pedig Magyarországon előadásokra került sor, nyomtatásban megjelent a témával kapcsolatos cikkünk, és megbeszéléseket folytattunk az együttműködés folytatásáról, ill. kiterjesztéséről.

Befejeződött „*Az üvegházhatás vizsgálata a Fekete-tenger ÉNy-i parti zónájában: a Duna befolyásoló hatása*” címmel 1997-ben kezdődött INCO-Copernicus projekt, melyet magyar részről Nádor Annamária vezetett.

A projekt alapvetően az üvegházhatást okozó, jelenleg is keletkező gázok (CO₂, CH₄, N₂O) aktuális fluxusát és koncentrációját kívánta rögzíteni különböző természeti körülmények között.

A Duna deltája az egyik legnagyobb olyan rezervoár, ahol ez a fölös gázkibocsátás megtörténik. Osztrák, magyar, román és ukrán intézetek kutatói kapcsolódtak be a munkába a régióból, a holland földtani intézet (NITG–TNO) vezetése alatt.

Az ürfelvételek feldolgozása révén pontosan elhatárolhatóak voltak a széndioxid kibocsátás szempontjából legfontosabb földhasznosítási kategóriák, megszerkeszhetővé váltak a vegetáció és a biomassza tömegét megmutató térképek a tavaszi zöldár és a nyári, aszályos időszakban egyaránt, valamint kimutathatóvá váltak ezek

változásai. A földhasznosítási kategóriák teljes egészében a delta geológiai felépítésétől függenek, ezért az úrfelvetel feldolgozások egyben a geológiai térkép pontosítását is jelentették.

Jocháné Edelényi Emőke vezetésével befejeztük a Környezettudományi és Természetvédelmi Kutatási Pályázat keretében „*A Dunántúli-középhegység sérülékeny mezozoos karszterületeinek térbeli helyzete*” tárgyú 3 éves projekt munkáit. A mezozoos képződmények rétegtani szintenkénti (triász, alsó-kréta, középső-kréta, felső-kréta) helyzetét, vastagságát, fedettségét bemutató térképsorozat mellett elkészült a főkarsztvíz-tároló és a függőkarsztvíz-tároló képződmények horizontális kapcsolatait bemutató összesítő térkép.

Informatika

Az 1988-ban, egyetlen példányban elkészült, 6 változatban megszerkesztett balatoni környezetföldtani térképsorozat digitális úton történő előállítására régi törekvésünk volt. „*A földtani alapállapot digitális adatbázisának megszervezése a Balaton kiterjesztett üdülőkörzete területén*” címmel a Környezetvédelmi Alaphoz benyújtott KAC pályázatunk e törekvésünk megvalósítását célozta. Sajnos, a megítélt támogatási összeg csak a munkák egy részének elkészítéséhez volt elegendő: előállítottuk mind a 6 térképváltozat digitális vonalművét, azonban az adatbázisok elkészítéséhez és hozzáférésehez további forrásokat nem sikerült szerezni, a Környezetvédelmi Minisztérium újabb pályázatainak sem támogatták elképzeléseinket. Így 2000-ben elkészült, s CD-re írva a Környezetvédelmi Minisztériumnak átadásra került a kiterjesztett üdülőkörzet földtani térképeinek, talajvízszinttérképeinek, vízkémiai térképeinek, kétváltozatú agrogeológiai térképeinek és építésalkalmassági térképeinek digitális vonalműve.

Ez évben folytattuk és befejeztük a „*Földtani alapszelvények egységes nyilvántartási rendszere*” címen, a Környezetvédelmi Alap (KAC) támogatását élvező pályázat munkálatait, a különböző listák összesítéséből kapott 380 db alapszelvény adataiból az adatbázis (numerikus, szöveges és képi) felállítását. A munka során folyamatosan egyeztettünk az Országos Földtani Múzeummal és a Magyar Rétegtani Bizottsággal, valamint folyamatos kapcsolattartást alakítottunk ki és egyeztettünk a szelvények leíróival, az adatok pontosítása és a különböző anyagokban rejlő ellentmondások megszüntetése érdekében. Tevékenységünket az illetékes nemzeti parkokkal is egyeztettük. A rendelkezésünkre álló adatokból megszerkesztettük Magyarország földtani alapszelvényeinek 1:500 000-es méretarányú térképét is.

Elkészült a zárójelentés az 1997-ben „*Laboratóriumi módszerharmonizáció*” címmel megvalósult INCO-Copernicus projekt keretében.

Rendkívül hasznos volt számunkra a közös munka, segítségével a labor elemzési rendszere sokat változott,

jobb, tudatosabb lett. Kutatási tevékenységünkben is tudtuk hasznosítani ezeket az eredményeket, mind a mintaelőkészítés, mind a spektroszkópiai módszerek fejlesztése területén. Ennek és a körelemzések során nyert tapasztalatoknak a hatására megváltoztattuk pl. az ICP–OES kalibrációs stratégiánkat.

Irányítás, külkapcsolatok

Az Intézet irányítása, szerteágazó szakmai és gazdasági tevékenységének koordinálása, eredményességének biztosítása, kapcsolatrendszerének fenntartása tartozik a tevékenység keretébe. A tevékenység az igazgatási, titkársági, intézeti adminisztrációs feladatok ellátását, a szakmai és gazdasági tervezést, a humánpolitikát és a munkaügyet, a hazai és nemzetközi kapcsolatok, a marketing és public relations feladatait jelenti. A feladatok végrehajtását az 1994-ben létrejött Igazgatási Osztály utódként 1999-től a Projektiroda támogatja, Halmai János igazgatóhelyettes irányításával.

Az Intézet vezetésére számos eseti vagy folyamatos jellegű feladat hárul. Kiemelkedően fontos a kutatási feladatok magas színvonalú teljesítéséhez szükséges feltételek, a költségvetési előirányzatok optimális felhasználásának biztosítása. Az Intézet gazdasági, szakmai irányításának legfontosabb feladatai a következők voltak:

- az 1999. évi költségvetési beszámoló előkészítése (Gazdasági Hivatallal közösen),
- az 1999. évről szóló beszámolók megtartása és értékelése,
- a 2000. évi gazdasági feladatok ellátása,
- a 2000. évi kutatási feladatok végrehajtásának segítése,
- a 2001. évi kutatási terv összeállítása,
- a 2001. évi költségvetési tervezés (Gazdasági Hivatallal közösen).

Az Intézet számtalan résztvevőségéből összeálló működése folyamatos és mind szakmai, mind gazdasági téren eredményes volt.

A működéssel kapcsolatban kiemelkedik több alapszöveg (megújított Alapító Okirat) megalkotása és Igazgatói Utasítás kiadása. Kéthetenkénti rendszerességgel ült össze az igazgató legfontosabb tanácsadó testülete, az Igazgatói Tanács. Folyamatos volt az egyeztetés az érdekképviselői szervezetekkel.

Az Intézet operatív irányításának feladatait a Titkárság segítségével látja el a vezetés. A Titkárság gondoskodik az utasítások, körlevelek, tájékoztatók kiadásáról, a kézbesítésről, postai szolgáltatásokról és az irattározásról. A központi szolgáltatások közül kiemelendő az egészségügyi ellátás biztosítása, a központi gyorsmásoló és az igazgatási gépkocsik üzemeltetése.

Tanácsadó segítségével a Projektiroda biztosítja az Intézet jogi képviseletét és lebonyolítja a Gazdasági Hivatallal közösen az Intézet kezelésében lévő ingat-

lanokkal kapcsolatos valamennyi ügyet, irányítja a biztonságtechnikai feladatok ellátását.

A 2000. év egyik legjelentősebb feladata a központi beruházások (hátsó épület tetőjavítás, beszerzés stb.) lebonyolítása volt.

Az Intézet *humán erőforrását* a 159 fő (munkajogi létszám, mely év közben változott) alkotja. Ebből 100 fő tudományos munkatárs. A tudományos minősítésű kutatók közül 4 fő akadémiai doktori címmel, 4 fő kandidátusi címmel, 20 fő Ph.D fokozattal (további 10 főnek van folyamatban a Ph.D doktori eljárása) és 17 fő egyetemi doktori fokozattal rendelkezik. 2 fő habilitált egyetemi tanár. Továbbra is nagy gondot fordítunk munkatársaink különféle szintű továbbképzésére, a MÁFI Kollektív Szerződésében rögzített formában ösztönözzük a tudományos minősítések megszerzését. Az év kiemelkedő volt abból a szempontból, hogy 7 új munkatársat tudunk felvenni, köztük jelentős szakmai eredményekkel rendelkező, magasan kvalifikált kutatókat és kezdő diplomás szakembereket.

2000-ben „Földtani Intézetért Emlékérem” adományozásában részesültek Jámbor Áron és Csongrádi Jenőné.

„Dr. Jámbor Áron szakmai pályafutása szorosán kapcsolódik az Intézet tevékenységéhez. Évtizedeken keresztül meghatározó egyénisége volt Intézetünk tudományos életének, személyében az általános földtan kiemelkedő szakértőjét tiszteljük. Munkásságával iskolát teremtett és magas szintre emelte az Intézet alaptevékenységének számító földtani térképezés és terepi fűrészfeldolgozás módszertanát, megteremtve a digitális térképi adatfeldolgozás tudományos alapjait.”

„Dr. Csongrádi Jenőné kiemelkedő munkát végez az Intézet részét képező Országos Földtani Szakkönyvtár működtetése terén. Vezetése alatt lényegesen emelkedett a Könyvtár szolgáltatásainak színvonala, nőtt látogatottsága, kiépült a földtani gyűjtőkörű könyvtárak rendszere. A Könyvtár elismert tevékenysége mellett kiemelt figyelmet fordít az értékek védelmére, a hagyományok megőrzésére és ezek révén öregbíti Intézetünk hírnevét.”

Az év folyamán 5 fő részesült igazgatói dicséretben és 6 fő igazgatói jutalomban.

Az Intézet állományába belépők a 2000. évben: Fodor László (tudományos főmunkatárs), Havas Gergely (tudományos segédmunkatárs), Juhász Györgyi (tudományos főmunkatárs), Kazár Emese (tudományos munkatárs), Koroknai Balázs (tudományos munkatárs), Marsó Károly (tudományos segédmunkatárs), Vatai József (tudományos munkatárs).

Az Intézet állományából kilépők a 2000. évben: Bodorkós Zsolt polgári szolgálatos, Farkas László polgári szolgálatos, Lantos Miklós tudományos főmunkatárs (nyugdíjazás), Nagyné Pálfalvi Sarolta tudományos segédmunkatárs, Pintér Attila polgári szolgálatos, Vető István tudományos tanácsadó (nyugdíjazás).

Külkapcsolataink terén továbbra is nagy súlyt fektetünk hazai és külföldi intézményi kapcsolataink fejlesztésére.

Az Intézet *oktatási tevékenysége* keretében 2000-ben is biztosította az ELTE Regionális Földtani Tanszék működésének feltételeit. Számos esetben technikai eszközökkel segítette az egyetemi tanulmányi kirándulások lebonyolítását és külföldi rendezvényeken történő részvételt (ELTE, Pécsi Egyetem). Az Intézet kutatói 2000-ben is folytatták aktív oktatói tevékenységüket az alábbi oktatási intézményekben: ELTE, Miskolci Egyetem, Debreceni Egyetem, Szegedi Egyetem, Szent István Egyetem (Állatorvostudományi Kar), Veszprémi Egyetem. Számos esetben került sor iskolai csoportoknak tartott intézeti bemutatóra.

A Mérnökhallgatók Egyesületével (IAESTE) kötött megállapodás szerint 2 fő külföldi egyetemistát fogadtunk 5 hetes nyári gyakorlatra.

Ünnepi körülmények között emlékeztünk meg az Intézet épületének százéves évfordulójáról 2000. december 8-án. Az alkalomra jelent meg Hála József és Maros Gyula szerkesztésében az „Art Geo Palota a Stefánián” című, fényképekkel díszített emlékkötet.

Ismét több száz látogatót vonzott az Európai Örökség Napok szeptember végi nyílt hétvégéje.

Az Intézet a 2000. évben a korábbi évek gyakorlatának megfelelően folytatta *nemzetközi tevékenységét*. A 2000. évi összesített adatok szerint 167 fő 30 országban 1223 napot töltött. A külföldi utak során 46 nemzetközi rendezvényen vettek részt kutatóink, néhányan több hónapos ösztöndíjas tanulmányokat folytattak. A projektek és kutatók az intézeti pénzügyi lehetőségek korlátozott volta miatt továbbra is éltek külső finanszírozási források bevonásának lehetőségével (OTKA, Soros és Bandat Horst alapítványok, OMFb pályázatok, PHARE stb.).

Az év során együttműködési egyezményt írtunk alá Ausztriával, Szlovákiával és Ukrajnával. Folytattuk munkánkat a FOREGS, a CEI, ESF, IGCP, IUGS szervezeteiben.

Az Albán Földtani Intézettel folytatott együttműködés keretében befejeztük a Shkodrai-medence korábban megszerkesztett 18 db 1:25 000-es szelvényén 5–5 tematikus földtani térképváltozat digitális feldolgozását. Minden változatot kinyomtatunk 1:50 000-es méretarányban és CD-re írva is átadtuk az Albán Földtani Intézetnek, ill. elhelyeztük a MÁFI könyvtárában.

Intézetünk 2000-ben eredményesen fejezett be egy hároméves kutatási ciklust.

Az intézet 2000. évi kiadványai

A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1999. évről, 496 p.

BREZSNYÁNSZKY, K., HAAS, J., KOVÁCS, S., SZEDERKÉNYI, T. 2000: Geology of Hungary 2000. Basement Geology. — Geological Institute of Hungary, Budapest, 8. p.

DUDKO A. 1999: A Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképe (preszarmata felszín). — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

GYALOG L., HORVÁTH I. 2000: A Velencei-hegység földtani térképe, M=1:25 000.-Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.

HÁLA J., MAROS GY. 2000: Art Geo Palota a Stefánián. 100 éves a Földtani Intézet Lechner Ödön által tervezett szecessziós

épülete. — A Magyar Állami Földtani Intézet 198. Alkalmi Kiadványa, 102. p.

KORPÁS, L. (szerk.) 2000: Pasado, presente y futuro colaboración geológica entre Hungría y Cuba.— A Magyar Állami Földtani Intézet 199. Alkalmi Kiadványa, 90. p.

Az intézet alkalmazottai 2000-ben

Az intézet vezető beosztású munkatársai

Brezsnyánszky Károly	igazgató	Horváth Róbert	főosztályvezető
Halmi János dr.	igazgatóhelyettes	Kordos László dr.	főosztályvezető
Balla Zoltán dr.	főosztályvezető	Kuti László dr.	főosztályvezető
Chikán Géza dr.	főosztályvezető	Tóth György	főosztályvezető
Horváth István	főosztályvezető	Turcsi Gábor dr.	főosztályvezető

Az intézet munkatársai

Alács Valéria	tudományos segédmunkatárs	Hála József dr.	tudományos főmunkatárs
Angyal Jolán	tudományos munkatárs	Hála Józsefné dr.	ügyviteli alkalmazott
Ádámné Incze Szilvia	tudományos segédmunkatárs	Hámorné Vidó Mária dr.	tudományos főmunkatárs
Árva Gábor	intézeti ügyintéző	Hatvani Istvánné	ügyviteli szakértő
Balázs Regina	ügyviteli alkalmazott	Havas Gergely	tudományos segédmunkatárs
Ballók Istvánné	tudományos munkatárs	Hegyiné Rusznyák Éva	intézeti ügyintéző
Balóné Lehmayer Judit	intézeti technikus	Hermann Viktor	ügyviteli alkalmazott
Baráth Istvánné dr.	intézeti technikus	Horváth Zsolt	intézeti ügyintéző
Bartha András dr.	tudományos munkatárs	Hózer Ferencné	intézeti technikus
Bátori Miklósné	intézeti laboráns	Illés Dezső	intézeti technikus
Bedő Gabriella dr.	tudományos munkatárs	Jakus Péter	tudományos segédmunkatárs
Beke Zsuzsanna	intézeti laboráns	Jerabek Csaba	intézeti technikus
Benkő Levente	intézeti technikus	Jocha Károlyné	tudományos főmunkatárs
Bertalan Éva dr.	tudományos főmunkatárs	Jordán Győző	tudományos munkatárs
Bilszky Lászlóné	kutatási ügyintéző	Jordáné Szűcs Andrea	tudományos munkatárs
Bodnár Erika	tudományos munkatárs	Juhász Györgyi dr.	tudományos főmunkatárs
Bodorkós Zsolt	polgári szolgálatos	Jusztin Sándor	segédmunkás
Branner Lászlóné	ügyviteli alkalmazott	Kákay-Szabó Orsolya dr.	tudományos munkatárs
Brukner Sándorné dr.	tudományos főmunkatárs	Kardeván Péter dr.	tudományos főmunkatárs
Budai Tamás dr.	tudományos főmunkatárs	Kazár Emese	tudományos munkatárs
Budinszkyné Szentpéteri Ildikó dr.	tudományos főmunkatárs	Kerék Barbara	tudományos segédmunkatárs
Császár Géza dr.	tudományos tanácsadó	Kercsmár Zsolt	tudományos segédmunkatárs
Csereklei Erika	intézeti technikus	Király Edit	tudományos munkatárs
Cserny Tibor dr.	tudományos főmunkatárs	Kiss Judit	ügyviteli alkalmazott
Csillag Gábor dr.	tudományos főmunkatárs	Kiss Károlyné	ügyviteli alkalmazott
Csirik György	tudományos munkatárs	Kókai András	tudományos főmunkatárs
Csongrádi Jenőné dr.	tudományos főmunkatárs	Kollányi Katalin dr.	tudományos főmunkatárs
Demény Krisztina	ügyviteli alkalmazott	Koloszár László dr.	tudományos főmunkatárs
Detre Csaba dr.	tudományos főmunkatárs	Koltai Judit	ügyviteli alkalmazott
Don György	tudományos munkatárs	Koroknai Balázs	tudományos munkatárs
Dudás A. Imre	tudományos munkatárs	Korpás László dr.	tudományos főmunkatárs
Farkas Jusstina	intézeti laboráns	Kovács Pálffy Péter dr.	tudományos főmunkatárs
Farkas László	polgári szolgálatos	Kuchen Zoltán	intézeti technikus
Farkasné Bulla Judit	tudományos munkatárs	Kutasi Géza	szakmunkás
Földvári Mária dr.	tudományos főmunkatárs	Laczkóné Őri Gabriella	ügyviteli alkalmazott
Fügedi Péter Ubul	tudományos munkatárs	Lajtos Sándor	intézeti technikus
Gál Nóra Edit	tudományos munkatárs	Lantos Miklós	tudományos főmunkatárs
Galambos Csilla	tudományos segédmunkatárs	Lelkes György dr.	tudományos főmunkatárs
Gellér Péterné	intézeti technikus	Less György dr.	tudományos főmunkatárs
Golyháné Gáspár Anita	intézeti technikus	Madarász Istvánné	ügyviteli alkalmazott
Gulácsi Zoltán	tudományos munkatárs	Maros Gyula	tudományos munkatárs
Gyalog László	tudományos főmunkatárs	Marsi István dr.	tudományos főmunkatárs
Gyuricza György dr.	tudományos munkatárs	Marsó Károly	polgári szolgálatos

Matyikó Mónika	intézeti technikus	Solt Péter	intézeti technikus
Müller Tamás	tudományos munkatárs	Sonfalviné Szeibert Ildikó dr.	intézeti technikus
Nádor Annamária dr.	tudományos főmunkatárs	Szabó Árpádné	intézeti laboráns
Nagy László	ügyvivő szakértő	Szabó Lászlóné	intézeti ügyintéző
Nagy Péter	tudományos munkatárs	Szalka Edit	intézeti technikus
Nagy Tiborné	tudományos munkatárs	Szegő Éva	tudományos munkatárs
Nagyné Pálfalvy Sarolta	tudományos segédmunkatárs	Szeiler Rita	tudományos munkatárs
Németh András	intézeti technikus	Szilágyi Ferenc	intézeti technikus
Ollrád Attila	intézeti technikus	Szlepák Timea	intézeti ügyintéző
Pálfi Éva	intézeti technikus	Szöcs Teodóra	tudományos munkatárs
Palotás Klára	tudományos munkatárs	Szurkos Gábor	tudományos munkatárs
Papp Péter	tudományos munkatárs	Tamás Gábor	intézeti technikus
Partényi Zoltánné	tudományos munkatárs	Thamóné Bozsó Edit	tudományos munkatárs
Paulheim Gáspár	intézeti ügyintéző	Tiefenbacher Ildikó	intézeti ügyintéző
Pelikán Pál	tudományos főmunkatárs	Tihanyiné Szép Eszter	intézeti technikus
Pentelényi Antal	tudományos munkatárs	Tóth Zsuzsanna	intézeti ügyintéző
Pentelényi László	tudományos főmunkatárs	Tóthné Makk Ágnes	tudományos munkatárs
Peregi Zsolt	tudományos főmunkatárs	Tullner Tibor	tudományos főmunkatárs
Pintér Attila	polgári szolgálatos	Unger Zoltán	tudományos munkatárs
Piros Olga dr.	tudományos főmunkatárs	Vácz Blanka	adatrögzítő
Raincsák György	tudományos főmunkatárs	Vad Altanceceg	intézeti technikus
Raincsák Györgyné	tudományos főmunkatárs	Vargáné Barna Zsuzsanna	tudományos munkatárs
Rálisch Lászlóné dr.	tudományos munkatárs	Vatai József	tudományos munkatárs
Rezessy Attila	tudományos segédmunkatárs	Végh Hajnalka	intézeti technikus
Rotárné Szalkai Ágnes	tudományos munkatárs	Vető István dr.	tudományos tanácsadó
Róth László	tudományos munkatárs	Viczián István dr.	tudományos tanácsadó
Sallay Enikő	ügyintéző	Viktor Zsuzsanna	intézeti technikus
Sásdi László	intézeti technikus	Vukánné Tolnai Judit	ügyvivő szakértő
Scharek Péter dr.	tudományos főmunkatárs	Wolfram Richard	intézeti alkalmazott
Selmezsi Ildikó dr.	tudományos munkatárs	Zsámbok István	tudományos főmunkatárs
Siegl Károlyné dr.	tudományos munkatárs		
Síkhegyi Ferenc	tudományos főmunkatárs		
Simonyi Dezső	intézeti ügyintéző		

A Magyar Állami Földtani Intézet munkatársainak 2000-ben megjelent publikációi

Könyv, könyvrészlet, önálló mű

- AZMI, R. J., GÁL-SÖLYMOS, K., DON, GY., DETRE, CS. H. 2000: Microspherules from the Vindhyan Basin, India and their geochemical features. — In: DETRE, CS. H. (ed.): *Terrestrial and Cosmic Spherules. Proceedings of the 1998 Annual Meeting, TECOS (Terrestrial and Cosmic Spherules)*., Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 9–18.
- BÉRCZI, SZ., DETRE, CS., DON, GY., GUCSIK, A., LUKÁCS, B., SOLT, P. 2000: Solar System Spherule Stratigraphy: Sketch. — In: DETRE, CS. H. (ed.): *Terrestrial and Cosmic Spherules, Proceedings of the 1998 Annual Meeting, TECOS (Terrestrial and Cosmic Spherules)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 167–173.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2000: Bevezető. — In: HÁLA J., MAROS GY.: *Art Geo Palota a Stefánián. 100 éves a Földtani Intézet Lechner Ödön által tervezett szecessziós épülete. — The building of the Geological Institute of Hungary is 100 years old designed by Ödön Lechner.* — A Magyar Állami Földtani Intézet 198. Alkalmi Kiadványa, Budapest, p. 3.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2000: Epilógus. — In: HÁLA J., MAROS GY.: *Art Geo Palota a Stefánián. 100 éves a Földtani Intézet Lechner Ödön által tervezett szecessziós épülete. — The building of the Geological Institute of Hungary is 100 years old designed by Ödön Lechner.* — A Magyar Állami Földtani Intézet 198. Alkalmi Kiadványa, Budapest, p. 99.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 2000: *Las relaciones geológicas húngaro-cubanas antes y después de 1990.* — In: KORPÁS, L. (red.): *Pasado, presente y futuro colaboración geológica entre Hungría y Cuba.* — A Magyar Állami Földtani Intézet 199. Alkalmi Kiadványa, Budapest, pp. 15–19.
- BREZSNYÁNSZKY, K., HAAS, J., KOVÁCS, S., SZEDERKÉNYI, T. 2000: *Geology of Hungary 2000. Basement Geology.* — Geological Institute of Hungary, Budapest, 8 p.
- CSÁSZÁR G. (szerk.) 2000: *Magyarország litosztratigráfiai alap-egységei.* — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, (poszter).
- CSERNY, T., NAGY-BODOR, E. 2000: *Limnogeological investigations on Lake Balaton.* — In: GIERLOWSKI-KORDESCH, E. and KELTS, K. (eds): *Lake Basins Through Space and Time. AAPG Studies in Geology* 46, pp. 605–618.
- CSERNY T. 2000: Komplex földtani kutatások hazai tavakon, lápokon és mocsarakon. — In: SZURDOKI E. (szerk.): *Tőzegmohás élőhelyek Magyarországon: kutatás, kezelés, védelem.* — CEEWEB Munkacsoport, Miskolc, pp. 27–41.

- DETRE, CS. H. (ed.) 2000: Terrestrial and Cosmic Spherules. — *Proceedings of the 1998 Annual Meeting, TECOS (Terrestrial and Cosmic Spherules)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 182 p.
- DETRE, CS. H., TÖTH, I., DON, GY., KISS, Á. Z., UZONYI, I., BODÓ, P., SCHLÉDER, ZS. 2000: The Paleozoic came to end by the biggest train of disasters known in the Earth's history. — In: DETRE, CS. H. (Ed.): *Terrestrial and Cosmic Spherules, Proceedings of the 1998 Annual Meeting TECOS (Terrestrial and Cosmic Spherules)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 45–56.
- FEDOR, F., HÁMOR-VIDÓ, M. 2000: Reflectance of collotelinite used as a geothermometer. — In: LAKATOS, I. (ed): *Novelties in Enhanced Oil and Gas Recovery. Progress in Mining and Oilfield Geochemistry 2.*, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 303–314.
- GYURICZA GY. 2000: Ismerjük fel az ásványokat! — Gabo Könyvkiadó, Budapest, 128 p.
- HÁLA J. 1999: Boldog Kinga és Szent Miklós tisztelete a sóbányászok körében. — In: KÜLLÖS I. (ed.): *Vallási néprajz, 10. Tanulmányok Dankó Imre tiszteletére*. Budapest, pp. 139–152.
- HÁLA, J. 1999: Lambrecht Kálmán: a researcher and protector of Hungarian mills. — In: BALÁZS, GY. (ed.): *Lambrecht, Kálmán: The Hungarian windmill. The International Molinological Society*, Budapest, pp. 49–57.
- HÁLA J. 2000: 475 éves a „Szent László pénzei”-monda első magyar nyelvű leírása. — In: NAGY F. (ed.): *Évfordulóink a műszaki és természettudományokban 2001*. pp. 143–146, Budapest.
- HÁLA J., HADOBÁS S. 1999: Válogatás a Townson-irodalomból. — In: RÓZSA, P. (ed.): *Proceedings of the Townson's travels in Hungary*. Debrecen, pp. 209–216.
- HÁLA J., DANKÓ I., FELFÖLDI L., FLÓRIÁN M., KISBÁN E., TÁTRAI ZS. 1999: Robert Townson néprajzi megfigyelései Magyarországon. — In: RÓZSA, P. (ed.): *Proceedings of the Townson's travels in Hungary*. Debrecen., pp. 117–128, 129–141.
- HÁLA J., MAROS GY. 2000: *Art Geo Palota a Stefánián. 100 éves a Földtani Intézet Lechner Ödön által tervezett szecessziós épülete*. — A Magyar Állami Földtani Intézet 198. Alkalmi Kiadványa, Budapest, 104 p.
- KORDOS, L. 2000: Il Miocene Inferiore di Ipolytarnóc. — In: PINNA, G. (ed.): *Storia Naturale d'Europe*. Jaca Book, Milano, pp. 184–213.
- KORPÁS L., KÓSA, A., (szerk.) 2000: *Budapest a barlangok fővárosa*. — Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat Millenniumi Barlangnap kiadványa, Budapest, 66 p.
- KORPÁS L. 2000: A Budai-hegység felépítése és kialakulása. — In: KORPÁS L., KÓSA A. (szerk.): *Budapest a barlangok fővárosa*. pp. 7–16.
- KORPÁS L. 2000: A Budai-hegység karsztrendszer. — In: KORPÁS L., KÓSA A. (szerk.): *Budapest a barlangok fővárosa*. pp. 17–24.
- KORPÁS L. 2000: *Földtani keret és a barlangok képződési modellje*. — In: KORPÁS L., KÓSA A. (szerk.): *Budapest a barlangok fővárosa*. pp. 25–26.
- KORPÁS, L. 2000: Összefoglalás. In: KORPÁS, L. (red.): *Pasado, presente y futuro. Colaboración geológica entre Hungría y Cuba*. — A Magyar Állami Földtani Intézet 199. Alkalmi Kiadványa, pp. 89–90.
- KORPÁS, L. 2000: Que sucedió en Cuba después de 1990. — In: KORPÁS, L. (red.): *Pasado, presente y futuro. Colaboración geológica entre Hungría y Cuba*. A Magyar Állami Földtani Intézet 199. Alkalmi Kiadványa, pp. 7–14.
- KORPÁS, L. 2000: Inventario irregular. — In: KORPÁS, L. (red.): *Pasado, presente y futuro. Colaboración geológica entre Hungría y Cuba*. A Magyar Állami Földtani Intézet 199. Alkalmi Kiadványa, pp. 57–60.
- KORPÁS, L. (red.) 2000: *Pasado, presente y futuro. Colaboración geológica entre Hungría y Cuba*. — A Magyar Állami Földtani Intézet 199. Alkalmi Kiadványa, 90 p.
- KORPÁS, L., KOVÁCS, G. P. 2000: Los especialistas húngaros de ciencias de la tierra en Cuba entre 1962 y 2000. — In: KORPÁS, L. (red.): *Pasado, presente y futuro. Colaboración geológica entre Hungría y Cuba*. A Magyar Állami Földtani Intézet 199. Alkalmi Kiadványa, pp. 63–68.
- MARINI, F., DOSZTÁLY, L., DON, GY., DETRE, CS. H. 2000: Glassy spatters in mid-Triassic limestones from Aszófő (Hungary): Anisian tektites, Tethysian volcanites, or Modern slag-wool contaminants? — In: DETRE, CS. H. (ed.): *Terrestrial and Cosmic Spherules, Proceedings of the 1998 Annual Meeting TECOS (Terrestrial and Cosmic Spherules)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 119–131.
- ORMAI P. (szerk.), BALLA Z., BÉRCI K., TUNGLI GY. 2000: *Kérdések az atomerőmű kis és közepes radioaktivitású hulladékaik elhelyezéséről. Telephelykutató és tárolótervezés*. — Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság, Budaörs, 28 p.
- ORMAI, P. (ed.), BALLA, Z., BÉRCI, K., TUNGLI, GY. 2000: *Questions on disposal of low and intermediate level radioactive waste of nuclear power plant origin. Site investigation and repository design*. — Public Agency for Radioactive Waste Management, Budaörs, 28 p.
- SOLT, P., GÁL-SÓLYMOS, K., LUKÁCS, B., BÉRCZI, SZ. 2000: New investigations and results on Kaba CV3 carbonaceous chondrite: Texture, reambulation of its spherules, and H₂O-Na₂O competition from NIPR statistical dataset. — In: DETRE CS. H. (ed.): *Proceedings of the 1998 Annual Meeting TECOS*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 155–166.
- TRUNKÓ L., MÜLLER P., BUDAI T., CSILLAG G., KOLOSZÁR L. 2000: *Ungarn, Bergland um Budapest, Balaton-Oberland, Südbakony. Sammlung Geologischer Führer 91*. — Gebrüder Borntraeger Berlin, Stuttgart, 158 p.
- VETŐ I. 2000: *A szervesanyag sorsa az üledékes medencékben*. — Egyetemi jegyzet. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 90 p.
- VICZIÁN I. 1999: Teleki Domokos levele Townson könyvéről 1798-ból (A letter on Townson's book written by Domokos Teleki in 1798). — In: RÓZSA, P., (ed.): *Robert Townson Magyarországi utazásai (Townson's travels in Hungary)*. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 193–197.

Szakcikk

- BÁLDI T., LESS GY., MANDIC, O. 2000: Some new aspects of the lower boundary of the stage Egerian (Oligocene, chronostratigraphic scale of the Paratethys area). — *Abhandlungen des Geologischen Bundesanstalt* 56 (2), „Geologie ohne Grenzen — Festschrift 150 Jahre Geologische Bundesanstalt” pp. 653–668.
- BALLA Z. 2000: 10 centiméter évente. — *Térségi Krónikás* 3 (3), pp. 3–4.
- BALLA Z. 2000: Földrengések tekintetében ez az ország egyik legnyugodtabb körzete. — *Térségi Krónikás* 3 (4), pp. 3–4.
- BALLA Z. 2000: Radioaktív hulladék elhelyezési lehetőségei a Kiscelli Agyagban. — *Földtani Kutatás* 36 (4), pp. 16–20.

- BALLA, Z. 2000: Exploration and characteristics of the Üveghuta site (Az üveghutai telephely kutatása és összesítő ismertetése). — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999-ről*, pp. 59–106.
- BALLA, Z., HORVÁTH, I., ROTÁR-SZALKAI, Á., TÓTH, GY. 2000: Hydrogeological characteristics of the Üveghuta site results of the modern depositional process and hydrogeologic investigations in Szigetköz. — *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1999*, pp. 379–406.
- BALLA Z., TÓTH, GY., HORVÁTH, I., ROTÁR-SZALKAI, Á. 2000: L/ILW disposal site Üveghuta in Variscan granite of Hungary and its hydrogeology. — *DisTec 2000. Disposal Technologies and Concepts 2000. Proceedings of International Conference on Radioactive Waste Disposal September 4–6, 2000. Berlin, Germany*, pp. 70–75.
- BEDŐ G. 2000: A földtani alapszelvények egységes nyilvántartási rendszerének kialakítása és védetté nyilvánításának előkészítése. — *Földtani Kutatás* 36 (1), pp. 21–24.
- BERTALAN É., BARTHA A. 2000: A magyarországi Carlin típusú aranyércesedés kutatásának analitikai módszerei. — *Magyar Kémiai Folyóirat*, „Török Tibor emlékszám” 106, pp. 220–225.
- BODROGI I., SZENTPÉTERY I. 2000: Felső-kréta közettípusok az alsó-miocén Szuhogyi Konglomerátumból (Észak-Magyarország, Rudabányai-hegység). — *Földtani Közlemények* 130 (3), pp. 423–450.
- BOHN-HAVAS, M., NAGY, E., NAGY-BODOR, E., RADÓCZ, GY., RÁKOSI, L., SZEGŐ, É. 2000: Palaeoenvironmental reconstruction of cyclic coal-bearing sequence in Borsod basin (N Hungary). — *Proceedings, Interim Colloquium Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy, Patras, Greece, Geological Society Special Publications* 9, pp. 37–42.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2000: Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 1999. évi tevékenységéről. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999-ről*, pp. 7–23.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 2000: Activity report of the Geological Institute of Hungary for 1999. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999-ről*, pp. 25–34.
- BREZSNYÁNSZKY, K., KARDEVÁN, P., RÓTH, L. 2000: Integration of GIS and remote sensing in the field of geology as an interdisciplinary approach — the role of geo-spatial clearinghouse services. — *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXII 7. [ISPRS Commission VII. Symposium. Resource and Environmental Monitoring, September 1–4, 1998. Budapest, Hungary], pp. 595–600.
- BUDAI, T., CSILLAG, G. 2000: New geologic map of the Balaton Highland (1982–1999). — *Acta Geologica Hungarica* 42 (4), pp. 475–476.
- CHIKÁN G. 2000: Az üveghutai kutatási terület neotektonikája. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999-ről*, pp. 447–458.
- CSÁSZÁR G. 2000: A Föld és az élet fejlődése. — *Földtani Közlemények* 130 (1), pp. 139–140.
- CSÁSZÁR G. 2000: Főtitkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 1999. évi tevékenységéről. — *Földtani Közlemények* 130 (2), pp. 177–192.
- CSÁSZÁR G. 2000: Platform-, lejtő- és medence fáciesű képződmények a Balaton-felvidéki és balatonfői alsó-paleozoikumban. — *Földtani Közlemények* 130 (1), pp. 133–137.
- CSÁSZÁR G., KOLLÁNYI K., LANTOS M., LELKES GY., TARDINÉ FILÁCZ E. 2000: A Hidasivölgyi Márga Formáció kora és képződési környezete. — *Földtani Közlemények* 130 (4), pp. 695–723.
- CSERNY, T. 2000: Nature Protection by Geological Research in the Geological Institute of Hungary — Past and Present. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1994–1995-ről*, pp. 191–201.
- DERENNE S., LARGEAU C., BRUKNER-WEIN A., HETÉNYI M., BARDOUX G., A. MARIOTTI, A. 2000: Origin of variations in organic matter abundance and composition in a lithologically homogeneous maar-type oil shale deposit (Gérce, Pliocene, Hungary). — *Organic Geochemistry* 31, pp. 787–798.
- DETRE CS. 2000: A világ embermértékű újraértékelése. — *Filozófiai Vitakör Évkönyve 1997-ről*, Kultúrközpont kiadványa, Szerencs, pp. 2–3.
- FODOR, L., KOROKNAI, B. 2000: Tectonic position of the Transdanubian Range unit: A review and some new data. — *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva* 37, pp. 38–40.
- FODOR, L., KOROKNAI, B. 2000: Ductile deformation and lithostratigraphy of the Martonyi Subunit (NE Hungary, Torna Unit). — *Geologica Carpathica* 51 (6).
- FODOR, L., MÁRTON, E. 2000: Combination of paleomagnetic and paleostress data in the Alpine-Carpathian-Pannonian region. — *Slovak Geological Magazine* 6, pp. 299–300.
- FODOR, L., MÁRTON, E. 2000: Combination of paleomagnetic and paleostress data in the Alpine-Carpathian-Pannonian region. — *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva* 37, pp. 40–41.
- FODOR, L., MÁRTON, E., JELEN, B., BÁLDI-BEKE, M., KÁZMÉR, M., RIFELJ, H. 2000: Connection of the eastern Periadriatic and Mid-Hungarian zones and its implication to Paleogene paleogeography, Miocene extrusion tectonics. — *Slovak Geological Magazine* 6, pp. 298–299.
- FÖLDVÁRI M.: 2000: Korrigált bomlási hőmérsékletek alkalmazása agyagásványok vizsgálatára. — *Építőanyag* 52 (3), pp. 62–69.
- GYURICZA GY. 2000: Környezetföldtani térképek. — *Geomatika*, 2000. április, pp. 12–15.
- HAAS J., KÖRPÁS L., TÖRÖK Á., DOSZTÁLY L., GÓCZÁN F., HAMORNÉ VIDÓ M., ORAVECZNÉ SCHEFFER A., TARDINÉ FILÁCZ E. 2000: Felső-triász medence és lejtőfáciesek a Budai-hegységben — a Vérhalom téri fúrás vizsgálatának tükrében. — *Földtani Közlemények* 130 (3), pp. 371–421.
- HAAS, J., MIOČ, P., PAMIĆ, TOMLJENOVIC, B., ÁRKAI, P., BÉRCZIMAKK, A., KOROKNAI, B., KOVÁCS, S., RÁLISCH-FELGENHAUER, E. 2000: Complex structural pattern of the Alpine–Dinaridic–Pannonian triple junction. — *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)* 89, pp. 377–389.
- HÁLA J. 2000: Adalékok az Ipoly és a Garam menti gyógyforrások és szent kutak ismeretéhez. — *Néprajzi Látóhatár* 9 (3–4), pp. 323–354.
- HALMAI, J. 2000: The Geology of Today — for Tomorrow. Satellite conference of the World Conference on Science, 21–24 June, 1999. — *Acta Geologica Hungarica* 43 (2), pp. 107–108.
- HERNÁNDEZ SILVA, G., SCHAREK P., BREZSNYÁNSZKY K., KISS G. 2000: A króm és a nikkell szennyeződés eloszlása és viselkedése a Río Turbio medencéjének (Guanajuato állam, Mexikó) felszíni negyedidőszaki képződményeiben. — *Földtani Közlemények* 130 (3), pp. 529–545.
- HORVÁTH, I., DON, GY., SCHAREK, P., TÓTH, GY. 2000: Results of the modern depositional process and hydrogeologic investi-

- gations in Szigetköz, Hungary. Operation of a geologic monitoring system by the Geological Institute of Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 43 (1), pp. 85–106.
- JOCHÁNÉ EDELENYI E. 2000: A nyírádi depresszió és a Hévízi-tó kapcsolatának geológiai meghatározottsága. — *Hévízi Könyvtár* 12, pp. 45–55.
- KOLOSZÁR, L., MARSI, I., CHIKÁN, G. 2000: Cainozoic sedimentary cover of the Eastern part of Mórág Hill. (A Mórág-rög keleti részének kainozoos fedőképződményei.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999-ről*, pp. 117–149.
- KORDOS, L. 2000: New results of Hominoid research in the Carpathian Basin. — *Acta Biologica Szegediensis* 46 (1–4), pp. 71–74.
- KORDOS, L., BEGUN, D. R. 2000: Four catarrhine crania from Rudabánya. — *American Journal of Physical Anthropology*, Supplement 30, pp. 199–200.
- KORPÁS L. 2000: Carlin típusú aranyérc kutatási lehetőségei a Kőszegi-hegységben és a Vashegyen. — *Vasi Szemle* 54 (3), pp. 325–335.
- KORPÁS-HÓDI, M., NAGY, E., NAGY-BODOR, E., SZÉKVÖLGYI, K., Ó. KOVÁCS, L. 2000: Late Miocene climatic cycles and their effect on sedimentation (West Hungary). — *Geological Society, London, Special Publications* 181, pp. 79–88.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., FÖLDVÁRI M., BARÁTH K. 2000: Cikói-hegység (Ticau) kristályos aljzatán képződött mállási kéreg agyagásványos összetétele. — *Erdélyi Múzeum Egyesület Évkönyve*, pp. 190–208.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDVÁRI, M., RÁLISCH-FELGENHAUER, E., BARÁTH-SINYEY, K. 2000: Mineralogical characterisation of the fissure fillings in the Üveghuta granite (Az üveghutai gránitban található repedéskitöltések ásványtani jellemzése). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1999. évről*, pp. 353–378.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., KALMÁR J., FÖLDVÁRI M., BARÁTH-SINYEY K. 2000: A mineralogical–petrographical characterisation of the weathered crust of the Üveghuta granite (Az üveghutai gránit mállási kéregének ásvány-közetani és geokémiai jellemzése). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1999. évről*, pp. 193–212.
- LESS, GY., PAPAZZONI, C. A. 2000: Orthophragminid and operculinid events at the Middle-Upper Eocene boundary in Europe. — *Annali di Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara* 3, pp. 43–46.
- LESS, GY. 2000: Polyphase evolution of the structure of the Aggtelek-Rudabánya Mountains (NE Hungary), the southernmost element of the Inner Western Carpathians — a review. — *Slovak Geological Magazine* 6 (2–3), pp. 260–268.
- LESS, GY. 2000: Upper Paleogene larger Foraminiferal assemblages from the Bükk Mountains (NE Hungary). — *Anuarul Institutului Geologic al Romaniei* 72, spec. issue, p. 46.
- LESS, GY. 2000: The orthophragminid zonation of the Mediterranean Upper Paleocene and eocene as part of the Tethyan Tertiary shallow benthic zonation. — *Anuarul Institutului Geologic al Romaniei* 72, spec. issue, p. 47.
- LESS, GY. 2000: Superposition of tectonic phases in the structural evolution of the Aggtelek–Rudabánya Mountains (NE Hungary). — *Anuarul Institutului Geologic al Romaniei* 72, spec. issue, p. 48.
- LESS, GY., KECSKEMÉTI, T., OZSVÁRT, P., KÁZMÉR, M., BÁLDI-BEKE, M., KOLLÁNYI, K., FODOR, L., KERTÉSZ, B., VARGA, I. 2000: Shallow benthic assemblages around the Middle Upper Eocene boundary in Hungary. — *Annali Università di Ferrara* 8, suppl., pp. 137–169.
- MAROS, GY., PALOTÁS, K. 2000: Az üveghutai Üh–22 és Üh–23 fúrásban észlelt síkszerű jelenségek értékelése CoreDump szoftverrel (Evaluation of planar features in Boreholes Üh–22 and Üh–23 near Üveghuta with CoreDump software). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése 1999-ről*, pp. 315–368.
- MAROS, GY., ANDRÁSSY, L. 2000: Portable scanner probes deep into Earth's secrets. — *Opto and laser Europe*, 77, p. 17.
- MARSI, I. 2000: Geology of overlaying beds of granites of the eastern part of the Mórág Hill. (A gránit fedőüledékeinek földtana a Mórág-rög K-i részén). — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999-ről*, pp. 117–149.
- NAGY-BODOR, E., JÁRAI-KOMLÓDI M., MEDVE, A. 2000: Late Glacial and Post-Glacial pollen records and inferred climatic changes from Lake Balaton and the Great Hungarian Plain. — *Geological Society, London, Special Publications* 181, pp. 121–133.
- NAGY-BODOR, E., SZUROMI-KORECZ A., CSERNY T. 2000: A Siófoki-medence vízborításának fejlődéstörténete, palinológiai és ostracoda vizsgálatok alapján. — *Hidrológiai Közöny* 80 (5–6), pp. 329–332.
- PELIKÁN P., DOSZTÁLY L. 2000: A bükkzsérci fúrások (D-Bükk) jura képződményei és szerkezetföldtani jelentőségük. — *Földtani Közöny* 130 (1), pp. 25–46.
- RAINCSÁK GY-NÉ 2000: A Budapest 4. sz. Metróvonal és környezetének földtani viszonyai. — *Földtani Kutatás* 37 (2), pp. 4–19.
- SÁSDI L. 2000: Újabb földtani adatok a Bükk-hegység karsztjának fejlődéstörténetéhez. — *Karszt és Barlang* 1997, (1–2), pp. 20–25.
- SCHAREK P., DON, GY., HORVÁTH, I., TÓTH, GY. 2000: Results of the modern depositional process and hydrogeologic investigations in Szigetköz — Operation of a geologic monitoring system by the Geological Institute of Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 43 (1), pp. 85–106.
- THAMÓ-BOZSÓ, E. 2000: Mineral composition of Cenozoic sands and sandstones in Hungary. Abstracts. Minerals of the Carpathians, International Conference, Miskolc, 2000. March 9–10. — *Acta Universitatis Szegediensis, Acta Mineralogica-Petrographica* 41, Supplementum, p. 110.
- THAMÓ-BOZSÓ, E. 2000: Mineralogical studies on Middle Triassic tuffaceous sediments at Litér (Transdanubian Central Range, Hungary). — *Kurzfassungen (Abstracts), Sediment 2000, Leoben, 2000. June 21–23. Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie und Bergbaustudenten in Österreich* 43, p. 228.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E., KERCSMÁR Zs. 2000: A Körös-medence negyedidőszaki beszállítási irányainak változása a homokok ásványtani összetétele és a tektonikai háttéresemények alapján. — *Földtani Közöny* 130 (4), pp. 1–25.
- VETŐ, I., HETÉNYI, M., HÁMOR-VIDÓ, M., HUFNAGEL, H. 2000: Anaerobic degradation of the organic matter controlled by productivity variation in a restricted Late Triassic basin. — *Organic Geochemistry* 31 (4), 439–452.
- VETŐ, I., BRUKNER-WEIN, A. 2000: Organic, isotope and sulphur geochemistry of the freshwater to marine transition of the Liassic of the Mecsek Mts. (S-Hungary). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1994–95. évről*, pp. 127–134.

Szakmai jelentés

- HORVÁTH I., DON GY., SCHAREK P., TÓTH GY. 2000: Előzetes jelentés a KTM által a MÁFI-val megkötött „Földtani monitoring hálózat fejlesztése és működtetése a Szigetközben” c. szerződés teljesítéséről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- HORVÁTH I., FÜGEDI U., ÓDOR L. 2000: Magyarország hegyvidéki területeinek hordalék–geokémiai felvétele. Zárójelentés az 1988–2000. között végzett munkáról. — *Kézirat*, Országos Földtani Adattár, Budapest.
- HORVÁTH I., NÁDOR A., FARKASNÉ BULLA J., JÁMBOR Á., JUHÁSZ GY., TÓTH GY., LIEBE P. 2000: Mélységi vizekbe történő közvetlen bevezetések hatásainak vizsgálata. Stratégiai terv szénhidrogén-bányászattal kapcsolatos besajtolások mélységi, elsősorban termálvizekre gyakorolt hatásának felmérése céljából lefolytatandó részletes vizsgálatokra I–II. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Tektonikai Osztály irattára, Budapest.
- HORVÁTH I., NÁDOR A., JUHÁSZ GY., TÓTH GY. 2000: Mélységi vizekbe történő bevezetések hatásainak vizsgálata és állapot felmérés. 1. sz. rész tanulmány. A visszatáplálási körzetek lehatárolása és a vizsgálandó komponensek meghatározása (végleges, a tervszűri által igényelt módosításokkal). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Tektonikai Osztály irattára, Budapest.
- HORVÁTH I., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., MARSÓ K., NAGY P., TÓTH GY. 2000: Üveghuta tágabb térségében kialakított vízföldtani megfigyelőrendszer működtetése (1998–2000). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- HORVÁTH I., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., TÓTH GY. 2000: Üveghuta tágabb térségében kialakított vízföldtani monitoringrendszer működtetése 1999. november–december. Jelentés a RHK Kht-vel kötött P200V-4-04/99 rendelési számú szerződés teljesítéséről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- HORVÁTH I., SZÓCS T. 2000: Beszámoló. Forráskör. 10 forrásra kiterjedő, évszakonkénti mintagyűjtés vizsgálatainak összefoglalása. Jelentés a Geokémiai Főosztály 2000. évben elvégzett munkáiról. — *Kézirat*, Országos Földtani Adattár, Budapest.
- HORVÁTH I., SZÓCS T., FÜGEDI U., MOLNÁR P. 2000: Helyzetkép Budapest levegő–szennyezettségéről. Budapest Hóvizsgálata. Jelentés a Geokémiai Főosztály 2000. évben elvégzett munkáiról. — *Kézirat*, Országos Földtani Adattár, Budapest.
- HORVÁTH I., TÓTH GY., LIEBE P., LORBERER Á. (2000): Mélységi vizekbe történő bevezetések hatásainak vizsgálata és állapot felmérés. 2. sz. rész tanulmány. Mintázási és anyagvizsgálati terv (végleges, a tervszűri által igényelt módosításokkal). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Tektonikai Osztály irattára, Budapest.
- Konferencia posztterek és előadás kivonat*
- ANDRÁSSY L., MAROS GY., SALLAY E. 2000: ImaGeo magszkennerrel kombinált lézer indukált plazma spektrométer, mint egy új korszerű eszköz a fűrőmag vizsgálatokban. — *Abstract, a Magyarhoni Földtani Társulat, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület és a Society of Petroleum Engineers, Hungarian Section közös Vándorgyűlése, „A geoműszaki tudományok kihívásai az évezred küszöbén”, Szolnok, 2000. szeptember 15–16. Program*, p. 15.
- ARDAY, A., BÉRCZI, SZ., DON, GY., LUKÁCS, B. 2000: Preliminary report of Szilvágy-Patkó (Horseshoe): A new (possible) impact crater remnant in Hungary. — *30th LPSC, Houston, Abstracts No. 1384*.
- BALLÓK I.-NÉ, BARTHA A. 2000: Hagyományos porlasztású és hidridtechnikával meghatározható elemek egyidejű mérése CMA (concomitant metals analyser) módszerrel. — *Vegyészkonferencia 2000, Debrecen, konferencia kiadvány*.
- BARTHA A., BALLÓK I.-NÉ, 2000: Mátrixhatások és kiküszöbölési lehetőségeik környezeti és geológiai minták ICP-OES meghatározásánál. — *Vegyészkonferencia 2000, Debrecen, konferencia kiadvány*.
- BARTHA, A., CSALAGOVITS, I., HORVÁTH, I., SIEWERS, U., STUMMEYER, J. 2000: Simple field method for Arsenic speciation of Békés-County arsenic waters and their geochemical characterization. — *Lecture on the 4th Euroconference on Environmental Analytical Chemistry, Visegrad Abstract*, pp. 66–68.
- BÉRCZI, SZ., DETRE, CS. H., DON, GY., SOLT, P., UZONYI, I. 2000: Olivine spherules and droplets from the pannonian basalt of Szentbékáll. — *Papers presented to the TECOS Workshop, Castelnuovo ne’ Monti, Italy*, pp. 4–5.
- BERTALAN, É., BARTHA, A., MRS BALLÓK, I., VARGA-BARNA, ZS. 2000: Role of dissolution parameters at the determination of soluble element content of soil and stream sediment samples — *Poster on the 4th Euroconference on Environmental Analytical Chemistry, Visegrad, Abstract*, pp. 26–28.
- BERTALAN É., BARTHA A., BALLÓK I.-NÉ, VARGÁNÉ BARNA ZS. 2000: A kioldási paraméterek szerepe talaj és üledékminták kioldható elemtartalmának meghatározásában. — *Vegyészkonferencia 2000, Debrecen, konferencia kiadvány*.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2000: A földtani szolgálatok szerepe az új évezred küszöbén. [előadáskivonat] — *Bányász-kohász-földtan konferencia, 2000. Március 17–19. Kolozsvár, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság*, p. 22.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2000: A Magyar Állami Földtani Intézet bemutatása. [Kivonat az előadás illusztrációs anyagából]. — *NHP/OHP híradó, Az UNESCO Nemzetközi Hidrológiai Programja és a WMO Operatív Hidrológiai Programja Magyar nemzeti Bizottságának tájékoztatója*. 2000, (4), pp. 25–27.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2000: A Magyar Állami Földtani Intézet bemutatása. [előadás tartalmi kivonata]. — *Balaton Földtani Ankét, Balatonfüred, 2000. November 8.* pp. 1–2.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 2000: Perspectives of Crossborder Activity in Geology Between Croatia and Hungary. — *2. Hrvatski Geoloski Kongres — Second Croatian Geological Congress, Cavtat, Dubrovnik, 17–20. 5. 2000. Zbornik radova Proceedings*, pp. 53–57.
- BREZSNYÁNSZKY, K., CHIKÁN, G., GYALOG, L., SCHAREK, P., SIKHEGYI F. 2000: Geoscientific information service in Hungary, past and future. — *Seminar on Application of geoscience mapping related geoscientific products in the 21st Century. Rio de Janeiro, August 15–16, 2000. Espoo, 2000.* pp. 12–13. [+ CD-ROM].
- BRUKNERNÉ WEIN A., SAJGÓ CS. 2000: Kerogén típusok IR spektrumai és elemösszetétele. — *43. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés, előadások összefoglalói. Zalaegerszeg*, pp. 146–148.

- CARA, F., HOXHA, J., DIMO, L., SCHAREK, P. 2000: Environmental-Geological Mapping in the Shkodra-Lezha Region Albania. — *Proceedings of 31st Geological Congress, Rio de Janeiro, Brasil*.
- CHIKÁN, G. 2000: Possibilities and Problems in Correlation of Quaternary Sediments of Drava-Basin (Hungary and Croatia). — *Poszter: Bányász-kohász-földtan Konferencia, 2000. március 17–19. Kolozsvár, Románia*.
- CHIKÁN, G. 2000: Possibilities and Problems in Correlation of Quaternary Sediments of Drava-Basin (Hungary and Croatia). — *Poster. Second Croatian Geological Congress, 17–20. 05. 2000. Cavtat–Dubrovnik, Croatia*.
- CHIKÁN, G. 2000: Possibilities and Problems in Correlation of Quaternary Sediments of Drava-Basin (Hungary and Croatia). — *Poster. Third Congress on Regional Geological Cartography and In formation Systems München, 2000. október 24–27*.
- CHIKÁN, G. 2000: Tertiary deposits of Mórág Hill (Hungary). — *2. Hrvatski Geološki Kongres. Second Croatian Geological Congress. Cavtat–Dubrovnik, 17–20.05.2000. Zbornik radova. Proceedings. Zagreb, Croatia*.
- CSÁSZÁR G., KÖRÖSI L. 2000: Tata — Kálvária-domb: földtani természetvédelmi terület. — In: CSÁSZÁR et al.: *HUNGEO 2000, A földtudományok a Kárpát-medence fejlődéséről. Múltbeli és jelenkori tendenciák. Sokféleség az egységben. Kirándulásvezető* pp. 18–27.
- CSÁSZÁR G. (szerk.) 2000: Magyarország litosztratigráfiai alap-egységei (poszter). — *Földt. Int. kiadványa*.
- CSÁSZÁR, G., HALMAI, J., HRICKO, J., JANOSCHEK, W., KOVÁCIK, M., MATURA, A., NEMESI, L. 2000: DANREG — Danube Region Environmental Geology Programme as an Example for Cross-Border Cooperation. — *2. Hrvatski Geoloski Kongres, Second Croatian Geological Congress, Cavtat, Dubrovnik, 17–20. 5. 2000. Zbornik radova Proceedings*. pp. 23–26.
- CSÁSZÁR, G., HALMAI, J., HRICKO, J., JANOSCHEK, W., KOVÁCIK, M., MATURA, A., NEMESI, L. 2000: DANREG — Danube Region Environmental Geology Programme as an Example for Cross-Border Cooperation. — *Abstracts of the XI. Congress of Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy, Fes — Marocco 27–30, 2000*, p. 113.
- CSÁSZÁR G., KOLLÁNYI K., LELKES GY., SIEGL-FARKAS Á. 2000: Tatabányai medencei (Gerecse elő téri) és gerecsei alsó- és középső-jura képződmények rétegtani és ökoszisztémái vizsgálatának előzetes eredményei. — *3. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, 2000. május 5–6. Tihany. Előadáskivonatok*, pp. 6–7.
- CSÁSZÁR, G. 2000: Vestiges and sedimentary reconstruction of Lower Cretaceous atolls in cointinental shelf environment. — *Proceedings of 31st Geological Congress, Abstract Volume (CD-Rom)*.
- CSILLAG G. 2000: Földtani természeti értékek és túraútvonalak a Balaton-felvidéken. — *Balaton Földtani Ankét, MFT-MÁFI, Balatonfüred, 2000. nov. 8. Abstract*, pp. 3–4.
- DETRE, CS. H. 2000: Global spherule layers: A status report. — *31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, Session 25/6: Impact and Extraterrestrial Spherules, Abstracts*, No 1/5.
- DETRE, CS. H., DON, GY., UZONYI, I., KISS, Á. Z., TÓTH, I., SOLT, P. 2000: The role of supernova in the Permo-Triassic Mass Extinctions. — *31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, Session 25/6: Impact and Extraterrestrial Spherules, Abstracts*, No 1/7.
- DETRE, CS. H., TÓTH, I., DON, GY., KISS, Á. Z., UZONYI, I., BODÓ, P., SCHLÉDER, ZS. 2000: The Permian-Triassic supernova event — *24th Symposium on Antarctic Meteorites, Nat. Inst. Polar Research, Tokyo, June 1–3, 1999*, pp. 15–17.
- DETRE, CS. H., TÓTH, I., DON, GY., SOLT, P., GUCSIK, A., KISS, Á. Z., UZONYI, I. 2000 The Permo-Triassic mass extinction caused by a supernova explosion — *Workshop on Geological and Biological Evidence for Global Catastrophes (Espérazza/Quillan, Aude, France) Abstracts*, pp. 25–26.
- DON, GY., DETRE, CS. 2000: Magnetic spherules from the Devonian–Carboniferous boundary (Montagne Noire, France). A preliminary report. — *24th Symposium on Antarctic Meteorites, Nat. Inst. Polar Research, Tokyo, June 1–3, 1999*, pp. 4–6.
- DON, GY., DETRE, CS. H., SOLT, P. 2000: Black, magnetic spherules from the Devonian-Carboniferous boundary (Montagne Noire, France) — A preliminary report — *Papers presented to the TECOS Workshop, Castelnuovo ne' Monti, Italy*, pp. 10–12.
- FÜGEDI U., SÁSDI L. 2000: A recski bánya vízkökválásai (memento). — *Föld- és Vízügyi környezetfejlesztési konferencia kiadványa, Budapest, 2000. 04. pp. 26–28*.
- FÜGEDI U., SÁSDI L. 2000: A recski bánya vízkökválásai (memento). — *HUNGEO 2000. Magyar földtudományi szakemberek világtalálkozója, Piliscsaba, 2000. aug. 15–19. A földtudományok a Kárpát-Medence fejlődéséről. Múltbeli és jelenkori tendenciák. Sokféleség az egységben. Program és előadás kivonatok*.
- FÜGEDI, U., HORVÁTH, I., ÓDOR, L. 2000: Changes in the mineralogical composition of the Gyöngyösorszi mine waste spread out on the floodplain of the Toka creek. — *Abstracts. Minerals of the Carpathians, International Conference, Miskolc, 2000. March 9–10. — Acta Universitatis Szegediensis, Acta Mineralogica-Petrographica 41, Supplementum B*.
- GYURICZA GY. 2000: Miben segíthetik a környezetvédelmi térképek az önkormányzatok döntéshozatalát. — *IX. Országos Önkormányzati Környezetvédelmi Konferencia kiadványa*, pp. 46–47.
- HADNAGY, Á., DON, GY. 2000: A zsadányi meteorit szórási területéről begyűjtött üledékek mikromineralógiai vizsgálata. — *HUNGEO 2000. Magyar földtudományi szakemberek világtalálkozója, Piliscsaba, 2000. aug. 15–19. A földtudományok a Kárpát-Medence fejlődéséről. Múltbeli és jelenkori tendenciák. Sokféleség az egységben. Poszter*.
- HÁMOR-VIDÓ, M., TÓTH, A. 2000: Geology, Mining and Utilisation of Peat Reserves in Hungary. — *Sustaining Our Peatlands. — Proceedings of the International Peat Congress, 6–12 August 2000, Quebec, Canada, 1*, pp. 311–319.
- HÁMOR-VIDÓ, M., TÓTH, A. 2000: Geology, Mining and Utilisation of Peat Reserves in Hungary. Sustaining Our Peatlands. — *11th International Peat Congress, 6–12 August 2000, Quebec, Canada, Program with Abstracts*, p. 341.
- HÁMOR-VIDÓ, M., WEHNER, H., TESCHNER, M. 2000: Geochemical Monitoring of Natural Attenuation. — *Fifth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, 12–14 September 2000, Prague, Czech Republic, Abstracts*, pp. 154–155.
- HERNÁNDEZ SILVA, G., SCHAREK, P., KISS, G. 1999: Environmental geological mapping of heavy metal concentrations in soils and sediments of Turbio, Guanajuato and Otates subbasins, Lerma–Chapala system, Mexico. — *31st International Geological Congress, Rio de Janeiro*.
- JOCHA-EDELÉNYI, E. 2000: Connection between the geological

- structure and the water flow in karstic aquifers. — 31. *International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstract.*
- JOCHA-EDELÉNYI, E. 2000: Connection between the geological structure and the water flow in karstic aquifers. — *Karst 2000. Symposium, Marmaris, Abstract.*
- KAISER M., KOLOSZÁR L., LANTOS M. 2000: A Görgeteg–I. fűrés kvarter szelvényének magnetosztatográfiai és MS vizsgálata. — *Poszter, A negyedidőszak-kutatás és az ahhoz kapcsolódó kérdések c. ankét, 2000. március 29.*
- KÁKAY-SZABÓ, O. 2000: Collection of extraterrestrial, terrestrial and industrial microspherules of the Hungarian Geological Museum. — *4th Internationale Conference Mineralogy and Museums, Abstract*, p. 59. Melbourne.
- KÁKAY-SZABÓ, O. 2000: Genetic types of the micrometeorites from the impact regions. — *Impact 4th ESF Workshop Lappajarvi, Abstract*, p. 74.
- KERÉK B. 2000: A talaj és alapkőzet agrogeológiai összefüggéseinek vizsgálata a Kiskunsági Nemzeti Parkban. — *VIII. Országos Agrár-környezetvédelmi Konferencia kiadványa*, pp. 17–18.
- KERÉK, B. 2000: Ecogeological research on the western part of the Danube-Tisza Interfluve. — *31st International Geological Congress Abstract Volume, Aug. 6–17 2000, Division of Marketing of the Geological Survey of Brazil.*
- KOLOSZÁR, L., MARSI, I. 2000: Loess stratigraphy of the Eastern part of the Mórág Hill (Hungary). — *2. Hrvatski Geoloski Kongres. 2nd Croatian Geological Congress, Cavtat–Dubrovnik, 17–20.05.2000. Zbornik radova. Proceedings 1. Appendix D–4.*
- KOLOSZÁR L., MARSI I. 2000: Negyedidőszaki képződmények rétegtani korrelációja a Mórág-rög térségében. — *Poszter, A negyedidőszak-kutatás és az ahhoz kapcsolódó kérdések c. ankét, 2000. március 29.*
- KORDOS, L. 2000: Fossil Ovinæ in the Carpathian Basin. — *International Muflon Symposium, Abstract, Sopron.*
- KORDOS, L. 2000: Lower Jurassic Dinosaur Footprints from Hungary (Preliminary Report). — *First Symposium on European Dinosaurs, Abstracts, Dusseldorf*, pp. 15–16.
- KORPÁS, L., LANTOS, M., KOVÁCS-PÁFFY, P., KORDOS, L., KROLOPP, E. 2000: Sedimentology and chronology of Quaternary lacustrine travertine key sections — an integrated study in Hungary. — *31. Földtani Világkongresszus, Rio de Janeiro.*
- KORPÁS, L. 2000: Geology and karst evolution of the Tapolca Basin, Transdanubian Range, Hungary. — *5th UIS Cave Diving Camp, Tapolca, September 14–19 2000*, pp. 2–8.
- KORPÁS L., HEVESI A. 2000: A Kárpátok és a Kárpát-medence felszínfejlődése. — In: *A földtudományok a Kárpát-medence fejlődéséről. Múltbéli és jelenkori tendenciák. Sokféleség az egységben. Program és előadás kivonatok. HUNGEO 2000, Magyar Földtudományi Szakemberek világtalálkozója, Piliscsaba, 2000. augusztus 15–19.* p. 3.
- KORPÁS L., CSÁSZÁR G., KECSKEMÉTI T., TOLNAI G.–T., DOBOSI V., RÉTVÁRI L. 2000: Kirándulásvezető. — In: *A földtudományok a Kárpát-medence fejlődéséről. Múltbéli és jelenkori tendenciák. Sokféleség az egységben. HUNGEO 2000, Magyar Földtudományi Szakemberek világtalálkozója, Piliscsaba, 2000. augusztus 15–19.* 38 p.
- KOVÁCS-PÁLFY, P., BAJKAY, P., FÖLDVÁRI M., GÁL-SÓLYMOS, K., RÁLISCH-FELGENHAUER, E., BARÁTH-SINYEI, K. 2000: Mineralogical and geochemical study on carbonate filling Fractures from granitic rocks (Mecsek Mts., S-Hungary). — *Abstract. Anuarul Institutului Geologic al României 72, Special Issue. The 4th Symposium, Baia Mare Branch of the Geological Society of Romania, 16–18th November 2000, Baia Mare.* p. 43.
- KUTI L. 2000: A felszín vízáteresztő képessége. — *VIII. Országos Agrár-környezetvédelmi Konferencia kiadványa*, pp. 16–17.
- KUTI L. 2000: A talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer környezetföldtani összefüggéseinek értékelése a preventív környezetvédelmi és vidékfejlesztési megoldások elősegítése érdekében az Északkelet-Alföldön. — *Területfejlesztés és Környezetvédelem–Energiahatékonyság Északkelet-Magyarországon Konferencia kiadványa*, pp. 12–15.
- KUTI L. 2000: Korszerű hulladéklerakók létesítéséhez szükséges földtani információk. — *XI. Országos Információs Környezetvédelmi Konferencia kiadványa*, pp. 20–21.
- KUTI L. 2000: Lehetséges vízkárok prognosztizálhatósága földtani adatok alapján. — *XI. Országos Információs Környezetvédelmi Konferencia kiadványa*, pp. 24–25.
- LANTOS M., KORPÁS L., KOVÁCS-PÁLFY P., KORDOS L., KROLOPP E. 2000: Sedimentology and chronology of Quaternary lacustrine travertine key sections — an integrated study in Hungary. — *31st International Geological Congress, August 6–17, 2000, Abstracts, Rio de Janeiro, Brazil*, p. 107.
- LANTOS, M., BÁLDI-BEKE, M., KOLLÁNYI, K., BERNHARDT, B. 2000: Middle to Late Eocene magneto- and biostratigraphic correlations in the Bakony Mountains, Hungary. — *31st International Geological Congress, August 6–17, 2000, Abstracts*, CD.
- LÁSZTITY, A., ZIH-PÉRENYI, K., VARGA, I., BERTALAN, É. 2000: Determination of traces of platinum metals in pharmaceutical substances. — *2000 Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, Fort Lauderdale, Florida, USA. Book of Abstract TP7.*
- LESS GY., Ó. KOVÁCS L. 2000: Valóság vagy illúzió az eocén nagyforaminifera-rétegtan rákfenéje: a szimultán evolúciós sorok sokasága? — *3. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Tihany, 2000. május 5–6, 19, Magyarhoni Földtani Társulat Őslénytani-Rétegtani Szakosztálya, Budapest.*
- MAGYAR I., SÜTÖNÉ SZENTAI M., GEARY, D. H., LANTOS M., MÜLLER P. 2000: A Pannon-tó üledékeinek integrált bio-, magneto- és kronosztatográfiája. — *3. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Tihany, 2000. máj. 5–6. Abstracts*, p. 19.
- MAROS, GY., PALOTÁS, K. 2000: Tectonics of the Úveghuta L/ILW disposal site in Hungary — *DisTec 2000, International Conference on Radioactive Waste disposal, September 4–6, 2000, Berlin. Kontec, Gesellschaft für technische Kommunikation*, p. 106.
- MIZÁK, J., VARGA, ZS., WEISZBURG, T. G., NAGY, T., LOVAS, A. GY., BARTHA, A., BERTALAN, É. 2000: Separation of the 10 green clay mineral from the carbonatic manganese ore, Úrkút, Hungary. — *Minerals of the Carpathians Conference, Miskolc.*
- NÁDOR A., TÓTHNÉ MAKK Á., MÜLLER P., KERCSMÁR ZS., THAMÓNÉ BOZSÓ E., FARKASNÉ BULLA J. 2000: A Körös-medence negyedidőszaki fejlődéstörténete az üledékes ciklusok tükrében. — *Bányász Kohász Földtan Konferencia, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, 2000. március 17–19.*, p. 102.
- NÁDOR, A., LANTOS, M., KERCSMÁR, ZS., THAMÓ-BOZSÓ, E., MÜLLER, P., TÓTH-MAKK, Á., JÁMBOR, Á., FARKAS-BULLA, J. 2000: Quaternary climate changes and tectonic driven sedimentation on the SE-ern part of the Pannonian Basin, Hungary. — *Kurzfassungen (Abstracts), Sediment 2000, Leoben, 2000. June 21–23. Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie und Bergbaustudenten in Österreich* 43, p. 97.
- NÁDOR, A., TÓTH-MAKK, Á., MÜLLER, P., LANTOS, M., KERCSMÁR, ZS., THAMÓ-BOZSÓ, E., Ó KOVÁCS, L., FARKAS-

- BULLA, J. 2000: High-resolution, multi-proxy records for the last 2.6 Ma from the continental Pannonian Basin, Hungary. — *Millennium Flux: Sediment supply to basins*, 22–23 June 2000, Southampton, Abstract Volume, University of Southampton — British Sedimentary Research Group — Southampton Oceanography Centre, Southampton, p. 32.
- NAGYNÉ BODOR E., SÜMEGI P. 2000: A Tököl II. számú fúrás palinológiai és geoarcheológiai vizsgálata. — 3. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, 2000. május 5–6. Tihany. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető, Magyarhoni Földtani Társulat Őslénytani-Rétegtani Szakosztálya, Budapest, p. 2.
- NAGYNÉ BODOR E., SÜMEGI P. 2000: Antropogén hatások és vegetációfejlődés a tököli morotva tó környezetében. — *Előadás kivonata. XLII. Hidrobiológus Napok, 2000 október 4–6. Tihany*, „A magyar hidrobiológia időszerű kérdései az ezredfordulón”, Program, előadáskivonatok, MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany, p. 55.
- NAGYNÉ BODOR E., SZUROMINÉ KORECZ A. 2000: Őslénytani adatok a Velencei-tó múltjából, Előzetes eredmények. — *Előadás kivonata. XLII. Hidrobiológus Napok, 2000 október 4–6. Tihany*, „A magyar hidrobiológia időszerű kérdései az ezredfordulón”, Program, előadáskivonatok, MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany, p. 43.
- PAPP P. 2000: The Reorganized Exhibitions of the Geological Institute of Hungary in its Centenarian Building. — 2. Hrvatska Geológusok Kongresszusa, Zagreb, Abstract, D–5,
- PENTELENYI, A., SCHAREK, P. 2000: Geological map series of Vas county, West Hungary — *Proceedings of Third Congress on Regional Geological Cartography and Information Systems, Munich*, pp. 233–236.
- PROTIC, L., FILIPOVIC, I., PELIKÁN P., JOVANOVIĆ, D., KOVÁCS S., SUDAR, M., HIPS K., LESS GY., CVIJIC, R. 2000: Correlation of the Carboniferous, Permian and Triassic sequences of the Jadar block, Sana-Una and “Bükkium” terranes. — *Proceedings of the International Symposium of the Geology and Metallogeny of the Dinarides and the Vardar Zone, Banja Luka, Serbian Sarajevo, Academy of Sciences and Arts, Republica Srpska. Department of Natural, Mathematical and Technical Sciences. Collections and Monographs 1*, pp. 61–69.
- RAZA, A., KOHN, B., HÁMOR-VIDÓ, M. 2000: An insight into the thermal evolution of Neogene-Quaternary Pannonian Basin, Hungary, as unravelled by new apatite fission track data. — *9th International Congress on Fission Track Dating and Thermochronology, 6–11 February 2000, Lorne, Australia, Abstract*.
- SAJGÓ Cs., BRUKNER-WEIN A. 2000: Pyrolysis gas chromatographic, FTIR and elemental analytical study on kerogen concentrates to characterise organic facies. — *31. IGC, Rio de Janeiro, Brasil, CD-ROM*.
- SALLAY E. 2000: The mineralogical, petrological and geochemical characters of the basic inclusions in the granitoid rocks occurring in boreholes near Üveghuta, Mórágymts., Hungary. — *Abstracts. Minerals of the Carpathians, International Conference, Miskolc, 2000. March 9–10. — Acta Universitatis Szegediensis, Acta Mineralogica-Petrographica 41, Supplementum*, p. 94.
- SALLAY E. 2000: Granitoid kőzetek bázisos zárványainak genetikája ásvány-kőzettani és geokémiai vizsgálatok alapján. — *Poszter kivonata. Ifjú Szakemberek Ankétja, Debrecen, 2000. március 24–25. Programfüzet, Magyar Geofizikusok Egyesülete, Budapest*, p. 45.
- SCHAREK, P., TULLNER T. 2000: Environmental geological mapping in West Hungary and GIS solutions — *Proceedings of Third Congress on Regional Geological Cartography and Information Systems, Munich*, 262–265.
- SCHAREK, P. 1999: Regional Environmental Information System of the Little Hungarian Plain (Kisalföld). — *Európai Geofizikus Konferencia, Budapest*.
- SCHAREK, P. 1999: Regional Environmental Information System. As a Tool of Hydrogeological Studies. — *GTT Konferencia, Budapest*.
- SCHAREK, P., TULLNER, T. 1999: Setting up information databases on alluvial plains in Hungary. — *Le Pianure conference, Ferrara*.
- SELMECZI I., BOHNNÉ HAVAS M., SZEGŐ É. 2000: A Tapolcai-medence és környéke miocénjének lito-és biosztratigráfiai vizsgálata a Nagygörcbő –1, a Várvölgy–1 és a Zalaszántó–3. sz. fúrás alapján. — *Poszter kivonata. 3. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Tihany, 2000. május 5–6. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető, Magyarhoni Földtani Társulat Őslénytani-Rétegtani Szakosztálya, Budapest*, 23–24.
- SIEGL-FARKAS Á. 2000: Felső-kréta palynológiai és ökoszisztémái adatok a Tethys ÉNy-i (európai) területeiről. — *Előadás kivonata. — 3. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, 2000. május 5–6., Tihany. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető, Magyarhoni Földtani Társulat Őslénytani-Rétegtani Szakosztálya, Budapest*, p. 24.
- SIEGL-FARKAS, Á. 2000: Late Cretaceous palynology and environment on the European side of the Tethys. — *Poster abstract. 6th International Cretaceous Symposium, August 27 to September 4, 2000 Vienna, Austria. Abstracts, List of participants, Geocentrum, University of Vienna*, p. 127.
- SOLT, P., DON, GY., DETRE, CS. H. 2000: Different spherule-producing events and spherule-bearing horizons. — *31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, Session 25/6: Impact and Extraterrestrial Spherules, Abstracts*, No 1/11.
- SOLT, P., DON, GY., DETRE, CS. H. 2000: Different spherule-producing events and spherule-bearing horizons — *31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, Abstract*.
- SÜMEGI, P., BODOR, E. 2000: Sedimentological pollen and geoarcheological analysis of core sequence at Tököl. — *Emergence of European Communities Archeological Research Report, „Matrica” Múzeum Százhalombatta, Százhalombatta Archaeological Expedition, Göteborg University, Department of Archaeology, Göteborg*, pp. 83–96.
- SZENDREINÉ KÖREN E., MÜLLER T., KOVÁCS-PÁLFFY P., SZALAI S. 2000: Klíma és a talajvízgazdálkodás kapcsolata a magyarországi barna erdőtalajoknál. — *III. Erdő és Klíma Konferencia Kiadványa, Debrecen, 2000. 06. 7–9.*, pp. 106–115,
- SZAKÁLL S. FÖLDVÁRI M., KOVÁCS-PÁLFFY P. 2000: Kankite from Nagybörzsöny, Börzsöny Mts., a new mineral for Hungary. — *Abstracts. Minerals of the Carpathians, International Conference, Miskolc, 2000. March 9–10. — Acta Universitatis Szegediensis, Acta Mineralogica-Petrographica 41, Supplementum*, p. 103.
- SZÖCS T. 2000: *10. Goldschmidt Konferencia, önálló poszter, Oxford*.

- SZŐCS T. 2000: Water-rock Interactions and Infiltration Calculations. — *Journal of Conference Abstracts*, 5/2, p. 976.
- THAMÓ-BOZSÓ E. 2000: Mineral composition of Cenozoic sands and sandstones in Hungary. — *Abstracts. Minerals of the Carpathians, International Conference, Miskolc, 2000. March 9–10.* — *Acta Universitatis Szegediensis, Acta Mineralogica-Petrographica* 41, Supplementum, p. 110.
- TRUNKÓ L., MÜLLER P., BUDAI T., CSILLAG G., KOLOSZÁR L. 2000: Új geológiai tűravezető Budapest környékéről és a Balaton-felvidékről, német nyelven. — *HUNGEO 2000. A földtudományok a kárpát-medence fejlődéséről. Piliscsaba, 2000. augusztus 15–19. Abstract, HUNGEO 2000 C10.*
- UNGER Z. 2000: Töredezettség nyomozása fraktál geometriai elemekkel. — *Poszter. Bányász–kohász–földtan Konferencia, 2000. március 17–19. Kolozsvár, Románia.*
- UNGER Z. 2000: Töredezettség nyomozása fraktál geometriai elemekkel. — *Poszter. VII. Geomatematikai Ankét, 2000. szeptember 8–9. Szeged.*
- UNGER Z. 2000: Töredezettség nyomozása fraktál geometriai elemekkel. — *Poszter. Földtani Konferencia 2000. november 16–18. Nagybánya, Románia.*
- VARGÁNÉ BARNA ZS., BARTHA A. 2000: FOREGS minták higanytartalmának vizsgálata AMA 254 higanymeghatározó készülékkel. — *Vegyészkonferencia 2000 — Debrecen, konferencia kiadvány.*
- VATAI J. 2000: Környezetföldtani ismeretek a talajtisztításhoz. — *XI. Országos Környezetvédelmi Információs Konferencia kiadványa*, pp. 9–11.
- VICZIÁN I. 2000: Agyagásványok környezetvédelmi szerepe (abstract). In: PAPUCS A. (szerk.): *II. Székelyföldi Geológus-Találkozó. 2000. Acta — Supplementum. Székely Nemzeti Múzeum, Természetrészlet, Sepsiszentgyörgy.*
- VICZIÁN I. 2000: A füzérradványi illit ásványtani vizsgálatának története (abstract). — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Bányász-Kohász-Földtan Konferencia, Kolozsvár, 2000.*
- VICZIÁN I. 2000: Clay mineralogy of Middle Triassic Röt- and Muschelkalk-type sedimentary formations in Mecsek Mts., southern Hungary (abstract). — *DTTG–2000, Jahrestagung der Deutschen Ton und Tonmineralgruppe, Zürich, 2000, Programm und Abstracts* 47.

Térkép

- LEXA, J., POTFAJ, M., ELECKO, M., VOZÁR, J., MELLO, J., CSÁSZÁR G., SCHNABEL, W. (eds), LESS GY., PELIKÁN P., RADÓCZ GY., ZELENKA T. 2000: Geological map of the Western Carpathians and adjacent areas. 1:500 000. Geologický Institut D. Stura, 3 A/0-s lap, Bratislava.

Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2001. évi tevékenységéről

BREZSNYÁNSZKY KÁROLY
igazgató

Előszó

Intézetünk 2001-ben egy új középtávú kutatási koncepció alapján kezdett el dolgozni. Éves kutatási feladatainkat a tárcák képviselőiből álló Földtani Tanács által jóváhagyott „GEO XXI. a Magyar Geológiai Szolgálat és a keretében működő Magyar Állami Földtani Intézet és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet földtani, földtani kutatási feladatai a XXI. század kezdetén” koncepcióból és ennek alapján a két intézet kutatási tevékenységére kidolgozott, a jelen kötetben közzétett középtávú tervünkben levezettük le. A koncepció átfogó kutatási programok (alapkutatás, térképezés, ásványnyersanyag-kutatás, alkalmazott földtani kutatás) indítását, illetve folytatását valamint a közszolgálati feladatok ellátását irányozza elő.

Működésünket továbbra is meghatározza a nemzeti kutatóintézeti jelleg megőrzése, és a nemzetgazdasági igények kielégítése. Utóbbi célkitűzést az alábbiak szerint definiáltuk: „A MÁFI alapfeladata az ország gazdasági és szociális versenyképességének támogatása, naprakész földtudományi információszolgáltatás a kormány és a társadalom számára.”

Jelen beszámolóink elsősorban a költségvetés által finanszírozott kutatási, közszolgálati és az intézmény fenntartásával kapcsolatos irányítási, külkapcsolati feladataink teljesítéséről szól. A beszámoló érinti a kutatási feladatok megoldásához szükséges tudományos pályázatokat és a működéshez szükséges, alaptevékenység keretében végzett szolgáltatásokat, szolgáltatási célú kutatásokat.

Az új programok megvalósításához új intézeti szervezeti struktúrát alakítottunk ki, melyet 2001. január 1-én vezettünk be. Megőriztük a főosztályi rendet és a költségvetési feladatok megoldásához osztályokat hoztunk létre. A projekt/téma struktúrát megőriztük a kevés-

bé tervezhető, rövidebb időtartamú szerződéses, szolgáltatási, pályázati feladataink megoldásához. Ezzel létrejött az a szervezeti mátrix szerkezet, mely a szilárd szervezeti egységek és a változó, több egységet érintő kutatási feladatok kontextusában a feladatok megoldásának jól bevált eszköze a „survey” típusú intézményekben. A szervezeti rend megváltoztatásának célszerűségét már az első év igazolta azáltal, hogy a kutatási témák, programok között összehangoltabb lett a működés, és az egyes egységek között jobb lett a kommunikáció és adatforgalom.

A Magyar Állami Földtani Intézet 2001-ben, fennállásának 132. évében teljesítette az éves tervében foglalt kutatási feladatait. Kivételt képez a költségvetési bevételi terv irreálisan magas, egyébként nehezen tervezhető, külső bevételi előirányzatának teljesítése. A külső megbízásos munkáinkból származó bevételek több mint 50%-kal maradtak el a költségvetés által előírttól. Ennek ellenére, a körültekintő gazdálkodásnak köszönhetően az Intézet pénzügyi egyensúlyát sikerült megőrizni, kiadásaink a bevétel szintje alatt maradtak, nincsenek köztartozásaink, az évet pozitív gazdasági mérleggel zártuk. Intézetünk rendkívül kedvezőtlen pénzügyi előirányzat struktúrájának megváltoztatására tett kezdeményezéseink nem jártak sikerrel, azt a kétéves költségvetés befagyasztotta. Személyi előirányzatunk problémáit tovább növelte a kutatók központi bérrendezésével kapcsolatos előirányzat átcsoportosítása is. A költségvetési feladatok teljesítésének feltételrendszerét is részben a külső szerződéses bevételekből teremtettük meg. Legjelentősebb szerződéses partnereink az elmúlt évben is a Környezetvédelmi Minisztérium, a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht., és a Mol Rt. volt.

Intézetünk tevékenységét az SGS Yarsley International Certification Services 2001. augusztus 7-én az ISO

9001:1994 nemzetközi minőségbiztosítási szabvány szerint auditálta.

Hazai és külföldi intézményi kapcsolataink fejlődésében mérőföldkőnek számít, hogy Intézetünket 2001-ben az Európai Unió országainak földtani szolgálatait tömörítő EuroGeoSurveys felvette társult tagjai sorába.

Kutatási feladatok

Kutatási tevékenységünket a több éves programok kezdő évének megfelelően az alapozó adatgyűjtés és a módszertani fejlesztés túlsúlya jellemezte. Célkitűzéseink közül kiemelkedő jelentőségű az *alapkutatási és a térképezési programok* közös feladata Magyarország új szerkezetföldtani és országos földtani térképei megszerkesztése. Elkészültek a megvalósíthatósági tanulmányok, folyamatban van a határ menti adatszerék feltételeit biztosító megállapodások megkötése.

Alapkutatás

Az alapkutatás programjának legfontosabb pontja *Magyarország földtani térmodelljének* megalkotásához való hozzájárulás. Ezt a célt szolgálja a Körös-medence és a Duna–Tisza köze késő-neogén üledékeinek komplex vizsgálata. Ehhez fontos információforrás a több mint egy évtized után az első új, az Intézet saját bevételi forrásaiból finanszírozott, tudományos céllal mélyített kutatófúrás. A tektonikai, neotektonikai kutatások súlypontja a Dunántúlon volt, melyek közül a Mórággyi-rög tektonikájának pontosítása emelhető ki.

Medenceanalízis

A medenceanalízis keretében Magyarország medencekitöltő üledékeinek komplex vizsgálatát és földtani térmodellekben való megjelenítését végezzük a szedimentológia, szekvencia- és ciklussztratigráfia, ökoszféra vizsgálatok, valamint szeizmikus és karotázis szelvények értelmezésére alapozva.

A Körös-medence korábbi években mélyült négy alapfúrása (Dévaványa, Vésztő, Komádi, Szarvas) közül a komádi és a szarvasi fúrások ciklussztratigráfiai vizsgálatát végeztük el 2001-ben. A szarvasi fúrás esetében mágneses szuszceptibilitás mérésekre is sor került. Az eredmények jó egyezést mutattak az ODP 677-es mélytengeri fúrás oxigénizotóp-görbéjével.

Az alapfúrások és a mintegy 130 karotázis szelvény segítségével a nagyvastagságú negyedidőszaki alluviális rétegösszlet tagolási és réteg-korrelációs lehetőségeit vizsgáltuk. A negyedidőszaki karotázis szelvényeken jól elkülöníthetők az ártéri üledékek, a gátszakadás üledékek, a homokos mederkitöltések és az övzátony-sorozatok.

A korábbi kutatási eredményekre alapozva folytattuk a Körös-medence alapfúrásainak mikromineralógiai áttértelmezését a DK-Alföld medencéjébe érkező negyed-

időszaki folyóvízi üledékek eredete és a szállítási irányok meghatározása céljából.

Megkezdtük a Körös-medence vízgyűjtő területének légifelvételek alapján történő kiértékelését, elsősorban a vízhálózat fejlődésének rekonstruálása érdekében.

Megkezdtük az alföldi késő-neogén képződmények szekvencia-sztratigráfiai újraértelmezését a Duna–Tisza közén két egymástól független szelvényvonal mentén.

Tektonika és ösföldrajz

E témakörökben tektonikai modelleket készítünk, különös tekintettel a neotektonikai események vizsgálatára, a tektonikai reaktiválódás feltételeire, paleotektonikai elemek kutatására, valamint egyes medencék fejlődéstörténetére.

A Mórággyi-rög tektonikája témakörben újraértékeljük az Üh–2, Üh–3, Üh–4, Üh–5 fúrásokat, valamint a kimutatható nagyobb törésvonalakat és azokat egyeztetjük a geofizikai módszerekkel nyert adatokkal.

Megkezdtük a dél-dunántúli vízhálózat elemzését és neotektonikai aspektusainak feltárását. A Zalai-dombságban morfológiai, vízrajzi és szerkezetföldtani megfigyeléseket tettünk. Az esetleges szerkezeti kontrollt szeizmikus szelvények értékelésével elemeztük.

Magyarország új, 1:500 000 méretarányú szerkezetföldtani térképéről megvalósíthatósági tanulmány készült.

Az *ökoszféra vizsgálatok* célja egyes földtani korokra, illetve képződményekre jellemző ősmaradványcsoportok vizsgálata, biosztratigráfiai elemzése, integrált ökoszféra- és paleoklíma modellek megalkotása. Ennek keretében a következő feladatokat végeztük el:

— A pleisztocén rétegek vegetációtörténeti alapadat képzése céljából elkezdtek a Görgeteg–1 fúrás palynológiai feldolgozását.

— A Bicskei-medencében elkészült a földtani és fúrásai alaptérkép digitális adatbázisa.

— Elkészült néhány fontos eocén fúrás szelvény lito-, magneto- és biosztratigráfiai eredményeinek korrelálása, elsősorban a Bakony és a Vértes területéről.

— Folytatódott a szarmata mikrofacies atlasz szerkesztése.

— Szferulakutatás keretében a Kemesnye-hegyi új P/T szelvény (Bükk hegység) részletes geológiai felvétele történt meg.

Földtani térképezés

A *térképezési program* keretében jelentős eredményeket értünk el egyes hegységeink tájegységi térképének szerkesztése terén. Elkészült a Bükk hegység 1:50 000-es földtani térképének digitális, nyomdakész változata és az ahhoz tartozó magyarórázó kézirata.

Megkezdődött a Mezőföld térképezésének előkészítése. Folytattuk a térképezési tevékenységhez kapcsolódó, egész kutatási tevékenységünket meghatározó térképi és fúrásai adatbázis építését, melyhez jelentősen

hozzájárult a Mol Rt.-vel folytatott közös fejlesztési program megvalósítása.

Hegyvidéki térképezés

A hegyvidéki területek térképezési tevékenysége az elkövetkezendő három év során a Dunántúli-középhegység ÉK-i részére és a Bükk környékére összpontosul.

A Vértes hegyvidéki területén lezárult 3 db 1:10 000-es térképlap felvétele. A DK-i előtérben felvételekre került a Vértesacska térképlap. Szerkezetföldtani reambuláció és kiértékelés a Várgesztes lap területén zajlott. Lezárult a Vértes területét lefedő 25 000-es térképszelvények közül a Pusztavám és a Csákvár jelű térképlap szerkesztése.

Sík- és dombvidéki térképezés

A sík- és dombvidékek térképezési tevékenységét az elkövetkezendő három év során a Dunántúl területére koncentrálnak.

A Mezőföld földtani térképezése keretében össze gyűjtöttük a korábbi térképezési alapadatokat.

Megszerkesztettük a Villányi-hegység 1:50 000-es tájegységi földtani térképét, s 90%-ban elkészült a Mecsek hegység 1:50 000-es térképe is, folyamatban van a magyarizáció összeállítása.

Térképi adatbázis

A földtani térképezéshez két adatrendszer kialakítása és kezelése kapcsolódik: a térképi és a fúrás adatbázis. Mindkét adatbázis építése folyamatban van. Folyamatosan végezzük az adatbázisok kezelését és karbantartását.

Folytatódott az 1:100 000-es méretarányú (fedett) földtani térképsorozat hegyvidéki megszerkesztett térképlapjainak digitális feldolgozása és egységesítése. Elkészültek az észak-magyarországi és a dunántúli hegyvidéki lapok negyedidőszaki képződményekkel kiegészített változatai. A dél-dunántúli lapok közül 6 lap szerkesztése és kartografálása kezdődött el.

A fúrás adatbázis építése a térképezési programokkal párhuzamosan, azok területén történt. Ezt a MÁFI-MOL Rt. közös térinformatikai adatbázis építés három újabb területtel történt bővítése segítette elő.

Az év során megkezdtük az új országos földtani térképek szerkesztésének előkészületeit.

Ásványi nyersanyag-kutatás

Az ásványi nyersanyag-kutatási program célkitűzéseit a régiókutatás feladataihoz kapcsolódóan valósítjuk meg, erre ad reális lehetőséget Intézetünk létszáma és költségvetése. Az elmúlt év tevékenységének súlypontja az Észak-magyarországi régió volt, ahol megkezdődött a régió nyersanyag potenciáljának felmérése, főleg a nem-fémes ásványi nyersanyagok viszonylatában, és a nyersanyagkataszter feltöltése.

Alkalmazott földtani kutatás

Az alkalmazott földtani kutatási program keretében kiemelendő, hogy a lezárult kisalföldi térképezéshez kapcsolódóan, környezetföldtani, agrogeológiai térképváltozatok készültek a Mosonmagyaróvár jelű lapon. A hagyományos alföldi környezetföldtani-agrogeológiai mintaterületi kutatásokat kiterjesztettük Észak-Magyarország területére. Kidolgozott középtávú tervnek megfelelően folyik az ország környezetföldtani információs rendszerének fejlesztése, a megyei környezetföldtani térképsorozatok készítése Észak-Magyarország és Nyugat-Dunántúl területén.

A környezet állapotának kutatása

Környezetföldtani és természetvédelmi kutatás

Környezetföldtani, módszertani kutatásunk keretében kidolgoztuk a síkvidéki laza üledékes területek környezetföldtani térképei megszerkesztésének módszerét és jelkulcsát. Megszerkesztettük a Jászberény és a Cegléd 1:100 000-es lapok környezetföldtani változatait.

A hazai tözeg előfordulások környezetföldtani-környezetgeokémiai-agrogeológiai minősítéséhez a pótrétei mintaterületen (Zala megye) elvégeztük a terepi munkák első szakaszát.

Lezártuk a dunántúli-középhegységi területek geokémiai felvételének feldolgozását. Elkészült a Maros-ártér mintáinak elemzése és a laboratóriumi eredmények kiértékelése. Megkezdtük a gyöngyöSOROSZI környezetszennyezés eredményeinek összesítését.

A földtani természetvédelmi kutatások keretében elvégeztük az ÉK-i országrész földtani alapszelvényeinek részletes számbavételét.

A magyarországi régiók kutatása

Elkészült a regionális környezetállapot- és környezetföldtani térképsorozat tematikája.

Összegyűjtöttük az Észak-magyarországi régió nyersanyagterképének háttérül szolgáló nyersanyagkataszter feltöltéséhez szükséges adatokat.

A nyersanyagpotenciál-vizsgálatok megalapozására az adatok felmérését Nógrád, Heves és Borsod-Abaúj-Zemplén megyékben kezdtük meg. Elkészült az Északi-középhegység fedetlen karsztrendszerének értékelése: a barlangok jegyzéke és topográfiai térképe.

Magyarország környezetföldtani információs rendszere keretében 2001-ben 11 db 1:500 000-es és 1 db 1:100 000-es térkép digitális feldolgozása és rendszerbe illesztése készült el.

Környezeti veszélyforrások földtani kutatása, földtani veszélyforrások kutatása

Agrogeológiai kutatások

A már befejeződött kisalföldi térképezés eredményeire épülően megszerkesztettük a Mosonma-

gyaróvár lap 1:100 000-es agrogeológiai és környezetföldtani térképeit 6 változatban. Kéziratosan elkészült a zádorfalvai és a szendrői 1:100 000-es lapok környezetföldtani változata.

A bugaci mintaterületen jellegzetes kőzetkifejlődések alapján elkezdtek a terület agrogeológiai–környezetföldtani értékelését. Folytattuk a szikszói mintaterület fúrásainak ismételt lemélyítését. Folyamatosan végeztük a hortobágyi és az apajpusztai mintaterületen lemélyített figyelőkutak észlelését. Kijelöltük a leendő szendrői mintaterületet.

Településgeológiai kutatások

Befejezés előtt áll a nagy gyakorlati jelentőséggel bíró, a területfelhasználást befolyásoló tényezők térképe és a szennyeződéserősségi térkép a Budapesti agglomeráció területére. Új rendszerű településgeológiai kutatásokat kezdünk a nagyszámú fúrás információ miatt mintaterületként választott Debrecen városban, valamint Budapest XVIII., és VII. kerületében.

Vízföldtan

Vízföldtani kutatásaink az ország felszín alatti vízkészleteinek számbavételét és a változások nyomon követését célozzák. A Nyugat-Dunántúl fokozottan igénybe vett hévíz készletei optimális hasznosításának megtervezéséhez adhat segítséget a készülő hidrogeológiai modell. Szeizmikus alapon lehatárolt réteg összletek képezik az Alföld vízföldtani térmodelljének alapjait, melynek segítségével, ha elkészül, pontosabb választ kaphatunk az arzénos és arzénrel nem szennyezett vizek áramlási viszonyairól.

Integrált hidrogeológiai és hidrogeokémiai értékelések

A Délkelet-Alföldön integrált értelmezéssel, áttekintő áramlási és transzport-modellezéssel, valamint víz–kőzet kölcsönhatás értékeléssel végezzük az arzénos vizek lehetséges földtani eredetének vizsgálatát.

Elkészítettük az egyes szeizmikusan hitelesített litológiai egységek térbeli helyzetét megadó szintvonalas digitális térképeket és ebből felépítettük az Alföld áttekintő (víz)földtani térmodelljének első verzióját.

Fejlesztjük hidrogeokémiai adatbázisunk, 2001-ben elkészült első verzióját.

Budapest hévizeinek vízgeokémiai értékelése keretében a földtani térmodell adatbázisához elkészült a karsztot elérő fúrások adatbázisa.

A dunántúli-középhegységi zóna hidrogeológiai információs rendszere

A hegység területén végzett karsztvízföldtani kutatásokhoz kapcsolódva, a nagyszerkezeti zóna délnyugati, mélybesüllyedt részén kiépítjük a térség hidrogeológiai modelljéhez szükséges földtani térképek és vízföldtani információk adatbázisát.

A Vértesben és a Gerecsében terepi észleléseket folytattunk tavasszal és ősszel (82 forrás, illetve 116 forrás és felszíni vízfolyás).

Megszerkesztettük a zónának a Móri-árokotól ÉK-re eső részén a karsztos képződmények felszíni és a maximálisan 100 m vastagságú fedővel borított elterjedését bemutató térképeket 1:100 000-es méretarányban. Folytattuk a bauxitbányászattól átvett vízszintmegfigyelő kutak mérését és értékelését.

A Héreg–Tarjáni-medencére és környezetére — mint mintaterületre — elkészült a digitális 3D modell, a geológiai, a geofizikai és a domborzati adatokból.

„A Balaton földtani kutatásának (1981–1999) eredményei” c. monográfia 12 fejezetéből négy, valamint a monográfia mellékletét képező Balatoni Adatbázis (fúrások, térképek, anyagvizsgálatok, irodalom stb.) készült el. Elkészült a magyarországi nagy tavak földtani és hidrológiai-hidrogeológiai szakirodalmának katalógusa.

Az ELGI-vel közös limnogeológiai kutatások folytak a Fertő-tó partján, a Keszthelyi-öbölben és a Gyöngyös-roszi víztározón.

A vízkészletváltozás dinamikus nyomon követése (Országos Vízmegfigyelő Hálózat)

A kúthálózatot elsősorban a regionális vízföldtani térképezések, alapszelvény-fúrások során kiépített kutak alkotják. Ez évben összesen mintegy 200 észlelőkút rendszeres mérésére került sor. Három megfigyelőkút a közös magyar-szlovák szigetközi monitoring rendszer tagja. A Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatósággal együttműködünk a zsirai észlelőkúttal azonos vízadó képződményt megcsapoló, Lutzmansburg (Ausztria) területén mélyült termálkút magyarországi hatásainak vizsgálatában.

Folytattuk a mintaterületek vizsgálatát (Duna–Tisza köze térsége, zsirai észlelőkút és tágabb térsége, Nagylózs térsége, Geresdi-dombság, Üveghuta térsége). A Duna–Tisza köze térségében kijelölt mintaterületen újból megkezdtek a kecskeméti észlelő kutak tíz éve abbamaradt mérését.

A Geresdi-dombságon, Üveghuta térségében kialakított észlelőrendszer radioaktív hulladékok elhelyezését szolgáló kutatások adatait egészíti ki.

Közszolgálati feladatok

Laboratóriumi szolgáltatás

Az év során közel 9000 vizsgálati eredményt szolgáltatott laboratóriumunk. Kapacitása nem volt elégséges az igényelt mennyiségű vékonycsiszolatok készítéséhez, a kőzetkémiai, a fázisanalízis és a szedimentológiai vizsgálatok végzéséhez. Tudományos tevékenységként tanulmányok készültek az agyagásványok földtani folyamat jelző és környezeti érzékenységi tulajdonságairól, a

magyarországi kőszenek és más szerves anyag tartalmú kőzetek termikus érettségi és szerves-kőzettani vizsgálatáról.

A Nemzeti Akkreditáló Testület 501/0877 számon a laboratórium egyes részlegeit és az alkalmazott analitikai eljárásait akkreditálta.

Országos Földtani Múzeum

Az Intézet kiállításait 2001-ben 3409 látogató kereste fel, ennek közel fele diák volt. A Föld Napja és az Európai Örökségi Napok nyitott rendezvényei alkalmával 1037 ingyenes látogató járt az Intézetben. Megjelent a „Rendhagyó geológiai kirándulás az Országos Földtani Múzeum kiállításain” és a Tájak-Korok-Múzeumok Kiskönyvtára sorozatban a Magyar Állami Földtani Intézetet bemutató kötet.

A gyűjtemény 2001-ben 4840 leltári tétellel gyarapodott, a teljes leltározott állomány 149 222 tétel, valamint 11 800 mélyfúrás magmintái. Elkészült a fúrási magminta-gyűjtemény adatbázisának felülvizsgálata a teljes állomány négy keresési lehetőséget tartalmazó gyorslistája az Intraneten hozzáférhető.

Országos Földtani Szakkönyvtár

A könyvtári látogatások száma 2001-ben 6300 felett volt, a kölcsönzött dokumentumok száma meghaladta a 15 000-et, a helyben használt dokumentumok száma ennek majdnem kétszerese volt.

Az állomány jelenleg közel 352 000 leltári egységből áll. Az évi gyarapodás 6300 leltári egység, melyek közül 4900 az időszaki kiadvány, 300 fölötti a könyv, 456 a különnyomat, fordítás stb., és közel 500 a térkép. A CD-ROM állomány ebben az évben megközelítette a 200 leltári egységet. Ebben az évben a 32-féle külföldi folyóirat előfizetése mellett még 27 db alapvető fontosságú szakkönyv beszerzésére adódott lehetőség.

2001-ben 300-nál több bibliográfiai egység adatait küldtük meg az American Geological Institute számára a GeoRef adatbázisba történő beépítés céljából.

Informatika

Az *Informatikai Főosztály* közvetlenül támogatja a kutatási tevékenységet. Biztosítja a végtermék előállítását, az információk térinformatikai feldolgozását és a kartografált térképi anyag elkészítését. Utóbbiak közül a 100 000-es földtani térképsorozat előállításában tapasztalt haladás emelendő ki.

Alaptevékenység keretében végzett jelentősebb munkák: az 1:250 000-es földtani térkép topográfiai alapja, a Bükk hegység földtani térképének GIS adatbázisa és nyomdai előkészítése, az 1:100 000-es földtani adatbázis fúrási alrendszerének feltöltése és fejlesztése, Magyarország 1:100 000-es földtani térképsorozatának adatbázis építése.

Térképekhez kapcsolódó értelmezési és megjelenítési módszerek fejlesztése keretében bevezettük a raszteres

hátterén történő digitalizálást, kidolgoztuk az űrfelvételek geológiai előfeldolgozásának módszerét arid területekre, kialakítottuk az 1:100 000 méretarányú térképek egységes színkulcsát, a 3D megjelenítési technikára teljes technológiai sort állítottunk fel.

Szerkesztői-kiadói tevékenységünk színvonalas új kiadványok megjelenését biztosította, melyek közül az Évi Jelentés két kötetének kiadása minimálisra csökkentette az elmaradást.

Intézményfenntartás

Az intézet gazdasági, szakmai irányítását az igazgató és helyettese végzi. Eredményes végrehajtását a Projektirodából átalakult Koordinációs Iroda, a humánpolitikus, a jogi képviselő, a PR és külkapcsolati munkatárs közvetlenül segíti. Az év végén nyilvános pályázat keretében megerősítettük dr. Halmai János igazgatóhelyettes, dr. Kordos László és dr. Turczy Gábor főosztályvezetői megbízatását.

A költségvetés 2001-ben kötelező létszámcsökkentést írt elő Intézetünknek, ami ellentmondásos helyzetet teremtett a növekvő külső bevételi igények tükrében. A problémát felvételi korlátozással és nyugdíjazásokkal oldottuk meg. Növekedett minősített kutatóink száma, közel 20 fő doktori eljárása van folyamatban.

Irányítás, oktatás, külkapcsolatok

Az intézet gazdasági, szakmai irányításának legfontosabb feladata a Kutatási Terv és a Működési Jelentés összeállítása, a kutatási feladatok végrehajtásának segítése, a költségvetési tervezés és a költségvetési beszámoló elkészítése.

Hangsúlyt fektettünk a kutatók minősítésének támogatására. Az intézet tudományos munkatársai közül 3 fő akadémiai doktor, 2 fő habilitált egyetemi tanár, 4 fő kandidátusi PhD dr., 23 fő PhD dr., és 16 fő egyetemi doktori tudományos fokozattal rendelkezik. Felsőfokú iskolai végzettségű 101 fő, középfokú iskolai végzettségű 56 fő, alacsony végzettségű 3 fő. Másoddiplomával 23 fő, idegennyelv-ismerettel 55 fő rendelkezik.

Az év folyamán igazgatói dicséretben 5 fő, igazgatói jutalomban 6 fő részesült.

2001. évben a Földtani Intézetért Emlékéremben Horváth Róbert részesült.

Az adományozás indoklása a következő:

„*HORVÁTH RÓBERT* ebben az évben ment nyugdíjba, az Intézetnél töltött ideje alatt a Laboratóriumi Főosztály kritikus időszakot élt át, amikor több alkalommal megkérdőjeleződött az egység létjogosultsága is. Főosztályvezetőként igen higgadtan kezelte a felmerülő gondokat, tevékenységi ideje alatt a Laboratórium akkreditálttá vált, műszerparkja fejlődött, s általános elismertséget szerzett feszített tempójú igen magas színvonalú munkája. Horváth Róbert távozásakor a Főosztály szilárd helyzetű,

nélkülözhetetlen egysége az Intézetnek, amihez erőteljesen hozzájárult, hogy a vezető kevésbé látványos, de nélkülözhetetlen adminisztrációs »háttér munkája« mindig példamutatóan pontos és megbízható volt.»

Oktatási tevékenységünk keretében az Intézet 2001-ben is biztosította az ELTE Regionális Földtani Tanszék működésének feltételeit. Az Intézet kutatói 2001-ben is folytatták tevékenységüket az alábbi oktatási intézményekben: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Miskolci Egyetem, Debreceni Egyetem, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szegedi Egyetem, Szent István Egyetem (Állatorvostudományi Kar), Veszprémi Egyetem.

Kutatóink színvonalas tudományos tevékenységük biztosítása és a nemzetközi konferenciákon való részvétel érdekében törekedtek külső finanszírozási források bevonására: OTKA, Oktatási Minisztérium Kutatás-Fejlesztési Helyettes Államtitkársága által elbíralt (TÉT, Mecenatúra, műszerpályázat stb.), EU, Bandat Horst pályázatok. Kutatóink 33 nemzetközi rendezvényen vettek részt. Intézetünk a Kárpát-medence egységes szemléletű földtani képének kialakítása érdekében, közös kutatási tevékenység folytatására Ausztriával, Szlovákiával, és Ukrajnával írt alá egyezményt.

Munkatársaink folytatták tudományos és tudomány-szervező munkájukat a FOREGS, a CEI, ESF, IGCP, IUGS nemzetközi szervezeteiben.

Alaptevékenység keretében végzett szolgáltatások

A költségvetés által biztosított támogatáson kívül a kormányzat 727,8 MFt (éves költségvetés 70%-a) saját bevételt irányzott elő intézetünknek. Ebből 156,2 MFt külső bevételt és 133,2 MFt pályázati forrást tudunk teljesíteni. Fontosabb szerződéses munkáink: a szénhidrogén-kutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése (MOL Rt., az üveghutai környezeti monitoring rendszer üzemeltetése (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.), líbiai kutatóknak tanfolyamok tartása (Er-Petro Kft.), magszkenneres fűrészi mintaanyag vizsgálat a Cseh Geológiai Szolgálatnak, talajvíz mintavételi kutak telepítése (több megbízó), a gödöllői arborétum hidrogeológiai értékelése (ERTI), a beremendi kőfejtő kutatása (Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság), Országos Talajvédelmi Stratégia kidolgozásában közreműködés (MTA Talajtani- és Agrokémiai Kutató Intézet), részletes környezeti hatástanulmány (Borsod-Chem Rt.), szakvélemény az Esztergomi Rendőr-kapitányságnak (Duna-Ípoly Nemzeti Park), KÁRINFO ellenőrzés (KöM Környezetfejlesztési Intézet), őslénytani meghatározások (MOL Rt.), a Környezetvédelmi Alap Célelőirányzat részére benyújtott pályázatok értékelése (KöM Környezetfejlesztési Intézet).

Tudományos pályázatok, átvett pénzeszközök

A tudományos pályázatok és a minisztériumi megbízások meghatározó elemei az intézet tevékenységének. Fontosabb pályázataink a 28 OTKA pályázat mellett az alábbiak voltak: NASCENT (EU-5. keretprogram), Tisza projekt (EU-5. keretprogram), az alapszélvénny fogalmának felülvizsgálata (Környezetvédelmi Alap Célelőirányzat), vízszint regisztráló műszerek beszerzése (Környezetvédelmi Alap Célelőirányzat), kozmikus porok vizsgálata (Magyar Űrkutatási Iroda). Egy környezeti szempontokat is érvényesítő földminősítő rendszer és a mezőgazdasági adatszolgáltatás Internet-alapú integrált fejlesztés (OM-Széchenyi NKFP – közreműködő). A hulladék optimális elhelyezésének lehetőségei (OM-Széchenyi-NKFP – konzorcium vezető), BENTONIT (OM-Széchenyi NKFP – közreműködő), több OM Tét és Mecenatúra pályázat.

A Környezetvédelmi Minisztérium az alábbi témák kidolgozásával bízta meg 2001-ben az Intézetet: földtani monitoring hálózat működtetése a Szigetközben; útmutató alapozó anyagának összeállítása az (Ab) bizonyított háttérkoncentráció megállapítására; légifotó, űrfotó módszertani útmutató kidolgozása a felszín alatti vizeket és a földtani közeget károsító területhasználatok számbavételéhez.

A MÁFI kiadói tevékenysége

A MÁFI saját kiadású kiadványai

- A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1994–1995/I–II. — Budapest, 2000. 288 p.
- A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1996/I. — Budapest, 2001. 112 p.
- HÁMOR GÉZA 2001: A Kárpát-medence miocén ösföldrajza: Magyarázó a Kárpát-medence miocén ösföldrajzi és fácies-térképéhez, 1:3 000 000. — Budapest, 2001. 67 p., 4 térkép melléklet. (A MÁFI térképmagyarázói.)
- HÁMOR GÉZA 2001: Miocene Palaeogeography of the Carpathian Basin: Explanatory notes to the Miocene palaeogeographic maps of the Carpathian Basin, 1:3 000 000. — Budapest, 2001. 71 p., 4 maps. (Explanatory notes of the Geological Institute of Hungary.)
- PAPP PÉTER 2000: Rendhagyó „geológiai kirándulás” az Országos Földtani Múzeum kiállításain. — Budapest, 2000. 29 p. (A MÁFI 200. Alkalmi kiadványa)
- NÉMETH KÁROLY, MARTIN ULRIKE 2001: Gyakorlati vulkanológia: Kirándulásvezető Bakony–Balaton-felvidék–Kisalföld. (Practical Volcanology: Field Trip Guide on the Bakony – Balaton Highland and Little Hungarian Plain.) — Kézirat, Előadás jegyzet. Budapest, 2001. 142 p. + CD ROM. (A MÁFI 201. Alkalmi kiadványa.)
- Danube Region DANREG Environmental Geology Programme (DANREG). All maps on CD ROM. — Budapest, 2001.
- Az Intézet épületét bemutató 7 különböző képeslap.

*A MÁFI által szerkesztett és Magyarországon
nyomtatott kiadványok*

CSÁSZÁR, GÉZA (ed.): Danube Region Environmental Geology Programme DANREG Explanatory Notes. — Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 142/4. (2000) Wien, pp. 411–607.

A MÁFI által támogatott kiadványok

KORDOS LÁSZLÓ 2001: Budapest. Magyar Állami Földtani Intézet. — Tájak, korok, múzeumok kiskönyvtára 694. kötet, 16 p.

MONSPART ÉVA (szerk.): A Balaton könyve. — Balatonfüred, Nők a Balatonért Egyesület, 190 p.

HÁLA JÓZSEF, LANDGRAF ILDIKÓ 2001: Magyarországi bányászmondák. — Érc- és Ásványbányászati Múzeum, Rudabánya, 123 p.

Zárszó

Az intézet 2001. évi tevékenységének alappilléreit a középtávú program szerinti kutatások, a közszolgálati feladatok és az alaptevékenység keretében végzett szolgáltatások alkotják. Feladatainkat a létszám, a költségvetés és a kutatási infrastruktúra adta lehetőségek és korlátok keretei között teljesítettük.

Az intézet alkalmazottai 2001-ben*Az intézet vezető beosztású munkatársai*

Breznayánszky Károly	igazgató	Horváth Róbert	főosztályvezető
Halmi János dr.	igazgatóhelyettes	Kordos László dr.	főosztályvezető
Balla Zoltán dr.	főosztályvezető	Kuti László dr.	főosztályvezető
Chikán Géza dr.	főosztályvezető	Tóth György	főosztályvezető
Horváth István	főosztályvezető	Turczai Gábor dr.	főosztályvezető

Az intézet munkatársai

Albert Gáspár	tudományos segédmunkatárs	Farkas Jusztna	intézeti laboráns
Alács Valéria	tudományos segédmunkatárs	Farkasné Bulla Judit	tudományos munkatárs
Angyal Jolán	tudományos munkatárs	Fodor László dr.	tudományos főmunkatárs
Ádámné Incze Szilvia	tudományos segédmunkatárs	Földvári Mária dr.	tudományos főmunkatárs
Árvay Gábor	intézeti ügyintéző	Fügedi Péter Ubul	tudományos munkatárs
Balázs Regina	ügyviteli alkalmazott	Gál Nóra Edit	tudományos munkatárs
Ballók Istvánné	tudományos munkatárs	Galambos Csilla	tudományos segédmunkatárs
Balóné Lehmayer Judit	intézeti technikus	Gellér Péterné	intézeti technikus
Baráth Istvánné dr.	intézeti technikus	Golyháné Gáspár Anita	intézeti technikus
Bartha András dr.	tudományos munkatárs	Gulácsi Zoltán	tudományos munkatárs
Bátori Miklósné	intézeti laboráns	Gyalog László	tudományos főmunkatárs
Bedő Gabriella dr.	tudományos munkatárs	Gyuricza György dr.	tudományos munkatárs
Beke Zsuzsanna	intézeti laboráns	Hála József dr.	tudományos főmunkatárs
Benkő Levente	intézeti technikus	Hála Józsefné dr.	ügyviteli alkalmazott
Bertalan Éva dr.	tudományos főmunkatárs	Hámorné Vidó Mária dr.	tudományos főmunkatárs
Bilszky Lászlóné	kutatási ügyintéző	Hatvani Istvánné	ügyviteli szakértő
Bodnár Erika	tudományos munkatárs	Havas Gergely	tudományos segédmunkatárs
Branner Lászlóné	ügyviteli alkalmazott	Hegyiné Rusznyák Éva	intézeti ügyintéző
Brukner Sándorné dr.	tudományos főmunkatárs	Hermann Viktor	ügyviteli alkalmazott
Budai Tamás dr.	tudományos főmunkatárs	Horváth Zsolt	intézeti ügyintéző
Budinszky Szentpéteri Ildikó dr.	tudományos főmunkatárs	Hózer Ferencné	intézeti technikus
Császár Géza dr.	tudományos tanácsadó	Illés Dezső	intézeti technikus
Csereklei Erika	intézeti technikus	Jakus Péter	tudományos főmunkatárs
Cserny Tibor dr.	tudományos főmunkatárs	Jerabek Csaba	intézeti technikus
Csillag Gábor dr.	tudományos főmunkatárs	Jocha Károlyné	tudományos főmunkatárs
Csirik György	tudományos munkatárs	Jordán Győző	tudományos munkatárs
Csongrádi Jenőné dr.	tudományos főmunkatárs	Jordáné Szűcs Andrea	tudományos munkatárs
Detmény Krisztina	ügyviteli alkalmazott	Juhász Györgyi dr.	tudományos munkatárs
Detre Csaba dr.	tudományos főmunkatárs	Jusztin Sándor	segédmunkás
Don György	tudományos munkatárs	Kákay-Szabó Orsolya dr.	tudományos munkatárs
Dudás A. Imre	tudományos munkatárs	Kardeván Péter dr.	tudományos főmunkatárs

Katona Gabriella	intézeti ügyintéző	Raincsák György	tudományos főmunkatárs
Kazár Emese	tudományos munkatárs	Raincsák Györgyné	tudományos főmunkatárs
Kerék Barbara	tudományos segédmunkatárs	Rálich Lászlóné dr.	tudományos munkatárs
Kercsmár Zsolt	tudományos segédmunkatárs	Rezessy Attila	tudományos segédmunkatárs
Király Edit	tudományos munkatárs	Rotárné Szalkai Ágnes	tudományos munkatárs
Kiss Judit	ügyviteli alkalmazott	Róth László	tudományos munkatárs
Kiss Károlyné	ügyviteli alkalmazott	Sallay Enikő	ügyintéző
Kiss Róbert	ügyviteli alkalmazott	Sásdi László	intézeti technikus
Kókai András	tudományos főmunkatárs	Scharek Péter dr.	tudományos főmunkatárs
Kollányi Katalin dr.	tudományos főmunkatárs	Selmeczi Ildikó dr.	tudományos munkatárs
Koloszár László dr.	tudományos főmunkatárs	Siegl Károlyné dr.	tudományos munkatárs
Koroknai Balázs	tudományos munkatárs	Síkhegyi Ferenc	tudományos főmunkatárs
Korpás László dr.	tudományos főmunkatárs	Simonyi Dezső	intézeti ügyintéző
Kovács Pálffy Péter dr.	tudományos főmunkatárs	Solt Péter	intézeti technikus
Kuchen Zoltán	intézeti technikus	Sonfalviné Szeibert Ildikó dr.	intézeti technikus
Kutasi Géza	szakmunkás	Szabó Árpádné	intézeti laboráns
Laczkóné Őri Gabriella	ügyviteli alkalmazott	Szabó Lászlóné	intézeti ügyintéző
Lajtos Sándor	intézeti technikus	Szalka Edit	intézeti technikus
Lelkes György dr.	tudományos főmunkatárs	Szegő Éva	tudományos munkatárs
Less György dr.	tudományos főmunkatárs	Szeiler Rita	tudományos munkatárs
Madarász Istvánné	ügyviteli alkalmazott	Szilágyi Ferenc	intézeti technikus
Magyari Árpád dr.	tudományos munkatárs	Szlepák Timea	intézeti ügyintéző
Maros Gyula	tudományos munkatárs	Szőcs Teodóra	tudományos munkatárs
Marsi István dr.	tudományos főmunkatárs	Szurkos Gábor	tudományos munkatárs
Marsó Károly	tudományos segédmunkatárs	Tamás Gábor	intézeti technikus
Matyikó Mónika	intézeti technikus	Thamóné Bozsó Edit	tudományos munkatárs
Muráti Judit	tudományos segédmunkatárs	Tiefenbacher Ildikó	intézeti ügyintéző
Müller Tamás	tudományos munkatárs	Tihanyiné Szép Eszter	intézeti technikus
Nádor Annamária dr.	tudományos főmunkatárs	Tisza András	polgári szolgálatos
Nagy László	ügyvivő szakértő	Tóth Zsuzsanna	intézeti ügyintéző
Nagy Péter	tudományos munkatárs	Tóthné Makk Ágnes	tudományos munkatárs
Nagy Tiborné	tudományos munkatárs	Tullner Tibor	tudományos főmunkatárs
Németh András	intézeti technikus	Unger Zoltán	tudományos munkatárs
Németh Ákos	polgári szolgálatos	Váczai Blanka	adatrögzítő
Ollrák Attila	intézeti technikus	Vad Altanceceg	intézeti technikus
Pálfi Éva	intézeti technikus	Vargáné Barna Zsuzsanna	tudományos munkatárs
Palotás Klára	tudományos munkatárs	Vassné Hartyányi Zita	ügyviteli alkalmazott
Papp Péter	tudományos munkatárs	Vatai József	tudományos munkatárs
Partényi Zoltánné	tudományos munkatárs	Végh Hajnalka	intézeti technikus
Paulheim Gáspár	intézeti ügyintéző	Viczián István dr.	tudományos tanácsadó
Pelikán Pál	tudományos főmunkatárs	Vikar Zsuzsanna	intézeti technikus
Pentelényi Antal	tudományos munkatárs	Vukánné Tolnai Judit	ügyvivő szakértő
Pentelényi László	tudományos főmunkatárs	Wolfram Richard	intézeti alkalmazott
Peregi Zsolt	tudományos főmunkatárs	Zsámbok István	tudományos főmunkatárs
Piros Olga dr.	tudományos főmunkatárs		

A Magyar Állami Földtani Intézet munkatársainak 2001-ben megjelent publikációi

Könyv, könyvrészlet, önálló mű

- ÁDÁM A., FODOR L., SZAFIÁN P., MURÁTI J. 2001: Szerkezeti vonalak, tektonikai blokkok határainak pontosítása geofizikai és geológiai módszerekkel. — In: ÁDÁM A., MESKÓ A. (szerk.): *A földtudományok és a földtani folyamatok kockázati tényezői*. Akadémiai Kiadó, pp. 45–71. (Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián sorozatban).
- CSÁKY K., DANIS F., HÁLA J., MOHAY T., NEVIZÁNSKY G., PÁLINKÁS T., PUSKÁS P. 2001: *Száz éve alakult a Honvértmegegyei Múzeum Társulat*. — KT Kiadó Kft., Komarno, 79 p.
- CSEBÉNYI T. 2001: A Balaton üledékeinek földtani kutatása a tó kialakulásának és fejlődéstörténetének megismerése céljából. — In: KOLTAY J. (ed.): *Nemzeti kincsünk a Balaton*. K&K-PRO Bt, Budapest, pp. 9–18.
- FÜREDI V., SALLAY E., SÁSDI L., FUTÓ J. 2001: Pseudokarsztok vizsgálata Korzikán. — In: VERESS M. (szerk.): *Karsztfejlődés 6.* — BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, pp. 291–304.
- HAAS J., BÉRCZI I., CSÁSZÁR G. 2001: *A geológia társadalmi jelentősége*. — In: GLATZ F. (szerk.): *Közgyűlési előadások 2000. május, Millenium az Akadémián*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 1591–1602.
- HÁLA J. 2001: Szent Kinga, Szent Miklós és a sóbányászat. — In: BENKE I. (főszerk.): *A magyar bányászat évezredes története III.*, pp. 553–558.
- HÁLA J. 2001: Kőfőzés, kősütés és kövés. — In: BALI J., JÁVOR K. (szerk.): *Merítés. Tanulmányok Szilágyi Miklós tiszteletére*. Budapest, pp. 457–474.
- HÁLA J. 2001: Lambrecht Kálmán és a néprajz. — In: STRAGNER M.: *Emlékezés egy pécsi természet-tudósra, Lambrecht Kálmánra. Bibliográfia*. Pécs, pp. 25–43.
- HÁLA J., IFJ. KODOLÁNYI J. 2001: Úton szibériai atyafiakhoz. Jankó János oroszországi levelei. — In: VARGYAS G. (szerk.): *Documentatio Ethnographica 16.*, Budapest.
- HÁLA J., LANDGRAF I. 2001: Magyarországi bányászmondák. — In: BENKE I. (főszerk.): *A magyar bányászat évezredes története III.* pp. 486–538.
- HÁLA J., LANDGRAF I. 2001: A háromszáz özvegyasszony tánca. Egy bányászmondánk néhány történeti, irodalomtörténeti és folklorisztikai vonatkozása. — In: HÁLA K., SZARVAS ZS., SZILÁGYI M. (szerk.): *Számadó. Tanulmányok Paládi-Kovács Attila tiszteletére*. Budapest, pp. 485–509.
- HÁMOR-VIDÓ M. 2001: Lápok osztályozása szénközet-tani vizsgálatok alapján. — In: SZUDROKI E. (szerk.) *Tőzegmohás élőhelyek Magyarországon: Kutatás, kezelés, védelem*. CEEWEB Munkacsoport, Miskolc, pp. 43–55.
- KORDOS L. 2001: Magyar Állami Földtani Intézet. — *Tájak Korok Múzeumok Kiskönyvtára*, 694, 16. p.
- KORDOS L. 2001: Az Esztramos barlangjainak gerinces maradványai. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Az Esztramos-hegy. Az Aggteleki Nemzeti Park Természeti Értékei*, 5. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, [Jósvafő], pp. 12–14.
- LESS GY. 2001: Földtani viszonyok. Rétegtan, tektonika, ércesedés. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Az Esztramos-hegy. Az Aggteleki Nemzeti Park Természeti Értékei* 5. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, [Jósvafő], pp. 5–8.
- SÁSDI L. 2001: Az Esztramos barlangjai. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Az Esztramos-hegy. Az Aggteleki Nemzeti Park Természeti Értékei* 5. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, [Jósvafő], pp. 9–21.
- SÁSDI L. 2001: Az Esztramos és az ember. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Az Esztramos-hegy. Az Aggteleki Nemzeti Park Természeti Értékei* 5. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, [Jósvafő], pp. 2–3.
- SÁSDI L. 2001: Az Esztramos földrajza. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Az Esztramos-hegy. Az Aggteleki Nemzeti Park Természeti Értékei* 5., Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, [Jósvafő], pp. 1–2.
- SÁSDI L. 2001: Az Esztramos vízföldtani viszonyai. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Az Esztramos-hegy. Az Aggteleki Nemzeti Park Természeti Értékei* 5. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, [Jósvafő], p. 8.
- SÁSDI L. 2001: Az Esztramosi bányászat története. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Az Esztramos-hegy. Az Aggteleki Nemzeti Park Természeti Értékei* 5. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, [Jósvafő], pp. 3–5.
- SÁSDI L. 2001: Gázbuborékok szerepe a barlangok kialakításában. — In: VERESS M. (szerk.): *Karsztfejlődés 6.* — BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, pp. 233–240.
- SÍKHEGYI F., TISZA A., UNGER Z. 2001: Útmutató a felszín alatti vizeket és a földtani közeget károsító területhasználatok és szennyezőforrások távérzékelési módszerekkel történő számbavételéhez. — *Kármentesítési útmutató* 3, 100 p.+72 színes mell. Környezetvédelmi Minisztérium.

Szakcikk

- BUDAI T., CSILLAG G. 2001: A Balaton-felvidék földtani térképezése (1982–1999), avagy kalapáccsal Lóczy Lajos nyomában. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), pp. 285–289.
- BUDAI T., CSILLAG G., DOSZTÁLY L., VÖRÖS A. 2001: Középső- és késő-triász platform- és medencefaciések a Veszprémi-fennsík. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), pp. 37–70.
- BUDAI T., CSILLAG G., LELKES GY., VÖRÖS A. 2001: Középső- és késő-triász platform- és medencefaciések a Keleti-Bakonyban. [Middle to Late Triassic platform and basin facies of the Eastern Bakony Mts. (Transdanubian Range, Hungary).] — *Földtani Közöny* 131 (1–2), pp. 71–95.
- BRAUN, T., OSAWA, E., DETRE, CS., TÓTH, I. 2001: On some analytical aspects of the determination of fullerene im samples from the permian/triassic boundary layers. — *Chemical Physics Letters* 348, pp. 361–362.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2001: Elnöki megnyitó. — *Földtani Közöny* 131 (3–4), pp. 311–312.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2001: A Magyar Állami Földtani Intézet működésének koncepciója. Igazgatói székfoglaló. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1996/I.*, pp. 5–10.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2001: Nemzetközi Geológiai Kongresszus Rioban. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), pp. 301–302.
- CSÁSZÁR G. 2001: Közhasznúsági és főtítkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 2000. évi tevékenységéről. — *Földtani Közöny* 131 (3–4), pp. 313–329.
- CSÁSZÁR G., PEREGI ZS. 2001: Középső-jura korszakbeli megahasadékköltés a Vértes DNy-i peremén. — *Földtani Közöny* 131 (3–4), pp. 581–584.
- CSÁSZÁR, G., FÖZY, I., VÖRÖS, A. 2001: Preliminary results on Jurassic and Lower Cretaceous formations in the Karavanke Mountains and Lienz Dolomites, Austria. — *Acta Geologica Hungarica* 41 (4), pp. 439–462.

- CSEERNY, T. 2001: A Velencei-tó limnológiai és földtani kutatási eredményeinek áttekintése, újabb limnogeológiai adatok alapján. — *Hidrológiai Közlöny* 81 (5–6), pp. 349–352.
- HÁLA J. 2001: Kalotaszeg reformkori leírása és leírója. — *Néprajzi látóhatár* 10 (1–4), pp. 451–470.
- HÁLA J. 2001: Százötven éve született Herrmann Antal, a Magyar Néprajzi Társaság megalapítója. — *Honismeret* 29 (6), pp. 9–11.
- HÁLA J. 2001: Kőbányászat és kőfaragás Dunabogdányban. — *Pilis–Dunakanyar* I (1), p. 17.
- HÁLA J. 2001: Adatok a pomázi szerbek néprajzához. — *Pilis–Dunakanyar* I (2), pp. 16–17.
- HÁLA J. 2001: Csobánka vidékéről. — *Pilis–Dunakanyar* I (3), p. 13.
- HÁLA J. 2001: Egy angol utazó Magyarországon a XVIII. század végén (Robert Townson). — *Pilis–Dunakanyar* I (4), pp. 13–14; (5), p. 15, 17; (6), p. 16.
- HÁLA J. 2001: A ponyva alól, avagy a műfaj születése. — *Pilis–Dunakanyar* I (7), pp. 10–11.
- HÁMOR-VIDÓ, M., TÓTH, A. 2001: Hungarian Award for peat scientists. — *Peatlands International*, 1/2001, p. 17.
- JANÁK, M., COSCA, M., FINGER, F., PLAŠIENKA, D., KOROKNAI, B., LUPTÁK, B., HORVÁTH, P. 2001: Alpine (Cretaceous) metamorphism in the Western Carpathians: P-T-t paths and exhumation of the Veporic core complex. — *Geologische Paläontologische Mitteilungen Innsbruck* 25, pp. 115–118.
- KALMÁR, J., KNAUER, J. 2000: Initial stage and antecedentes of the Lutetian sedimentation in the region of Nyírad (Southern Transdanubian Central Range). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1994–1995/I–II.*, pp. 83–91.
- KARDEVÁN P., RÓTH L., VEKERDY Z. 2001: Terepi spektrométeres mérések a 2000. márciusi, bányászati tevékenység okozta tiszai nehézfém szennyeződések hatásának vizsgálatára. — *Földtani Kutatás* 37 (4), pp. 3–7.
- KAZÁR, E., LANTOS, Z. 2001: Taphonomy and paleoecology of the holotype of *Heterodelphis leiodontus* PAPP, 1905 (Cetacea, Mammalia) from Szentmargita (St Margarethen, Austria). — *Fragmenta Palaeontologica Hungarica* 19, pp. 51–60.
- KÁKAY-SZABÓ O. 2001: Magyarországi szferulák. — *Geoda* 11 (33), pp. 3–9.
- KERÉK B. 2001: Ökogeológiai vizsgálatok a Duna-Tisza közti hátság nyugati peremén. — *Földtani Közlöny* 130 (4), pp. 611–622.
- KISS, A., GELLÉRT, B., FODOR, L. 2001: Structural history of the Porva Basin in the Northern Bakony Mts. (Western Hungary): Implications for the Mesozoic and Tertiary tectonic evolution of the Transdanubian Range and Pannonian Basin. — *Geologica Carpathica*, 52, pp. 183–190.
- KOLLÁNYI, K. 2000: The role of smaller foraminifers paleoenvironmental reconstruction with relation to the Eocene deposits of the NE Bakony Mts. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1994–1995/I–II.*, pp. 93–100.
- KOLOSZÁR L., LANTOS M. 2001: DK-dunántúli negyedidőszaki szelvények magnetosztatográfiai korrelációja. — *Földtani Közlöny* 131 (1–2), pp. 221–231.
- KOLOSZÁR L., LANTOS M., CHIKÁN G. 2001: A Görgeteg G–I és az Udvari U–2A fúrások negyedidőszaki képződményeinek párhuzamosítása. — *Földtani Közlöny* 131 (3–4), pp. 443–460.
- KORDOS L. 2001: A kovácsszénájai Kis-Füstös-lik kitérésének gerinces maradványai. — *Folia Comloensis* 10, pp. 79–81.
- KORDOS L. 2001: Egykor nálunk is éltek. — *Élővilág* 5, pp. 8, 10, 12–15, 18–21, 24–28.
- KORDOS L. 2001: Madarak — repülő tollas dinoszauruszok. — *Vadon* 2001 (3), pp. 18–21.
- KORDOS L. 2001: Ósállatok csontjai a baltavári Szőlő-hegyen. — *Élet és Tudomány* 2001. július 13., pp. 18–21.
- KORDOS, L., BEGUN, D. R. 2001: Primates from Rudabánya: allocation of specimens to individuals, sex and age categories. — *Journal of Human Evolution* 40, pp. 17–39.
- KOROKNAI, B., HORVÁTH, P., BALOGH, K., DUNKL, I. 2001: Alpine metamorphic evolution and cooling history of the Veporic crystalline basement in Northern Hungary: new petrological and geochronological constraints. — *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)* 90, pp. 740–752.
- KOROKNAI, B., HORVÁTH, P., NÉMETH, T. 2001: Chloritoid schist from the Uppony Mts. (NE Hungary): structural and mineralogical-petrological data on a new occurrence. — *Acta Geologica Hungarica* 44, pp. 47–65.
- KUTI L., SZURKOS G., KERÉK B., ZSÁMBOK I., VATAI J., MÜLLER T. 2001: A földtani veszélyforrások prognosztikus és preventív értékelése a geológiai térképek segítségével. — *Földtani Kutatás* 38 (3), pp. 22–26.
- MAROS, GY., PÁSZTOR, SZ. 2001: New and oriented core evaluation method: ImaGeo. — *European Geologist* 12, pp. 40–43.
- MOLNÁR B., KUTI L. 2001: A Kiskunsági Nemzeti Park miklapusztai területének földtani és vízföldtani viszonyai. — *Hidrológiai Közlöny* 81 (1), pp. 14–20.
- NAGYNÉ BODOR, E. 2001: A kovácsszénájai barlang és kőfülle vizsgálatának palinológiai eredményei. — *Folia Comloensis* 10, pp. 39–50.
- NAGYNÉ BODOR E., SÜMEGI P. 2001: Antropogén hatások és vegetációfejlődés a tököli Morotva tó környezetében. — *Hidrológiai Közlöny* 5–6, pp. 429–430.
- NAGYNÉ BODOR E., SZUROMINÉ KORECZ A. 2001: Óslénytani adatok a Velencei-tó múltjáról. — *Hidrológiai Közlöny* 5–6, pp. 431–433.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., MARSÓ K., NAGY P., GELLÉR P.-NÉ, VASSNÉ HARTYÁNYI Z. 2001: A Magyar Állami Földtani Intézet Országos Vízföldtani Megfigyelőhálózata. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1996/I.*, pp. 48–112.
- THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS., NÁDOR A. 2001: Tectonic control on changes in sediment supply on 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 of London. Special Publications* 191, London, pp. 37–53.
- TÓTH T., KUTI L., FÓRIZS I. és KABOS S. 2001: A sófelhalmozódás tényezőinek változása a hortobágyi “Nyírólapos” mintaterület talajainál. — *Agrokémia és Talajtan* 50, pp. 19–34.
- 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, pp. 329–346.
- TURCZI G. 2001: Hulladékéltelhelyezés — döntéselőkészítés térinformatikával. — *Földtani Közlöny* 131 (1–4), pp. 533–540.
- TURCZI G. 2001: A térinformatikai adatbázis és a kartográfált térkép. — *Geodézia és Kartográfia* 53 (1), pp. 32–35.
- SIKHEGYI F. 2001: Szennyező források légi fényképeken. — *Környezetvédelem* 2001/4. p. 23.
- VRABEC, M., FODOR, L. 2001: Polyphase dextral slip and late-stage transpressive deformation along the Eastern Periadriatic line, Northern Slovenia. — *Journal of Conference EUG XI. apr. 8th–12th 2001, Abstracts* 6, (1), p. 329.

Szakmai jelentés

- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., BÁNYAI L., HORVÁTH I., MARSÓ K., MENTES GY., SZÓCS T., TÓTH GY. 2001: Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése. Jelentés az RHK Kht-vel kötött P200V-4-01/00 rendelési számú szerződés teljesítéséről. Üveghuta tágabb térségében kialakított környezeti monitoringrendszer működtetése 2001. január–június. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., GELLÉR P.-NÉ, MARSÓ K., NAGY P., VASSNÉ HARTYÁNYI Z. 2001: Magyarország vízkészlet-változásainak dinamikus nyomonkövetése. Jelentés a 2001. évben elvégzett feladatokról. — *Kézirat*, Működési jelentés. OFG Adattár, Budapest.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., HORVÁTH I., MARSÓ K., TÓTH GY. 2001: Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése. Üveghuta tágabb térségében kialakított vízföldtani megfigyelőrendszer működtetése 2000. október–december — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- Konferencia, poszterek és előadás kivonatok*
- ANTONESCU, E., FOUCHER, J.-C., ODIN, G. S., SCHIOLER, P., SIEGL-FARKAS, A., WILSON, G. J. 2001: Dinoflagellate cysts in the Campanian–Maastrichtian succession of Tercis les Bains (Landes, France), a synthesis. — In: ODIN, G. S. (ed.): *The Campanian–Maastrichtian Stage Boundary. — Developments in Palaeontology and Stratigraphy* 19, Elsevier, Amsterdam [etc.], pp. 253–264.
- BARTHA A., BALLÓK I.-NÉ: 2001: Hidridképző és hagyományos porlasztással mérhető elemek CMA-ICP-AES módszerrel történő egyidejű meghatározása során szerzett tapasztalatok. — *44. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlésen Baja, Konferencia-kiadvány*, pp. 2–3.
- BARTHA A., BERTALAN É., BALLÓK I.-NÉ 2001: Geológiai és környezeti célú vizsgálatok a Magyar Állami Földtani Intézet laboratóriumában. — *A Magyar Kémikusok Egyesülete „Környezetvédelmi Analitikai Konferencia” rendezvénye, Hajdúszoboszló, Absztraktkötet*.
- BÉRCZI, SZ., JÓZSA, S., SZAKMÁNY, GY., DIMÉN, A., DEÁK, F., BORBEI, F., FLOREA, N., PETER, A., FABRICY, A., FÖLDI, T., GÁL, A., KUBOVICS, I., PUSKÁS, Z., UNGER, Z. 2001: Tentative TTT-Diagram from Textures of Basalts and Basaltic Clasts of the NASA Lunar Educational Set: Comparisons to Terrestrial Basalts. — *Antarctic Meteorites 26. Tokyo, Japan*, pp. 7–9.
- BODNÁR E. 2001: Utilization of Quaternary Gravel Deposits in the Budapest Region. — In: KUULA-VÄISÄNEN, P., UUSINOKA, R. (ed.): *AGGREGATE 2001 — Environment and Economy, Helsinki, Finland, 6–10/08/2001*. Volume 1. — Tampere University of Technology, Laboratory of Engineering Geology 50, pp. 11–16.
- BRUKNER-WEIN, A., SAJGÓ, CS., TÓTH, M., HETÉNYI, M. 2001: Bulk geochemical characterisation and classification of organic matter.-I. Oil shales. — *20th IMO (International Meeting on Organic Geochemistry)*, Nancy, France, 10-14/09/2001, Nancy, France. Abstracts Volume 1, pp. 327–328.
- CHIKÁN, G. 2001: Genetics and utilization of gravel deposits in the Mecsek Mountains (Hungary). — In: KUULA-VÄISÄNEN, P., UUSINOKA, R. (ed.): *AGGREGATE 2001 — Environment and Economy, Helsinki, Finland, 6–10/08/2001*. Volume 1. — Tampere University of Technology, Laboratory of Engineering Geology 50, pp. 25–30.
- CSILLAG, G., FODOR, L., PEREGI, ZS., RÓTH, L., SELMECZI, I. 2001: Anomalous drainage pattern, deformed Upper Miocene rocks and landforms in the Vértes Hills, Hungary: Sign for Quaternary faulting? — *Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society, Quantitative neotectonics and seismic hazard assessment: New integrated approaches for environmental management. Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, pp. 18–19.
- CSIRIK GY., PENTELENYI L. 2001: Kovaföld és zeolitos tufák cementadalekú felhasználásának kutatásának eredményei egy EU-projekt keretében. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, p. 5.
- CSONTOS, L., TÓTH, T., MAGYARI, Á. 2001: Neotectonic study of the Buda Mts. Hungary. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 12.
- CSONTOS, L., MAGYARI, Á., MAGYAR, I., VIDA, R., VAN VLIET-LANOE, B. 2001: Syn-sedimentary folding in Late Neogene of Lake Balaton, Hungary. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 12.
- CSONTOS, L., FODOR, L., MAGYARI, Á., MÁRTON, E. 2001: Deformation of Upper Miocene sediments in the Pannonian Basin: old heritage or activer structures? — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 19.
- DETRE, CS., DETRE, Ö. H., CSONTOS, A. 2001: Terrestrial and interstellar causes of the Permo-Triassic catastrophe. — In: SMELROL, M., DYPVIK, H., TSICALAS, F. (ed.): *7th Workshop of the ESF Impact Programme: Submarine Craters and Ejecta-Crater Correlation and ICY Impacts and ICY Targets, Longyearbyen, Svalbard, 29/08–03/09/2001. — Abstracts and Proceedings of the Norwegian Geological Society* 1., pp. 21–22.
- DETRE, CS., KALAFUT, M., DETRE-LOMBAY, K. 2001: Possible giant buried meteorite crater identified in South-West Hungary. — *Antarctic Meteorites, Papers presented to the Twentysixth Symposium on Antarctic Meteorites, Tokyo, 12–14/06/2001, Abstracts*, pp. 13–15.
- DETRE, CS., KALAFUT, M., DETRE-LOMBAY, K., CSONTOS, A., DETRE, Ö. H. 2001: Giant buried meteorite crater identified by geomagnetic data in South-West Hungary. — In: SMELROL, M., DYPVIK, H., TSICALAS, F. (ed.): *7th Workshop of the ESF Impact Programme: Submarine Craters and Ejecta-Crater Correlation and ICY Impacts and ICY Targets, Longyearbyen, Svalbard, 29/08–03/09/2001. — Abstracts and Proceedings of the Norwegian Geological Society* 1., pp. 23–24.

- DIMITRIJEVIC, M. N., DIMITRIJEVIC, M. D., KARAMATA, S., SUDAR, M., GERZINA, N., KOVÁCS, S., DOSZTÁLY, L., GULÁCSI Z., LESS GY., PELIKÁN, P. 2001: Comparison of the Mesozoic olistostromes / mélanges in Yugoslavia and NE Hungary. — In: ÁDÁM, A., SZARKA, L., SZENDRŐI, J. (eds): *PANCARDI 2001. II. Abstracts*, p. DO–8.
- DUDICH, E. 2001: PRE–PANCARDI touristic highlights: Sopron and Kőszeg. — In: ÁDÁM, A., SZARKA, L., SZENDRŐI, J. (eds): *PANCARDI 2001. I. Field Guide*, pp. 88–90.
- DUDICH, E. 2001: POST–PANCARDI touristic highlights: Cellőmölk, Sághegy, Lake Balaton, Badacsony. — In: ÁDÁM, A., SZARKA, L., SZENDRŐI, J. (eds): *PANCARDI 2001. I. Field Guide*, pp. 91–92.
- FILIPOVIC, I., JOVANOVIĆ, D., SUDAR, M., PELIKÁN, P., KOVÁCS, S., LESS, GY., HIPS, K. 2001: Some paleogeographic implications and comparison of the Variscan – Early Alpine evolution of the Jadar Block (NW Serbia) and „Bükkium” (NE Hungary) terranes. — In: ÁDÁM, A., SZARKA, L., SZENDRŐI, J. (eds): *PANCARDI 2001. II. Abstracts*, p. DP–7.
- FODOR L., KOROKNAI B. 2001: Szerkezetfejlődés és átértékelt triász rétegsor a Martonyi–egységben (Tornaikum, Rudabányai–hegység). — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 7–8.
- FODOR, L., HORVÁTH, E., MAGYARI, Á., NOVOTHNY, Á., RUSZKICZAY, ZS., SIKHEGYI, F., SZÉKELY, B., TIMÁR, G., UNGER, Z., WEBER, J. 2001: Tectonic and non-tectonic control on landform evolution, drainage pattern in a loess-covered area (Gödöllő Hills, central Hungary): complex methodological approach. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 18.
- FUTÓ, I., HERTELENDI, E., SZÁNTÓ, ZS., VETŐ, I. 2001: Isotope geochemistry of methane dissolved in formation waters of SE–Hungary. — In: HUNYADI, I., CSIGE, I., HAKL, J. (ed.): *Proceedings of the 5th International Conference on Rare Gas Geochemistry, Debrecen, Hungary, 30/08–03/09/1999. — EP Systema, Debrecen*, pp. 89–95.
- HÁMOR-VIDÓ, M., TÓTH, A. 2001: Hungarian Award for peat scientists. — *Peatlands International* 1/2001, p. 17.
- HÁMOR-VIDÓ, M., WEHNER, H., TESCHNER, M. 2001: Geochemical Monitoring of Natural Attenuation. — *Fifth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, 12–14 September 2000, Prague, Czech Republic, Abstracts*, pp. 154–155.
- HÁMOR-VIDÓ, M., WEHNER, H., TESCHNER, M. 2001: Geochemical Monitoring of Natural Attenuation. — *Fifth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, 12–14 September 2000, Prague, Czech Republic, CD-ROM*, p. 137.
- HETÉNYI, M., BRUKNER-WEIN, A., SAJGÓ, CS. 2001: Variations in organic geochemistry and lithology of a Norian dolomite/marl sequence deposited in a restricted basin. — *20th IMOG 10–14/09/2001, Nancy, France. Abstracts Volume 1*, pp. 253–254.
- JANÁK, M., PLAŠIENKA, D., COSCA, M., SCHMIDT, S. TH., LUPTÁK, B., TÖRÖK K., KOROKNAI, B., HORVÁTH, P., BALOGH, K., DUNKL, I. 2001: Eoalpine metamorphism in the Sopron Mountains, Eastern Alps (Hungary) and the Veporic unit, Western Carpathians (Slovakia, Hungary): evidence for Cretaceous crustal collision in the eastern continuation of the Austroalpine units. — EUG XI. Strasbourg, 8–12/04/2001, Abstracts. — *Journal of Conference, Cambridge Publications Abstracts. Volume 6 (1)*, p. 566.
- JELÉN, B., SIMUNIC, A., DROBNE, K., SKABERNE, D., COSOVIC, V., AVANIC, R., BÁLDI-BEKE, M., CIMERMAN, F., CAR, J., FODOR, L., KEDVES M., MARTÓN, E., MONOSTORI, M., PAVLOVEC, R., PLACER, L., SIKIC, L., TOUMARKINE, M., TURNSEK, D., ZAGORSEK, K. 2000: Eocene in NE Slovenia and NW Croatia. 5th Meeting of the IGCP 393, 26–27/07/2000, Field Trip Guidebook. Excursion 6 and 7. — In: BASSI, D. (ed.): *Shallow water benthic communities at the Middle–Upper Eocene boundary. Southern and North–Eastern Italy, Slovenia, Croatia, Hungary. 5th Meeting of the IUGS–UNESCO–IGCP 393, 18–31/07/2000, Field Trip Guidebook*, pp. 97–147.
- JOCHÁNE EDELÉNYI, E. 2001: Interdependence of geological structure and thermal-karst system, Transdanubian Central Range, Hungary. — *Proceedings of the „7th Conference on Limestone and Fissured Media”, Besancon, 17–25/09/2001, Abstracts*, pp. 191–193.
- JORDAN G., CSILLAG G. 2001: Digital Terrain Modelling for Morphotectonic Analysis: a GIS Framework. — Special Publications of the Geographic Information Systems Association Vol. 1: DEMs and Geomorphology. *Proceedings of the Symposia on New Concepts and Modelling in Geomorphology and Geomorphometry, DEMs and GIS held on 24–26 August, 2001, Tokyo*, pp. 60–61.
- JORDAN, G., CSILLAG, G. 2001: Digital Terrain Modelling for Morphotectonic Analysis: a GIS Framework. — *Transactions, Japanese Geomorphological Union, 22/4 Abstracts of Conference Papers of Fifth International Conference on Geomorphology of The International Association of Geomorphologists, Chuo University, Korakuen Campus, Tokyo, Japan, August, 23–28, 2001*, p. 115.
- JUHÁSZ, GY. 2001: Large-scale deltaic progradational and retrogradational cycles in the Late Miocene Pannonian Lake. — *21st IAS Meeting, Davos, 3–5/09/2001, Abstracts*, p. 155–156.
- KAZÁR E. 2001: A Danitz–pusztai tengeri emlősfauna kora. — *4. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Őslénytani-Rétegtani Szakosztály, Pécsvárad, 04–05/05/2001, Program, Előadaskivonatok, kirándulásvezető*, p. 21.
- KAZÁR E., KORDOS L., SZÓNOKY M. 2001: Danitz–pusztai homokbánya. — *4. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Őslénytani-Rétegtani Szakosztály, Pécsvárad, 04–05/05/2001, Program, Előadaskivonatok, kirándulásvezető*, pp. 42–43.
- KERCSMÁR, ZS. 2001: Ichnofossil record (rock-boreres) and taphonomical reconstruction (nummulite accumulations) of initial Eocene sequences in the eastern margin of the Eocene Tatabánya basin, Hungary. — *21st IAS Meeting, Davos, 3–5/09/2001, Abstracts*, p. 113.
- KISS, A., FODOR, L. 2001: Structural evolution of the Northern Bakony Mts., Transdanubian Range, western Hungary. — In: ÁDÁM, A., SZARKA, L., SZENDRŐI, J. (eds): *PANCARDI 2001, Abstracts*, PP-6, 2 p.

- KISS D., KOVÁCS-PÁLFFY P., SZEPESI J. 2001: A Kerebik kerámiaipara (Rév). — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Bányász–Kohász–Földtan Konferencia, Rövidített szöveg, Csíksomlyó, április 5–8, Románia*, p. 61.
- KOLLÁNYI K., BÁLDINÉ-BEKE M., BERNHARDT B., LANTOS M. 2001: A bakonyi eocén magneto- és biosztratigráfiai korrelációja. — *4. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Abstracts*, pp. 23–24.
- KORDOS, L. 2001: Fossil Ovinæ in the Carpathian Basin. — In: NÁHLIK, A., ULOTH, W. (eds): *Proceedings of the Third International Symposium on Mouflon, Sopron*, pp. 98–102.
- KORPÁS L. 2001: Az Anna-barlang és a Palota szálló függő-kertjének édesvízi mészköve. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 36–38.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDEVÁRI, M., BARÁTH-SINYEY, K. 2001: Mineralogical-Petrographical and Geochemical Study of the weathering crust of the Stejera gneisses (ȚICĂU Mts., Romania). — *Conference of the Mid-European Clay Groups, Stara Lesna, Slovakia Book of Abstract*, p. 75.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDEVÁRI, M., BARÁTH-SINYEY, K. 2001: Mineralogical study on clay minerals filling fractures in granitic rocks in the Üveghuta granite (Mecsek Mts. Hungary). — *Conference of the Mid-European Clay Groups, Stara Lesna, Slovakia Book of Abstract*, p. 76.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDEVÁRI, M., BARÁTH-SINYEY, K. 2001: Mineralogical study on clay minerals filling fractures in granitic rocks in the Üveghuta granite (Mecsek Mts. Hungary). — *Conference of the Mid-European Clay Groups, Stara Lesna, 2001, Book of Abstracts, Stara Lesna, Slovakia 2001. szept. 10. Poszter*.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDEVÁRI, M., BARÁTH-SINYEY, K. 2001: Mineralogical-Petrographical and Geochemical Study of the weathering crust of the Stejera gneisses (ȚICĂU Mts., Romania) — *Conference of the Mid-European Clay Groups, Stara Lesna, Slovakia 2001. szept. 10. Poszter*
- KOZÁK M., CSÁMER Á., GÖNCZY S., KOVÁCS-PÁLFFY P. 2001: Intruzív hialoklasztitok képződése neogén molassz környezetekben. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Bányász–Kohász–Földtan Konferencia, Rövidített szöveg, Csíksomlyó, április 5–8, Románia*, p. 69.
- KOZÁK M., PÜSPÖKI Z., KOVÁCS-PÁLFFY P., CSÁMER Á. 2001: Új vulkanogén agyagtelepek a Sajó mentén. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Bányász–Kohász–Földtan Konferencia, Rövidített szöveg, Csíksomlyó, április 5–8, Románia*, p. 70.
- KOZÁK M., SZURKOS G., GYURICZA GY., PÜSPÖKI Z. 2001: Alkalmazott és környezetföldtani térképezés a Sajó menti régió településfejlesztése és területhasznosítása szempontjából. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándor-*
- gyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 12–13.
- LELKES, GY., KOLLÁNYI, K., CSÁSZÁR, G. 2001: Szokatlanul vastag gerecei felső-jura rétegsor rétegtani, mikrofaciális és szedimentológiai vizsgálatának eredményei. — *4. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Pécsvárad, 04–05/05/2001., Abstracts*, p. 24.
- LESS GY. 2001: Felső-Hámor, Puszkaporosi–szoros felső vége, sziklamászófal. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, p. 33–35.
- LESS GY. 2001: Kisfennsík, Háromkúti sziklakapuk. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 49–50.
- LESS GY. 2001: Új eredmények a Keleti-Bükk földtani felépítéséről. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, p. 13.
- LESS GY., DÁVID Á. 2001: Csókási alapszelvény. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 47–49.
- LESS GY., PELIKÁN P. 2001: Lillafüred, Szinva-völgy, az É-bükki antiklinális D-i szárnyának középső–triász rétegsora. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 38–40.
- LESS, GY., KECSKEMÉTI, T., OZSVÁRT, P., KÁZMÉR, M., BÁLDI-BEKE, M., KOLLÁNYI, K., FODOR, L., KERTÉSZ, B., VARGA, I. 2001: Middle-Upper Eocene shallow water benthos in Hungary. 5th Meeting of the IGCP 393, 28–30/07/2000, Field Trip Guidebook. Excursion 8. — In: BASSI, D. (ed.): *Shallow water benthic communities at the Middle–Upper Eocene boundary. Southern and North–Eastern Italy, Slovenia,*

- Croatia, Hungary. *5th Meeting of the IUGS–UNESCO–IGCP 393, 18–31/07/2000, Field Trip Guidebook*, pp. 151–181.
- LOBITZER, H., EGGER, H., HRADECKÁ, L., LELEKES-FELVÁRI, GY., OTTNER, F., SIEGL-FARKAS, Á., SVOBODOVÁ, M., SVABENICKÁ, L. 2001: Die Gosau-Vorkommen von Mooshuben und Krampen in den Steirischen Mürzalpen. — In: MANDL, G. W.: *Geologische Bundesanstalt Arbeitstagung 2001. Geologische Karten 1:50 000, Grundlagenforschung Angewandte Geologie. Neuberg an der Mürz 3–7 September 2001. Geologische Bundesanstalt, Wien*, pp. 111–130.
- MAGYARI, Á., VAN-VLIET LANOË, B., CSONTOS, L. 2001: Neogene and Early Quaternary Tectonic Phases in Central Hungary, Relations of Sedimentary Record and Morphology — *EUG XI. Strasbourg, 8–12/04/2001, Abstracts*. — *Journal of Conference, Cambridge Publications Abstracts*, Volume 6 (1), p. 176.
- MAROS, GY., PALOTÁS, K. 2001: ImaGeo corescanner for orienting fractures in cores. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 38.
- MAROS, GY., PALOTÁS, K., SALLAY, E., KOROKNAI B. 2001: *Core log evaluation of borehole PTP-3 with the ImaGeo corescanner*. — *International Workshop Phosphorus- and fluorine-rich granites, Czech Republic, Podlesi, 16–19/10/2001, Abstracts*, p. 24.
- MÁRTON, E., FODOR, L. 2001: Tertiary rotations and faulting in the Transdanubian Range, Western Hungary. — In: ÁDÁM, A., SZARKA, L., SZENDRŐI, J. (eds): *PANCARDI 2001, Abstracts*, PO-64, 1 p.
- MÉON, H., ODIN, G. S., ANTONESCU, E., SIEGL-FARKAS, Á. 2001: Synthetic data on spores and pollen across the Campanian–Maastrichtian boundary at Tercis les Bains (SW France). — In: ODIN, G. S. (ed.): *The Campanian–Maastrichtian Stage Boundary. — Developments in Palaeontology and Stratigraphy 19, Elsevier, Amsterdam [etc.]*, pp. 210–216.
- MUSITZ, B., MAGYARI, Á., CSONTOS, L., VAN VLIET-LANOË, B. 2001: Neotectonic investigations in the Somogy Hills, SW Hungary. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, pp. 36–37.
- NÁDOR, A., LANTOS, M., MÜLLER, P., THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS., TÓTH-MAKK, Á., FARKAS-BULLA, J. 2001: Milankovitch-scale multi-proxy records for the fluvial sediments of the last 2.6 Ma from the Pannonian Basin, Hungary. — *EUG XI. Strasbourg, 8–12/04/2001, Abstracts*. — *Journal of Conference, Cambridge Publications Abstracts* volume 6 (1).
- NÁDOR, A., LANTOS, M., MÜLLER, P., THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS., TÓTH-MAKK, Á., FARKAS-BULLA, J. 2001: Climate and tectonics: competitive forces in Quaternary alluvial sedimentation, mid-latitude, temperate zone rivers in the Pannonian Basin, Hungary. — *Inaugural Meeting, IGCP 449 project, Prague, 21–24/04/2001, Abstracts*, p. 14.
- NÁDOR, A., LANTOS, M., MÜLLER, P., THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS., TÓTH-MAKK, Á., FARKAS-BULLA, J. 2001: Climate and tectonics: competitive forces in Quaternary alluvial sedimentation, Pannonian Basin, Hungary. — *7th International Conference on Fluvial Sedimentology, University of Nebraska, Lincoln, USA, 6–10/08/2001, Abstracts*, p. 216.
- NÁDOR, A., LANTOS, M., MÜLLER, P., THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS., TÓTH-MAKK, Á. 2001: Climate and tectonics: competitive forces in Quaternary alluvial sedimentation, Pannonian Basin, Hungary. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, pp. 43–44.
- NÉMETH, K., MARTIN, U., CSILLAG, G. 2001: Erosion calculations on Pliocene monogenetic volcanoes of the Bakony-Balaton Highland (Pannonian Basin, Hungary). — *Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society, Quantitative neotectonics and seismic hazard assessment: New integrated approaches for environmental management. Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 11.
- PALOTÁS, K., SIKHEGYI, F., FODOR, L., TIMÁR G. 2001: Drainage pattern of SW Transdanubia. — *Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society, Quantitative neotectonics and seismic hazard assessment: New integrated approaches for environmental management. Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 48.
- PÁLFALVI S., KERCSMÁR ZS., KÁZMÉR M. 2001: Tatabányai középső-eocén karbonátos mikrofáciesek. — *4. Őslénytani Vándorgyűlés. Pécsvárad, poszter*.
- PELIKÁN P. 2001: Bálvány–Észak. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 51–52.
- PELIKÁN P. 2001: A Bükk hegységi díszitőkövek a felsőtárkányi római katolikus templomban. — *2. Díszitőkő konferencia, Székesfehérvár, 29/03/2001*, pp. [21–23].
- PELIKÁN P. 2001: A Bükk hegység szerkezeti vázlata. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, p. 20.
- PELIKÁN P. 2001: Garadna-völgy, pisztrángtelep. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, pp. 46–47.
- PELIKÁN P. 2001: A Kapu-bérc északi sziklagerince. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök*

- Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető, pp. 51–52.
- PENTELENYI L. 2001: A bükkaljai földtani reambulálás eredményei. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, p. 20.
- PENTELENYI L. 2001: Harsány–bükkaranyosi elágazás, „felső riolituffa”. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, p. 43.
- PENTELENYI L. 2001: Kisgyőri pincék, „alsó riolituffa”. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, pp. 40–43.
- PENTELENYI L. 2001: Sály, Dankótelep elhagyott köfajtája. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, pp. 52–55.
- PENTELENYI L. 2001: Tibolddaróc É-i vége, a középső és „felső riolituffa” érintkezése. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, pp. 43–45.
- PIROS O., PAVLIK, W., MOSER, M., BRYDA, G. 2001: Vorläufige Ergebnisse zur Kalkalgen–Stratigraphie der Alpenen Mitteltrias aus dem Hochschwabmassiv (Mürzalpen–Decke, Steiermark). — In: MANDL, G., W.: *Geologische Bundesanstalt Arbeitstagung 2001. Geologische Karten 1:50.000, Grundlagenforschung Angewandte Geologie. Neuberg an der Mürz 3–7 September 2001. Geologische Bundesanstalt, Wien*, pp. 95–105.
- POGÁCSÁS, GY., HÁMOR G., JÁMBOR Á. 2001: Structural control on Neogene–Quaternary paleogeographic evolution of the Carpathian–Pannonian Region. — In: ÁDÁM, A., SZARKA, L., SZENDRŐI, J. (eds): *PANCARDI 2001. II. Abstracts*, p. PO–5.
- RÓZSA P., KOZÁK M., KOVÁCS-PÁLFFY P. 2001: Hülési és mineralizációs jelenségek a védendő erdőbényei lakkolitban (Hubertus-bánya). — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Bányász–Kohász–Földtan Konferencia, Rövidített szöveg, Csíksomlyó, április 5–8, Románia*, p. 100.
- SÁSDI L. 2001: Barlangtani megfigyelések a Michele Gortani–barlang környékén. — In: SÁSDI L. (szerk.): *Barlangkutatók szakmai találkozója, Pécs, Tudományegyetem, 27–29/10/2000. — Pécsi Tudományegyetem; Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Pécs*, pp. 131–135.
- SÁSDI L. 2001: A Bükk hegység hidrogeológiája. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, p. 22.
- SÁSDI L. 2001: A Bükk hegység karsztjának fejlődéstörténete a krétától napjainkig. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak–magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, p. 23.
- SCHAREK P. 2001: Földtani veszélyforrások térképezése és informatikai rendszerbe szervezése a Magyar Állami Földtani Intézetben. — *Földtani veszélyforrások konferencia Paks, a Magyar Geológiai Szolgálat és a Magyarhoni Földtani Társulat szervezésében, a MTA Földrajztudományi Intézetével és a Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozatával közösen, Paks, 17–18/05/2001*, p. 19.
- SIEGL-FARKAS, A. 2001: Palynological examination of samples from the Campanian–Maastrichtian succession at Tercis les Bains: a preliminary view on the spores and pollen. — In: ODIN, G. S. (ed.): *The Campanian–Maastrichtian Stage Boundary. — Developments in Palaeontology and Stratigraphy 19, Elsevier, Amsterdam [etc.]*, pp. 187–191.
- SIEGL-FARKAS, A. 2001: Palynological examination of samples from the Campanian–Maastrichtian succession at Tercis les Bains: a preliminary view on Dinoflagellata. — In: ODIN, G. S. (ed.): *The Campanian–Maastrichtian Boundary. — Developments in Palaeontology and Stratigraphy 19*, pp. 217–220.
- SIEGL-FARKAS, Á., BUFFETAUT, E., LE LOEUFF, J. 2001: Dél franciaországi (Bellevue) dinoszaurusz-maradványos rétegek palynológiai vizsgálata. — *4. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Pécsvárad, 04–05/09/2001, Program, Abstracts*, p. 32.
- SÍKHEGYI F.: Légi módszerek a szennyezőforrások számbavételének támogatására — hazai realitások. — *KÁRMENTESÍTÉS c. konferencia. Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetsége, Budapest, 2001. május 23–24*.
- SÍKHEGYI, F. 2001: Effects of neotectonic processes on the forming of the Kapos Valley. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 58.

- SZEGŐ É., SELMECZI I. 2001: A Zalai-medence badeni és szarmata képződményei és azok foraminifera biozonációja. — 4. Őslénytani Vándorgyűlés. Előadás-kivonatok, Pécsvárad, 04–05/05/2001, pp. 33–34.
- SZENDREI, G., TÓTH, T., KOVÁCS-PÁLFFY, P., SZAKÁLL, S. 2001: Preliminary results of the study on the country-wide occurrence, mineralogical and chemical composition of salt efflorescences in Hungary. — *International Working Meeting on Micropedology, Universiteit Gent, Ghent, Belgium, 9–13/07/2001, Programme and Abstracts*, p. 91.
- SZENDREI G., TÓTH T., KOVÁCS-PÁLFFY P., SZAKÁLL S. 2001: Sókivirágzások hazai elterjedése. — *Földrajzi Kutatások, Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 25–27/10/2001, Abstract-kötet*, p. 177.
- SZURKOS G., ZSÁMBOK I. 2001: Földtani veszélyforrások lakott területeken. — *Földtani veszélyforrások konferencia Paks, a Magyar Geológiai Szolgálat és a Magyarhoni Földtani Társulat szervezésében, a MTA Földrajztudományi Intézetével és a Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozatával közösen, Paks, 17–18/05/2001*, p. 23.
- SZÜCS, A., JORDÁN, GY., EDELÉNYI, E. 2001: Application of 3D digital geological modelling for the spatial analysis of regional hydrogeochemistry in the vicinity of Lake Hévíz, Hungary. — *Proceedings of the 6th Scientific Assembly of the International Association of Hydrological Sciences, Maastricht*.
- THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS., NÁDOR, A. 2001: Tectonic control on changes in Quaternary fluvial transport directions to the Körös sub-basin and surrounding areas, SE Hungary. — *21st IAS Meeting, Davos, 3–5/09/2001, Abstracts*, p. 154.
- TÓTH T., KUTI L., KABOS S., PÁSZTOR L. 2001: Az alföldi szikes talajok elterjedését meghatározó agrogeológiai tényezők térinformatikai elemzése 1:500 000 méretarányban. — *A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei. Szeged. 2001. október 25–27. (CD-ROM)*
- TÓTH T., KUTI L., KABOS S., PÁSZTOR L. 2001: Az alföldi szikes talajok elterjedését meghatározó agrogeológiai tényezők térinformatikai elemzése 1:500 000 méretarányban. — In: RAKONCZAI J. (szerk.): *Földrajzi Kutatások 2001. A Magyar Földrajzi Konferencia Abstract kötete. Szeged. 2001. október 25–27.*, p. 196.
- VAN VLIET-LANOE, B., MEILLEIEZ, F., MAGYARI, Á. 2001: Neotectonic and seismic activity in Europe: the differentiation between co-seismic and periglacial deformations. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 66.
- VAN VLIET-LANOE, B., MAGYARI, Á., CSONTOS, L. 2001: Upper Cenozoic paleoseismicity and morphology evolution in the Western Pannonian Basin. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, p. 37.
- VICZIÁN I. 2001: Ásványfaj pontossággal meghatározott (2:1) agyagásványok Észak-Magyarországon (kivonat). — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001., Program és kirándulásvezető*, pp. 24–25.
- VICZIÁN, I. 2001: Typical clay mineral associations in geological formations of Hungary (abstract). — *Conference of the Mid-European Clay Groups, Stará Lesná, 2001, Book of Abstracts*, p. 113.
- VICZIÁN, I. 2001: Typical clay mineral associations in geological formations of Hungary (abstract). — *10. Ulusal Kil Sempozyumu, Konya, 2001, Bildiriler kitabi*, p. 599.
- VRABEC, M., FODOR, L., MÁRTON, E. 2001: Pliocene to recent structural evolution at the junction of the Alps, Dinarides and the Pannonian basin. — *The Stephan Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative Neotectonics and Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches for Environmental Management, Balatonfüred, Hungary, 22–26/09/2001, Abstract Book*, pp. 69–70.
- ZELENKÁ T., GYARMATI P., KISS J., VÉRTESSY L., HORVÁTH I., PÉCSKAY Z., SZALAI E. 2001: A Tokaji-hegység paleovulkáni újraértékelése. — *Fenntartható fejlődés és ásványi nyersanyagok az észak-magyarországi régióban. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Földtani Örökségünk Természetvédelmi Egyesület, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, az Olajmérnökök Magyarországi Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös Vándorgyűlése, Miskolc, 8–10/06/2001, Program és kirándulásvezető*, pp. 27–28.

Szakcikkek — Scientific Publications

A Magyar Állami Földtani Intézet és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet kutatási programja 2001–2003

BREZSNYÁNSZKY KÁROLY¹ és BODOKY TAMÁS^{2*}

¹ A Magyar Állami Földtani Intézet igazgatója, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

² Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet igazgatója, 1145 Budapest, Kolumbusz utca 17–23.

ELŐSZÓ

A „Geo XXI. a Magyar Geológiai Szolgálat és keretében működő Magyar Állami Földtani Intézet és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, földtani, földtani kutatási feladatai a XXI. század kezdetén” koncepció alapján a MÁFI és az ELGI széles kutatói közreműködéssel létrehozta középtávú kutatási programját.

A program, melyet a Földtani Tanács megtárgyalt és jóváhagyott, a két Intézet — költségvetés által támogatott — állami földtani feladatait tartalmazza. Az Intézetek tevékenysége messze túlterjed ezen feladatok ellátásán, a programban nem szerepelnek sem a szerződéses, szolgáltatási célú kutatásaink, sem pedig az ugyancsak költségvetési finanszírozású közszolgálati feladataink és az intézményfenntartással kapcsolatos tevékenységünk.

A koncepció megvalósítása a programok összehangolt működését, egymásra épülését kívánja meg. Ennek egyik legfontosabb eleme az intézményeken belüli, egymás közötti és a külső szisztémákkal kommunikálni képes adatbázisok, metaadatbázisok rendszerének, az adatbázisok elérhetőségi szabályainak kidolgozása, az adatforgalmat lehetővé tevő szabványosított szoftver-hardver rendszerek létrehozása.

Fel kell készülnünk az EU-csatlakozás során felmerülő új feladatokra. Az EU-országok geológiai szolgálatainak partnerévé, sőt bizonyos területeken versenytársává kell válnunk. Szükséges, hogy az egyes tevékenységek, programok a korábbiaknál jobban kapcsolódjanak egymáshoz.

A koncepció 2001-ben az alábbi négy kutatási program indítását írja elő:

1. alapkutatási program,
2. térképezési program,

3. ásványinyersanyag-kutatási program,

4. alkalmazott földtani kutatási program.

A Geo XXI. koncepció a tudományos alapkutatást a fejlődés alapjának minősíti. Ezzel összhangban — figyelembe véve az Intézetek hagyományait, a hazai és nemzetközi együttműködésekkel eredő kötelezettségeiket — a tudományos alapkutatást folytatnunk kell, ez biztosítja a tudományos fejlődést és alapozza meg az alkalmazott kutatást.

Az **alapkutatás programjának** legfontosabb pontja Magyarország földtani térmodelljének megalkotása, ez a két Intézet szoros együttműködését tételezi fel. Az alapkutatásnál figyelembe vettük még az Intézet kutatói által elnyert, az Intézetek által támogatott pályázatok tematikáját is.

A **térképezési program** az ország megismerésére irányuló folyamatos tevékenység, melynek során időről időre tájegységi és országos szintézisek készülnek. A program célul tűzi ki az országos földtani és tektonikai térkép elkészítését, valamint a közszolgálati tevékenység keretében az előbbi iskolai, oktatási célú változatának közreadását.

Az **ásványinyersanyag-kutatási program** régiókutatási feladatokhoz kapcsolódóan foglalkozik a szilárd ásványi nyersanyag potenciál felméréssel. Külön hangsúlyt kap a geotermikus energia potenciál értékelése. A megváltozott körülményekből kiindulva, nem foglalkozik viszont a koncessziós pályázatok kiírásából és az adatsomag forgalmazásából a földtanra háruló feladatokkal. A nagykockázatú nyersanyagkutatásnak továbbra is hiányoznak a finanszírozási feltételei.

Az **alkalmazott kutatás** témái főleg a környezet állapotának kutatására és új elemként, a társadalmi igények figyelembevételével, a földtani veszélyforrások felmérésére irányulnak. Az alkalmazott kutatáson belül különös jelentőséggel bír a vízföldtan, mely nyilvánvalóan közvetlen kapcsolatban van az ország ivóvízellátásával, az életminőség biztosításával.

* Közreműködők: MÁFI: BALLA ZOLTÁN, BUDAI TAMÁS, CHIKÁN GÉZA, CSIRIK GYÖRGY, HALMAI JÁNOS, KUTI LÁSZLÓ, NÁDOR ANNAMÁRIA, SCHAREK PÉTER, ELGI: FANCSIK TAMÁS, HEGYMEGI LÁSZLÓ, SIMON ANDRÁS, TÖRÖS ENDRE, VERŐ LÁSZLÓ, VÉRTESY LÁSZLÓ

A középtávú program megalkotásánál vizsgáltuk, hogy a 21. század elejének legfontosabb teendőit milyen körülmények, milyen feltételek figyelembevételével kell megterveznünk, hogy ne szakadjunk el a realitásoktól. Kiindulási alapul a jelenlegi gazdasági helyzetet vettük, melynek lényeges megváltozása nem valószínű, annak ellenére, hogy általánosan elfogadott az a törekvés, hogy a kutatásra fordított anyagi források arányának növekednie kell a nemzeti összterméken belül.

A földtan állami feladatainak legátfogóbb megfogalmazása a 132/1993. (IX. 29.) sz. kormányrendelet. A koncepció célkitűzése ennél kevésbé átfogó, de mindenképpen összhangban van a kormányrendelettel. A társadalomnak, legalábbis rövid távon, látszólag sokkal kevesebb megfogalmazott igénye van. Ennek az állapotnak tarthatatlan mivolta, váratlan vagy katasztrófa helyzetekben azonnal nyilvánvalóvá válik (pl. beépített, közismerten csúszásveszélyes területen keletkezett épületkárok, a vízbázisok elszennyeződése, a hulladék-elhelyezés problémái, az építkezések vitatott földrengés veszélyeztetettségű területeken).

Összevetve a körülményeket, feltételeket és a várható feladatokat a Magyar Geológiai Szolgálat, szakmai téren pedig a MÁFI és az ELGI számára több tennivaló is adódik:

— fenn kell tartani a földtani kutatások megvalósításához szükséges magas szakmai színvonalat, biztosítani kell ennek emberi és tárgyi feltételeit,

— biztosítani kell a lehetőséget arra, hogy az alkalmazott kutatás alapvetési feladatait is el tudjuk látni, akár saját magunk, akár intézményen belüli vagy azon kívüli együttműködés révén,

— szélesíteni kell a földtani kutatásokhoz kapcsolódó adatszolgáltatást mindazok számára, akiknek igénye van adatokra,

— érvényt kell szerezni a kormányrendeletnek azokon a területeken is, ahol eddig ez nem történt meg (ez elsősorban államigazgatási kérdés),

— szorosabbá kell tenni az együttműködést a földtani kutatások területén működő egyéb intézményekkel,

— figyelemmel kell kísérni az Európai Unióhoz való csatlakozás folyamata során fellépő új követelményeket és lehetőségeket a jövőre való felkészülés és anyagi forrásaink bővítése érdekében.

Intézeteink a kutatási program keretében folytatják a földtudomány- és intézettörténeti kutatásokat, melyek célja — a levéltári és muzeológiai dokumentálás és szolgáltatás mellett — az aktuális (évfordulós) és tematikus feldolgozások elvégzése.

ALAPKUTATÁS

Az alapvetés elengedhetetlen a konkrét kutatási feladatok szakmai színvonalának biztosításához, s közvetlen hatással van a földtani térképezésre, a nyersanyagkutatásra és alkalmazott földtani kutatásra egyaránt.

Az alapvetési feladatok meghatározásához tehát szükséges az egyéb kutatások igényeinek visszacsatolása is.

Az alapvetési program deklarált célja az, hogy

— mindjobban megismerjük a földtani környezetet és arról új ismereteket nyerjünk,

— megtartsuk intézeteink vezető szerepét az állami földtani kutatásban és növeljük tudományos színvonalukat,

— lépést tartsunk a tudomány fejlődésével,

— megtartsuk az új nemzetközi eredmények adaptálására képes kutatókat és a műszaki kapacitást,

— választ adjunk az alkalmazott kutatás által mindenkor felvetett kérdésekre.

Az alapvetést elsősorban az állam finanszírozza, s ennek előfeltétele a magas tudományos színvonal, fontos mutatóként az eredmények publikálásával és a kutatók tudományos előmenetelével. Az összes tudományterület egyforma mértékű finanszírozására az állam nem képes, e hiányosság hazai és külföldi pályázatok, valamint a hazai és nemzetközi együttműködés révén csökkenthető. Mindkettőhöz segítséget nyújthat nemzetközi szervezeti tagságunk és részvételünk nemzetközi szervezetek munkájában. A humán és technikai erőforrások jobb kihasználása és a tudományos színvonal emelése érdekében a jelen alapvetési programunkat egyeztetni kell azon intézmények középtávú elképzeléseivel, ahol földtani alapvetés folyik.

Az alapvetés keretében az intézetek a fő hangsúlyt a következő tudományterületek művelésére helyezik:

Magyarország földtani térmodellje:

Földtani modellezés:

Medenceanalízis.

Tektonika-neotektonika.

Magyarország geofizikai adatainak integrált értelmezése.

Litoszféra-kutatás.

Földrengések forrásterületeinek vizsgálata.

Őslénytan, őskörnyezeti rekonstrukciók:

Felső-kréta: Magyarország.

Eocén: Dunántúli-középhegység.

Oligocén: Bicskei-medence.

Miocén: Alföld, Bicskei-medence.

Pleisztocén: Alföld, Kisalföld, Dél-Dunántúl.

Földfizikai kutatások:

Földmágneses kutatások.

Paleomágneses kutatások.

Gravitációs kutatások.

Geofizikai módszerfejlesztés:

Inverziós eljárások, információs rendszerek fejlesztése.

Az előírt koncepciót úgy véljük teljesíthetőnek, ha programunkat e beosztás nyomán ismertetjük.

Magyarország földtani térmodellje

Földtani modellezés

Alapkutatási tevékenységünk fontos meghatározója az alkalmazott kutatások igényeinek tudományos problémaként való megfogalmazása, és a szükséges kutatómunka elvégzése után az eredmények visszacsatolása. A hidrogeológia és a környezetföldtan, elsősorban a hidrodinamikai és transzport modellezésekhez, megbízható földtani alapot igényelnek. Ez a földtani alap azonban ma már nem csupán egy adott területre vonatkozó néhány fúrás és szelvényt jelent, hanem az összes elérhető földtani-geofizikai adat integrált értelmezésén alapuló geológiai térmodellt, amelyben az egyes képződményekhez térben lehatárolható megfelelő fizikai paraméterek rendelhetők. E feladat elvégzéséhez alapvető a 3D adatbázisok létrehozása és értelmezése, amely a MÁFI és az ELGI szoros együttműködésén alapulhat.

Az alkalmazott kutatások által rohamosan növekvő mértékben igényelt földtani modellek előállításán túlmenően azonban a földtani modellalkotásnak ki kell terjednie Magyarország egész területére és földtani képződményeinek teljes körére. *Magyarország szerkezeti képét* szeizmikus vonalháló és a hozzá csatlakozó mélyfúrások alapján alakítjuk ki, ehhez kívánjuk integrálni az erőtér geofizikai, szeizmológiai, radiometriai stb. adatokból nyerhető szerkezeti többletinformációt. Az adatok célszerű válogatásával, egységes újrafeldolgozásával és integrált értelmezésével kialakított geofizikai modellt a mélyfúrások adatainak segítségével földtani modellé konvertáljuk, és a jövőben megalkotjuk Magyarország földtani felépítésének áttekintő 3D modelljét.

A földtani modellezés jelentős szoftver- és hardverfejlesztéseket, valamint az egyes modellek alkalmazására, programozásra specializálódott szakember gárdát igényel, amelynek megteremtése csak hosszú távon lehetséges.

Medenceanalízis

A Medenceanalízis keretében Magyarország medencekitöltő üledékeinek komplex vizsgálatát és földtani térmodellekben való megjelenítését végezzük a szedimentológia, szekvencia- és ciklussztratigráfia, öskörnyezeti vizsgálatok, valamint szeizmikus szelvények és karotázások értelmezésére alapozva. A tektonikai kutatási eredmények integrálásával medencefejlődési modelleket alkotunk. Mivel mind a hidrogeológia, mind a környezetföldtan túlnyomórészt a felszín közeli képződmények vizsgálatával foglalkozik, ezért az elkövetkező években — egyéb résztémák mellett — a hangsúlyt a késő-neogén és negyedidőszaki események vizsgálatára helyezzük:

— A Nagyalföld és a Kisalföld pliocén–negyedidőszaki feltöltődésének fejlődéstörténeti rekonstruálása, ezen időszak képződményeinek nagyfelbontású ciklus- és szekvenciasztratigráfiai vizsgálata, a folyóvízi üledékképződés és a klíma kapcsolatának elemzése, a jelenlegi vízhálózat kialakulása.

— A DK-Alföld medencéjébe érkező negyedidőszaki folyóvízi üledékek eredete és a szállítási irányok meghatározása: az üledékösszetétel nehézasvány-összetételének koronkénti értékelése, a nehézasványok geokémiai értékelése fajoként és régióként, amelynek alapján lefolytatható az egyes vízgyűjtő területek nehézasvány-összetételének genetikai értékelése, valamint légi és űrfelvételek integrált értelmezése alapján a Berettyó, Körösök és a Maros vízhálózat-fejlődése.

— A Duna–Tisza köze területén a negyedidőszaki képződmények fekéjében található késő-neogén rétegsorok vizsgálata, a pliocén–pleisztocén határ lehetséges kijelölése és az üledékképződésben bekövetkezett változások meghatározása céljából.

— A folyamatos kifejlődésű medencefáciesű, az üledékhézagokkal tagolt medenceperemi, és a felszíni kibúvásokban tanulmányozható dombsági pleisztocén kifejlődések kapcsolatának meghatározása.

— Az alföldi késő-neogén képződmények fácieskapcsolatainak pontosítása, és a korábbi szekvenciasztratigráfiai értelmezések revíziója, szeizmikus szelvények, karotázások és fúrási maganyagok szedimentológiai bélyegeinek együttes értelmezése alapján, a harmadidőszaki üledékes medencék ösföldrajzi és diagenetikus viszonyainak tisztázása.

— A Bicskei-medence eocéntől negyedidőszakig terjedő medencekitöltő üledékeinek öskörnyezeti rekonstrukciójára alapozva medencefejlődési modell megalkotása. Ez a téma a Vértes–Gerecse földtani térképezéséhez kapcsolódva az előtéri területek vizsgálatát célozza meg a medenceanalízis módszerét alkalmazva.

— A Mihályi–Répcelak–Ölbő pászta mélyföldtani ismereteinek vizsgálata, különös tekintettel a széndioxid rezervoárokra.

A szeizmikus szelvények és mélyfúrás-geofizikai adatok értelmezése MÁFI–ELGI együttműködésben történik.

Tektonika, neotektonika

E témakörben tektonikai modelleket készítünk, különös tekintettel a neotektonikai események vizsgálatára, a tektonikai reaktiválódás feltételeire, paleotektonikai elemek kutatására, valamint egyes medencék fejlődéstörténetére:

— A mórági gránit sztochaszikus törésmodelljének kidolgozása, a gránitban található törések, palásságok, és egyéb, részben tektonikus eredetű jelenségek térbeli eloszlásának és statisztikai jellemzőinek vizsgálata alapján, a fraktálgeometria módszerét is alkalmazva.

— A mórági gránit keletkezésének és eseménytörténetének megismerése, amelynek alapvető eszköze a magmás és metamorf közettani vizsgálat.

— A magszkenner és a hozzá kapcsolódó szoftverek fejlesztése, amely fúrások maganyagának digitális feldolgozására koncentrálódik, és a tektonikai modellezés alapadatbázisát alkotja. Tervezzük a magszkennerrel összeépítendő lézergörgetésű spektrométer és gamma spektrométer fejlesztését.

— A dél-dunántúli völgyhálózat irányítottágának elemzése, a folyók és patak völgyek teraszainak vizsgálata, a bevágódás egyes fázisainak meghatározása, a bevágódás-háttéremelkedés sebességének modellezése, a dombosági területek kiemelkedésének neotektonikai vizsgálata.

— A medencét övező háttérterületek (elsősorban az Erdélyi-, Északi- és Dunántúli-középhegység), mint lehordási területek negyedidőszaki fejlődéstörténetének elemzése, különös tekintettel a kiemelkedés, és lepusztulás mértékére.

— A Mihályi–Répcelak–Ölbő pászta mélyszerkezeti viszonyainak vizsgálata, különös tekintettel a terület széndioxid felhalmozódásainak szerkezeti meghatározottságára.

— A Bicskei medence tektonikai fejlődéstörténetének vizsgálata, kapcsolódva a Vértes–Gerecse földtani térképezése keretében készülő szerkezetföldtani térképhez.

Magyarország geofizikai adatainak integrált térbeli értelmezése

Az ELGI egyrészt nagy múltra visszatekintő mérési tevékenységének köszönhetően, másrészt, mint az országos geofizikai adatbázisok kezelője, az egész ország területére kiterjedő, rendkívül nagy mennyiségű geofizikai alap és származtatott adathoz, illetve eredménytérképhez rendelkezik közvetlen hozzáféréssel. Ezen „sajátossága”, valamint korszerű számítástechnikai háttere, kutatási tapasztalata egyedülálló lehetőséget biztosít az intézet számára komplex (több geofizikai módszert felhasználó), és az egész ország területére kiterjedő vizsgálatok elvégzésére.

Középtávú kutatási koncepcióként éppen ezért megfogalmazható Magyarország geofizikai adatainak integrált térbeli értelmezése a fent említett adatbázisra alapozva. A „Magyarország geofizikai adatainak integrált térbeli értelmezése” című téma az előző három éves ciklusban futó „Magyarország földtani felépítésének áttekintő geofizikai vizsgálata” című projekt szakmailag magasabb szinten és általánosabb célkitűzéssel tervezett folytatása, amely integrálja magában a korábbi litoszféra kutatást és a földrengésveszélyeztetettség kutatások egy részét is. A témát az ELGI korszerű és a licenc szerződés értelmében a gyártó által folyamatosan tovább korszerűsített, nagyteljesítményű integrált geofizikai értelmező rendszerére, a LANDMARK rendszerre alapozzuk, amely egy szakmai térinformatikai rendszernek is tekinthető és alkalmas az adatok térbeli elemzésére, illetve az eredmények térbeli megjelenítésére.

Míg az eddigi munka során ténylegesen többnyire csak a szeizmikus mérések és a mélyfúrások geofizikai és geológiai adatainak szintézise folyt, addig a most következő kutatási periódusban az integrált értelmezésbe be kívánjuk vonni az erőter geofizikai adatokat, az elektromos és elektromágneses adatokat, valamint, természetesen megfelelő kritikával kezelve, a korábban már elkészült

geológiai és geofizikai eredménytérképek adatait és a szeizmológiai adatokat is. Meglévő információknak tekinthetők a pretercier medencealjzat, a Mohorovicic diszkontinuitás és Magyarország fedetlen földtani térképe, a gravitációs, mágneses, geoelektromos és mélyfúrás geofizikai adatbázis, továbbá a sekélyebb, nyersanyagkutatási célokra készült reflexiós szeizmikus szelvényhálózat, a mélybehatólású földtani alapszelvények, refrakciós szeizmikus szelvények, a szeizmológiai évkönyvek adatai és végül, de nem utolsó sorban a Celebration–2000 projekt keretében mért litoszféra kutató szelvények következő évekre várható eredményei.

Az integrált értelmezés eredményeként egy olyan első sorban geofizikai adatokra alapozott földtani térmodellt várunk, amely a teljes földkérget magában foglalja és a jelentősebb földtani szinteket és szerkezeti elemeket térben megjeleníti. A modell felbontóképessége, természetesen, függ a rendelkezésre álló adatok sűrűségétől és minőségétől. Ennek megfelelően, a litoszféra mélyebb szintjeiről, (pl. a Mohoról) csak sokkal kisebb felbontású eredményképet várhatunk, mint a kőolajipar által sűrű hálózattal kutatott területek pannon szintjeiről, vagy például a mikroszeizmológiai adatok segítségével biztosabb képet remélhetünk a ma is aktív szerkezeti vonalakról, mint azokról, ahol ilyen adataink nincsenek

Litoszféra kutatás

2000-ben az ELGI-nek lehetősége nyílt arra, hogy széleskörű nemzetközi együttműködésben részt vehessen a litoszféra kutatások eddigi történetének legnagyobb projektjében és így az egész Kárpát-medencét lefedő és még azon jelentősen túl is nyúló Celebration-2000 litoszféra kutató mérések teljes adatrendszerének birtokába jusson.

Az ELGI litoszféra kutatásának középpontjába ezért középtávon a Celebration-2000 adatainak feldolgozását és értelmezését és az eredményeknek az integrált térmodellbe történő beépítését kívánjuk állítani, a földtani értelmezésben a MÁFI közreműködésével.

A kutatások súlypontját a korábbi, vonal menti szerkezetkutatásokról a litoszféra szeizmikus-sebességterének térbeli (3D) megismerésére helyezzük. A széleskörű nemzetközi együttműködésben végzett *Celebration–2000 litoszférakutató program* adatainak térbeli feldolgozása és értelmezése az ország jelentős részére lehetségessé teszi a litoszférát jellemző szeizmikus sebességek térbeli vizsgálatát és egy, a szomszédos országok területére is átnyúló sebességmodell megalkotását. A szeizmikus sebességtér vizsgálata igen jelentősen járul majd hozzá az ország nagyszerkezeti felépítésének megismeréséhez, az integrált térmodell mély részeinek pontosításához és egyes fejlődéstörténeti kérdéseknek a tisztázásához. A Celebration-2000 adatrendszer részletesebb kutatásokat tesz lehetővé:

— A Nyírség területén, ahol megismerhetővé válik a medencealjzat mélyszerkezete és a miocén vulkanitok és vulkáni centrumok térbeli elhelyezkedése,

— a DNy-Dunántúl területén, ahol vizsgálhatjuk a medencealjzat mélyszerkezetét,

— a Dunántúli-középhegység területén, ahol vizsgálható a régió mélyszerkezete, illetve illeszkedése az alpi hegységrendszerhez.

Az új eljárás során születő sebességterek statisztikai, illetve metszeteik képfeldolgozási eljárások alapján történő vizsgálata.

A Celebration-2000 terepi adatgyűjtése (mérései) olyan új eljárással történtek, amelyhez nem áll rendelkezésre még a rutinszerű feldolgozás, ezért módszertani fejlesztést kell végezni az ilyen típusú szeizmikus mérések feldolgozásának kialakítására.

Az új adatrendszerbe beépíthetők a régebbi mérések adatai is, ezért a területi felbontás javítására szükséges áttekinteni, értékelni, válogatni a korábbi kéreg- és litoszférakutató, valamint a regionális nagy mélységű refrakciós mérések eredményeit is.

A litoszféra kutatásához jelentős többletinformációt adhatnak a nem-szeizmikus geofizikai vizsgálatok mérési eredményei is, ezért meg kell vizsgálni a rendelkezésünkre álló magnetotellurikus méréseket, és eredményeiket integrálni kell a kialakuló nagyszerkezeti modellbe.

A litoszférakutatás új eljárása számos elméleti kérdést is felvet, ezekből foglalkozni kívánunk a témához kapcsolódóan a következőkkel:

— A litoszféra rheológiai vizsgálata, különös tekintettel a rideg-képlékeny átalakulási zónákra.

— Az új eljárás során születő sebességterek statisztikai eljárások alapján történő vizsgálata.

A kutatásokban együttműködünk a Mol Rt.-vel, az MTA GGKI-vel és a Celebration–2000 Konzorcium többi tagjával, vagyis:

— a lengyel, a cseh és a szlovák Tudományos Akadémia geofizikai intézeteivel,

— a szlovák, a kanadai, finn és a török Geológiai Szolgálattal és

— egyes kanadai (Saskatoon), osztrák (Wien), amerikai (Texas, El Paso; Stanford, Washington), dán (Kopenhagen), német (GFZ, Jena, Bremen), svéd (Uppsala) és finn (Oulu) egyetemi kutató központokkal.

Földrengések forrásterületeinek vizsgálata

Az 1995-ben a Paksi Atomerőmű Rt. által az erőmű tágabb környezetében üzembe állított Mikroszeizmikus Megfigyelő Hálózat segítségével a korábban nem észlelhető, kis rengések is kimutathatóvá váltak. Ez jelentősen megnövelte a magyarországi földrengésekkel kapcsolatos adatok számát és lehetővé tette integrálásukat Magyarország térmodelljébe.

A téma keretében integráljuk a Mikroszeizmikus Megfigyelő Hálózat által szolgáltatott földrengés hipocentrumok adatait a geofizikai adatok értelmezésébe és megkíséreljük, hogy összefüggést teremtsünk a geofizikai kutatások eredményeiből levezethető térszerkezetek és a földrengések kiptattanási helyei között.

Megvizsgáljuk a mikroszeizmikus hálózat kiterjesztésének, esetleg országossá tételének lehetőségeit.

Őskörnyezeti rekonstrukciók

Az őskörnyezeti vizsgálatok célja egyes földtani korokra, illetve képződményekre jellemző ősmaradvány csoportok vizsgálata, biosztratigráfiai elemzése, integrált őskörnyezeti- és paleoklíma modellek megalkotása:

— Hazai felső-kréta dinoflagelláták monografikus feldolgozása.

— A Dunántúli-középhegység eocén foraminiferáinak monografikus feldolgozása.

— A Bicskei-medence eocéntől a negyedidőszakig terjedő üledéksorának palinológiai, nannoplankton- és foraminifera-vizsgálata, az üledéksor szedimentológiai és faciológiai értékelése, valamint az egyes időszintekre őskörnyezeti térképek szerkesztése.

— A magyarországi szarmata mészkő kifejlődések lito- és mikrofácies atlasza.

— A folyamatos kifejlődésű medence, az üledék-hézagokkal tagolt medenceperem, és a felszíni kibúvásokban tanulmányozható dombsági pleisztocén kifejlődések kapcsolatának meghatározása.

Földfizikai kutatások

A földfizika körébe az MGSz-en és intézetein belül elsősorban a geofizikai obszervatóriumok tevékenységéhez kapcsolódó kutatások tartoznak.

A földfizikai kutatások globális — az egész Földet érintő — geofizikai jelenségek megfigyelésével foglalkoznak, így legfontosabb feladatuk az adatgyűjtés, az adat-szolgáltatás és az adatfeldolgozás. A nemzetközi normáknak megfelelően, hazánk területén ezt nekünk kell elvégezni, de nemzetközi együttműködésben és mind a hazai elvárásokkal, mind a nemzetközi munkamegosztás követelményeivel összhangban. Az obszervatóriumi munkánál a folyamatosság alapkövetelmény, mert az adatok utólag nem pótolhatók.

Földmágneses kutatások

Ez a tevékenység a földmágneses tér néhány tizedmásodpercestől a néhány száz évig terjedő periódusú változásainak megfigyelését jelenti. A vizsgált változások a kiváltó okok tekintetében alapvetően két csoportra oszthatók: a gyors változásokra, aminek okozója a naptevékenység, illetve a Naptól érkező töltött részecskék és a Föld magnetoszférája között létrejövő kölcsönhatás, és a lassú változásokra, melyek a Föld belsejében lejátszódó folyamatok következményei. A földmágneses tér megfigyelésének az eredményeit a gyakorlatban közvetlenül is felhasználják például a térképezés, a nyersanyagkutatás, a légi közlekedés és a hírközlés területén.

A gyors változások vizsgálata hozzásegít a magnetoszféra és az ionoszféra szerkezetének, illetve az azokban lejátszódó folyamatoknak a jobb megértéséhez, míg a lassú változások tanulmányozása információt szolgáltat a Föld belső szerkezetéről és az abban lejátszódó jelenségekről.

A gyors változások közé tartozó geomágneses pulzációk régóta ismertek, de eredetük és keletkezésük tekintetében még sok tisztázatlan kérdés van. Ennek a problémának a megoldása világméretű együttműködést igényel: szinkronizáltan kell a pulzációk megfigyelését végezni. Ezt a munkát a USGS kezdeményezte és koordinálja. Mi jelenleg két állomással veszünk részt benne, és további állomás telepítését tervezzük.

A földmágneses tér megfigyelésének eredményeit a gyakorlatban közvetlenül is felhasználják például a térképezés, nyersanyagkutatás, légi közlekedés és hírközlés területén.

A téma feladata a megfigyelőrendszerek folyamatos és megfelelő színvonalon történő működtetésén túl ezeknek a rendszereknek az egyre szigorodó követelményeknek megfelelő fejlesztése is, tekintettel arra, hogy ezek általában kereskedelmi forgalomban nem beszerezhető eszközökből állnak össze. A mérőrendszerek mellett karbantartani és fejleszteni kell a vonatkozó adatbázisokat is, hogy a nemzetközi adatszolgáltatási kötelezettségeknek kielégítő szinten eleget lehessen tenni.

A munka a világméretű Intermagnet-együttműködés keretében folyik közvetlen együttműködésben többek között a US Geológiai Szolgálattal, a Dán Meteorológiai Intézettel, a Szlovák Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetével és az Olasz Nemzeti Geofizikai Intézettel.

A földmágneses térre és az ionoszférára, illetve a magnetoszférára vonatkozó adatok felhasználásával olyan elméleti modelleket lehet készíteni, amelyek segítségével megmagyarázhatóak a mérések során tapasztalt változások. A jó modellek közelebb visznek a folyamatok megértéséhez, és hosszú távon lehetővé teszik többek között a mágneses tér változásainak (viharainak) előrejelzését is. Az ELGI, tekintettel arra, hogy hosszabb időszakra (több évtizedre) vonatkozó saját mérési adatsorral rendelkezik, valamint az Intermagnet-együttműködés révén rendelkezésére állnak a világ nagyszámú obszervatóriumának adatai, részt kíván venni ebben a munkában a Szlovák Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetével és az olasz Università della Calabriaval együttműködésben.

Paleomágneses kutatások

A paleomágneses kutatások fő feladatának a Kárpát-medence és tágabb környezete mozgástörténetének paleomágneses módszerrel történő tanulmányozását tekintjük. A középtávú kutatási koncepciónk ezen belül a következő témák vizsgálata:

— Az Észak-pannóniai nagytektonikai egység kapcsolata a belső-kárpáti egységekkel és a Kárpáti-előmélységgel a harmadidőszakban.

— A Kárpát-medence badeni emelet után történt nagytektonikai mozgásai.

— Magyarország nagytektonikai egységeinek kapcsolata a ma tőlük Ny-ra és D-re található tektonikai egységekkel az Alpokban és a Dinaridákban található harmadidőszaki képződményekkel.

— A vasszulfid-tartalmú üledékes kőzetek mágneses tulajdonságai alapján kutatható környezeti hatások.

A kutatásokat széleskörű hazai és nemzetközi együttműködésben végezzük, együttműködő partnereink a Magyar, a Horvát, a Lengyel, a Szlovák és a Szlovén Tudományos Akadémia, az Eötvös Loránd Tudományegyetem, a Bukaresti, a Leobeni, a Lisszaboni, a Tübingeni és a Zágrábi Egyetem, a Magyar Természetudományi Múzeum, a Horvát, a Román és a Szlovák Földtani Intézet, a Szlovén Geofizikai és Geotechnikai Intézet, valamint a Mol Rt.

A feladatok megoldásához két jelenleg futó OTKA-pályázat kapcsolódik (T 029805, T 030541), és további OTKA-pályázatot kívánunk indítani.

Gravitációs kutatások

Az Országos Gravimetriai Alaphálózat fenntartását és fejlesztését a földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 1996/LXXXVI. sz. törvény írja elő, a törvényi kötelezettségeknek a következő tevékenység révén kívánunk eleget tenni:

— Az Országos Gravimetriai Alaphálózat fenntartása és korszerűsítése részben nemzetközi együttműködésben (együttműködő partnerek: az USA Térképészeti Hivatala: NIMA, az osztrák Metrológiai és Földmérési Szövetségi Hivatal: BEV és a német Geodéziai Intézet: IfAG).

— A nehézségi erőter nem árapály jellegű időbeni változásának tanulmányozása egyrészt az Egységes Európai Gravimetriai Hálózathoz (UEGN) csatlakoztatott országos hálózat abszolút állomásain végzett ciklikus ismétlődő mérésekkel, másrészt nemzetközi mérési vonalakon, nemzetközi együttműködésben cseh, szlovák, horvát és osztrák intézményekkel, illetve egyetemi tanszékekkel.

— A Föld aktuális alakjának egyre pontosabb meghatározása (a geoid hazai felület darabjának pontosítása elsősorban mérnöki munkákhoz). Ennek a célkitűzésnek a megvalósításához a földi mérési pontok számának növelése, az országos felmérés „fehér foltjainak” eltüntetése szükséges. Partnereink a Budapesti Műszaki Egyetem és a Földmérési és Távérzékelési Intézet (Fömi), valamint a pozsonyi Geofizikai Intézet.

— Komplex kutatási módszer kidolgozása a gravimetria bevonásával lokális felszínmozgások és regionális kéregmozgások kimutatására. Ezt a kutatást részben OTKA és Akadémiai pályázati támogatással, részben együttműködő partnereinkkel (Fömi, BME, Debreceni Vízmű Rt.) folytatjuk.

Az ELGI nemzetközi laboratóriumnak minősített Mátyás-hegyi obszervatóriumában működik a tágabb régió egyetlen gravitációs hitelesítő mikrobázisa és a gravi-

méterek hitelesítésére kifejlesztett abszolút hitelesítő berendezés. Ezek segítségével eredményesen tanulmányozhatóak a graviméterek metrológiai kérdései. A témában együttműködő partnereink az árapálykutatással foglalkozó európai obszervatóriumok (Ausztria, Szlovákia, Csehország, Németország, valamint a NIMA).

Geofizikai módszerfejlesztés

Módszerfejlesztésen, amely a geofizikai kutatásokban a fejlődés, az előrelépés nélkülözhetetlen eszköze, általában az elméleti kutatásokkal megalapozott új kutató eljárásoknak a gyakorlatban történő kipróbálását, illetve a gyakorlatba történő bevezetését értjük. Vagyis a módszerfejlesztésnek alapvető elemei egyrészt az elméleti kutatás, másrészt a gyakorlati munka és végül a legfontosabb, a kettő összekapcsolása.

Az állami feladatok jellegéből és eddigi finanszírozási rendjéből következően az előttünk álló időszakra a geofizikai módszerfejlesztés középtávú koncepciójaként az fogalmazható meg, hogy súlyponti feladatának elsősorban az adatfeldolgozási eljárások és a térinformatikai rendszerek fejlesztését kell tekinteni. Ezek elősegítik és pontosabbá teszik a geofizikai adatok földtani, tektonikai és litológiai értelmezését, illetve a közetfizikai paraméterek meghatározását.

Szeizmikus módszertani kutatások

A *szeizmikus módszertani kutatások* súlypontját olyan — nemzetközi irányvonalaknak megfelelő — eljárások fejlesztésére, vizsgálatára és alkalmazásba vitelére helyezük, amelyek segítségével a mért szeizmikus adatok alapján meg lehet határozni a rétegsor közetfizikai paramétereit. Vizsgálataink során lehetőség szerint arra törekszünk, hogy a szeizmikus és mélyfúrás-geofizikai adatokat integráltan kezeljük, mivel az utóbbiak közvetlenül a közettestből szolgáltatnak információt. A kutatási témakörök összeállításánál elsődleges szempontunk az volt, hogy az eredmények hasznosíthatók legyenek a hazai alkalmazott földtani kutatások során. Ezek a témakörök a következők:

— A 2D és 3D refrakciós tomografikus inverziós eljárások vizsgálata a szeizmikus hullámok alapján nyerhető rugalmasparaméter-tér meghatározása céljából. Célunk olyan módszerek, módszeregyüttesek hazai gyakorlatba történő bevezetése, amely segítségével mód nyílik a litoszféra mélyszerkezetének pontosítására.

— Az észlelési távolságtól függő amplitúdók vizsgálata az S-hullám sebességtérének meghatározásához. Célunk a víz kutatás, a mélylitoszféra kutatás, a földrengés-veszélyeztetettség vizsgálata és a nagy kockázattal járó ásványi nyersanyag-kutatás eszköztárának bővítése.

— Földtani jelenségek (pl. vetőzóna, réteghatár stb.) leképeződésének tanulmányozása a jelenséget egyidejűleg vizsgáló különböző geofizikai módszerek eredményeiben

a geofizikai mérések komplex kiértékelésének javítása érdekében.

A mélyfúrás-geofizikai módszertani kutatások

A *mélyfúrás-geofizikai elméleti és módszertani kutatások* terén a következő feladatokra kívánjuk helyezni a hangsúlyt:

— Labormérésekből és mélyfúrás-geofizikai adatokból meghatározott közetfizikai paraméterek összehasonlító vizsgálata a közetfizikai modellek pontosításának céljából, illetve a szeizmikus inverziókhoz szükséges jobb induló modellek megalkotásához.

— A mélyfúrás-geofizikai feldolgozási eljárások fejlesztése.

— A medenceüledékek tömörödési trendjének vizsgálata mélyfúrás geofizikai mérések alapján a közetmechanikai paraméterek trendjeinek becslésére és a súlylédéstörténet tanulmányozására.

Geoelektromos és elektromágneses módszerfejlesztés

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet évtizedekre visszanyúló tapasztalatokkal rendelkezik a geoelektromos és elektromágneses módszerek elméleti alapjának kutatásának és az eredmények alkalmazását lehetővé tevő programfejlesztések tekintetében. Az elmúlt évek társadalmi igénye, érdeklődése a felszínközeli területek földtani megismerése iránt szükségessé teszi az egyenáramú módszerek feldolgozási eljárásainak fejlesztését. A program keretében 2D inverziós eljárásokat vezetünk be különböző elektróda elrendezésű mérések adatainak feldolgozásra céljából. Az elektromágneses mérések területén, szelvénymenti szondázások adatainak együttes feldolgozását lehetővé tevő ún. 1.5 D inverziós eljárás kidolgozását tervezzük. További fejlesztéseket tervezünk még az egyenáramú direkt feladat megoldása tekintetében. Elméleti, programozási munkákat tervezünk különböző mérések adatainak együttes inverziója céljából. A hatékony adatszolgáltatás érdekében a feldolgozó programok és az országos adatbázisok összekapcsolása már megtörtént az egyenáramú-, és a tranziens-szondázásokra. Ezt az összekapcsolást további módszerekre tervezzük kiterjeszteni.

Erőtérgeofizikai, képfeldolgozási kutatások

A gravitációs és mágneses adatok mindenfajta célú földtani kutatás esetében alap-, illetve kiindulási mérési adatrendszerként szerepelnek. Ennek egyik oka az, hogy az adatrendszerek — kisebb-nagyobb sűrűséggel — országos fedettséget biztosítanak, másrészt digitálisan tartalmazzák az országban végzett összes mérés adatait, így az adatok bármely területről gyorsan elérhetők.

Az eddigi földtani gyakorlatban az adatfeldolgozás a Bouguer-anomália térkép és a maradék-anomália térkép, valamint a mágneses anomáliatérkép előállítására korlá-

tozódott. A nemzetközi irodalomban, és kisebb részben a gyakorlatban is új tendenciák fogalmazódtak meg. Ezek elsősorban a tér és frekvenciartományú szűrésekre, hatómeghatározásokra, 2 és 3D direkt és inverz feladatok megoldására, valamint statisztikai eljárások alkalmazására irányulnak. Az erőtér-geofizikai és a távérzékelési módszerek adatainak feldolgozása számos ponton található. A hazai gyakorlatban elterjedt feldolgozási eljárások megújítását és fejlesztését programunk lényeges elemének tekintjük.

Informatikai fejlesztés

A korszerű földtani, és ezen belül a geofizikai kutatás igényli az elérhető adatok, információk együttes elemzését. Az integrált értelmezést megfelelő hardver- és szoftverháttér képes biztosítani. Az elmúlt évek munkái, a megvalósult fejlesztések és a megszerzett tapasztalatok megfelelő alapot teremtenek korszerű, integrált geofizikai adatrendszerek felállítására. A programon belül régió, szubrégió szintű minta adatrendszer felállítását tervezzük.

A mérnökgeofizikai módszertani kutatások

A mérnökgeofizikai módszertani fejlesztés terén a következő feladatokat tűzzük magunk elé:

— Vizsgáljuk a vasúti pályatestek és alapozásaik állékonyság- és inhomogenitás-vizsgálatának geofizikai lehetőségeit.

— Vizsgáljuk az autópályák és burkolt utak, valamint az árvízvédelmi gátak állékonyság- és inhomogenitás-vizsgálatának geofizikai lehetőségeit.

— Fejlesztjük a Rayleigh-hullámokon alapuló inverziós eljárásokat (SASW módszer-fejlesztés).

— Vizsgáljuk a geoelektromos tomográfia alkalmazásában vitelének lehetőségeit.

TÉRKÉPEZÉS

A Magyar Állami Földtani Intézet és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet megalapítása óta folyamatosan végzi az ország földtani felépítésének rendszeres kutatását, amelynek egyik, alapvető eszköze a rendszeres földtani és geofizikai térképezés. Ez az egyetlen olyan földtani kutatási tevékenység, amelyet a földtudományokkal foglalkozó más hazai kutatóhelyeken nem művelnek sehol. A földtani és geofizikai térképezés további lényeges sajátossága — a többi kutatási tevékenységgel ellentétben, hogy *teljes, országos lefedettséget* céloz meg.

A térképezést a két kutatóintézetnek *folyamatosan* kell végeznie, mivel az ország különböző részeit ábrázoló tematikus térképek idővel elavulnak. Ennek egyik oka a geológia és a geofizika különböző tudományágainak és a társtudományoknak a fejlődésében keresendő, de legalább ennyire jelentős tényező a felhasználói igények változása, újabb és újabb szempontoknak és kihívásoknak az előtérbe

kerülése. A térképezés és a térképek felhasználási területei között szoros kölcsönhatás van. A rendszeres felvétel a legfőbb alapadat-szolgáltatója szinte minden más kutatási tevékenységnek (az alapkutatás jellegű tudományágaktól az alkalmazott kutatásokig), ugyanakkor azok eredményei folyamatosan hatnak vissza a térképek tartalmára, felbontására stb.

Földtani térképezés

A Földtani Intézet legfontosabb állami feladatai a földtani térképezés terén:

— A rendszeres földtani térképezés az ország különböző területein.

— A keletkező alapadatok és alaptérképek szolgáltatása más kutatóegységek számára.

— Az országos fűrési- és térképi adatbázis építése.

— Áttekintő méretarányú földtani térképek szerkesztése és közreadása.

A földtani térképezés több, egymástól jól elhatárolható, ugyanakkor egymásra épülő, komplex munkafázis folyamata: 1. felvétel, 2. szerkesztés (reambuláció), 3. kiadás. Az eddig elvégzett és a még hátralévő feladatok tekintetében a jelenlegi projektek „készültségi foka” egymástól eltérő, így a következő tervezési időszakra áthúzódó munka befejezéséhez szükséges futamidő, és ezáltal a tervezhető új kutatási feladatok volumene projektenként változó.

A földtani térképeket különböző méretarányban kell szerkeszteni és archiválni, részben az ábrázolandó terület feltártságának, részben a felhasználás céljainak megfelelően. Hegyvidéki területeken a felvételi lapok méretaránya 1:10 000-es, a szerkesztett fedett földtani térképeké 1:25 000-es, a kiadásra előkészített tájegységi térképeké 1:50 000-es (bonyolultabb felépítésű területek esetében a kiadás lehet nagyobb felbontású is). Síkvidéki területek esetében a felvétel 1:25 000-es, a szerkesztés 1:50 000-es, míg a kiadás 1:100 000-es méretarányú lapokon történik. Fontos azonban a későbbi potenciális felhasználási igények szempontjából a részletes, alapadatokat közvetlenül hordozó változatok archiválása is, elsősorban az alkalmazott földtani kutatások (hidrogeológia, építésföldtan, környezet- és természetvédelem stb.) igényeinek kielégítése céljából.

A különböző tematikájú, „levezetett” térképváltozatok szerkesztésénél a Térképezési Főosztály szoros együttműködést alakít ki az intézet különböző (tektonikával, medenceanalízissel, víz- és környezetföldtannal foglalkozó) kutatócsoportjaival, valamint az ELGI térképező egységeivel.

A térképi- és fűrési adatbázis felépülése lehetővé teszi egy új, áttekintő méretarányú felszíni földtani térkép előállítását az ország területéről (M=1:500 000), amely alapul szolgál további levezetett térképek szerkesztésénél (tektonika, neotektonika stb.). A földtan közoktatásban történő hangsúlyosabb megjelenését szolgálja egy középiskolák

számára tervezett földtani falitérkép elkészítése és közreadása.

Hegyvidék

A hegyvidéki területek térképezési tevékenysége az elkövetkezendő három év során a Dunántúli-középhegység ÉK-i részére és a Bükk környékére összpontosul, amelynek legfőbb oka az ezen területekről rendelkezésre álló térképek elavultsága.

A Vértes–Gerecse térképezési projektje 1997-ben indult el, és jelenleg a felvételi munkák lezárása előtt áll. A következő három év során a 1:25 000-es térképlapok szerkesztésére, egységesítésére, az alapadat-gyűjtemények véglegesítésére kerül sor. A tájegységi térkép 1:50 000-es méretarányban, fedett és fedetlen változatban, a megfelelő magyarázóval együtt (kéziratos formában) 2003 végére készülhet el, tehát ez a projekt a következő tervidőszak végére zárható le eredményesen.

A Bükk esetében az 1:50 000-es tájegységi térkép magyarázójának az elkészítése áthúzódik a következő tervidőszakra, míg a hegység északi előterének a térképezése új feladatként jelenik meg. Utóbbi eredményes végrehajtása a tervidőszak végéig reális esélyt ad a Bükk és az Aggteleki-hegység közötti terület földtani ismeretességi fokának megfelelő szintre történő emelésére. Megszerkesztésre kerül a Bükk hegység hidrogeológiai térképe 1:50 000-es méretarányban, a Vízföldtani Főosztállyal együttműködésben.

Síkvidék

A sík- és dombvidékek térképezési tevékenységét az elkövetkezendő három év során a Dunántúl területére kell koncentrálni, hiszen jelenleg is itt folynak olyan kutatások, amelyek sikeres lezárása a következő tervidőszak során valósulhat meg.

A Kisalföld térképezési területén a felvétel lezárult, az 1:100 000-es földtani atlaszok és azok magyarázóinak kiadása azonban nem történt meg maradéktalanul. A Sopron jelű térképlap kiadásra történő előkészítése évekkal ezelőtt zárult le. Ennek az atlasznak a megjelentetése hiánypótló lenne, hiszen ez az egyetlen térképlap, amely az 1:200 000-es térképsorozatból is kimaradt. A DANREG területétől délre lévő két darab 1:100 000-es térképlap kiadásra történő előkészítése is megkezdődhet, a tervidőszak végéig a Szombathely jelű atlasz megjelentetése reális.

A Központi Régió közvetlen szomszédságában lévő, eddig még nem térképezett, de a távlati fejlesztések szempontjából — a Budapesti agglomeráció, a Velencei-tó, valamint Százhalombatta és Dunaújváros közelsége miatt — kiemelt fontosságú területen a földtani környezeti alaplapot-felvételt végezzük el. A Mezőföld földtani térképezése tehát a tervezett környezetföldtani felvételt alapozza meg. A terepmunka tervezése és kivitelezése, a felvételezés ütemezése, a fúrési tevékenység összehangolása a Térképezési és a Környezetföldtani Főosztály közötti szoros

együttműködésen alapul. Racionális munkamegosztással a teljes dunántúli terület felvétele és környezetföldtani térképezése is befejezhető a tervidőszak végéig.

A következő három év során történik meg — a jelenleg futó projekt eredményes lezárásaként — a Mecsek 1:50 000-es, valamint a Villányi-hegység 1:25 000-es tájegységi földtani térképének, valamint a hozzájuk tartozó magyarázó kötet(ek)nek kiadásra történő előkészítése.

Földtani adatbázisok

A Földtani Intézet szinte minden kutató egységére igaz az, hogy ott adatok (alapadatok) keletkeznek, amelyeket valamilyen rendszerbe szervezve kell nyilvántartani. Ezek az adatrendszerek több hierarchikus egységből felépülő struktúrát alkotnak, legmagasabb szintjük a különböző tematikájú országos adatbázisok. A földtani térképezés tevékenységéhez két ilyen adatrendszer kialakítása és kezelése kapcsolódik, a térképi és a fúrési adatbázis. Mindkét adatbázis építése jelenleg is folyamatban van, ez a munkafázis az elkövetkezendő tervidőszak során fejeződik be. Az adatbázis felépülése után kétirányú feladatot kell folyamatosan végezni: a kezelést (adatszolgáltatást külső és belső felhasználók számára) és a karbantartást (új adatok beépítését, illetve korábbi adatok ártértékelését). Ez a tevékenység szoros együttműködést igényel az Informatikai Főosztállyal.

A szűkebb értelemben vett földtani térképezés mellett a Földtani Intézetnek kiemelt középtávú feladata:

— Az ország területét lefedő 1:100 000-es méretarányú földtani térképsorozat digitális változatának befejezése, kartografálása, kiadásra történő előkészítése.

— Az Egységes Országos Földtani Térképrendszer (EOFT) jelkulcsának folyamatos karbantartása, az újonnan érkezett (illetve a folyamatosan érkező) változtatási javaslatok alapján, a Magyar Rétegtani Bizottság (MRB) megfelelő albizottságaival együttműködve.

— Az országos fúrési adatbázis folyamatos ártértékelése az aktuális litosztratigráfiai beosztásnak megfelelően.

Térképi adatbázis

Az ország teljes területét lefedő 1:100 000-es méretarányú digitális földtani térképsorozat „nyers” formában készül el 2000 végéig. A térképek egyeztetése (vonalmű, jelkulcs, színkulcs stb.), kartografálása, és valamilyen (nyomtatott vagy digitális) adathordozón történő rögzítése és közreadása a következő tervidőszak futamideje alatt valósul meg.

Fúrési adatbázis

A földtani térképezés nemcsak a felszínt, hanem a kéreg különböző mélységű szintjeinek geológiai felépítését is kutatja. Ehhez kapcsolódó feladat az egységes, a modern litosztratigráfiai osztályozás elveinek és gyakorlatának megfelelő felbontású fúrési adatbázisrendszer kialakítása. A fúrások dokumentációjának

átértékelése a hegyvidéki területek egy jelentős részén készült el eddig, a jövőben pedig a térképezés alá vont területeken folyamatosan történik meg. Ez a tevékenység szoros munkakapcsolatot kíván a Magyar Rétegtani Bizottság különböző albizottságaival, a medence-területeken pedig a Medenceanalízis projekt munkatár-saival.

Geofizikai térképezés

Geofizikai paramétertérképek

A program legfontosabb feladataként országos fedettségű, azaz teljesnek mondható, különböző paraméterekre megszerkesztendő térképekből álló térkép-sorozat készül el. A program keretében befejeződik az 1:100 000-es méretarányú gravitációs és légi mágneses térképsorozat, és folytatódik a légi radiometriai térképek szerkesztése. A térképsorozat kiadása széleskörű szakmai, oktatási igényeket elégít ki. A folyamatos reprodukál-hatóság, aktualizálhatóság, ellenőrizhetőség biztosítására korrekt, jó dokumentált háttér-adatbázist kell létrehozni. Országos fedettséget kell elérni a tellurikus adatbázis építésével, meg kell valósítani az ehhez szükséges, hézag-pótló méréseket. Az adatbázis felhasználásával 1:500 000-es méretarányú, az egész országot lefedő térképet kell megszerkeszteni. A programon belül az egyes munkák, projektek ütemezése a már megfogalmazott vagy ezután megfogalmazásra kerülő szakmai és társadalmi igényekhez igazodik, különös figyelemmel a Földtani Inté-zetben folyó földtani térképezésre.

Állandó tevékenység az Országos Mérésügyi Hivatal 1998-ban országos etalonná nyilvánított gravimetriai alaphálózatot fenntartása és fejlesztése, valamint összekapcsolása a szomszédos országok alaphálózatával.

Adatbázisépítés, adatszolgáltatás

A program folyamatos feladata, az alapadatbázisok építése, karbantartása, dokumentálása és aktualizálása. A program, illetve a program eredményeire igényt tartó más programok és projektek eredményessége nagyban függ az adatbázisok teljességétől, minőségétől. Ezért a programon belül ez a témakör kapja a legnagyobb hangsúlyt és ráfordítást.

Meglévő adatbázisaink bővítésére adatcserét tervezünk a szomszédos országokkal. Erre a lépésre meglévő ada-taink eredményesebb feldolgozása, értelmezése miatt van szükség. Együttal közelebb léphetünk egy egységes euró-pai geofizikai információs rendszer felé.

A geofizikai térképezési program egyik alapfeladata, hogy a legfontosabb geofizikai adatokról, azok területi eloszlásáról és tartalmáról gyors információt tudjon szol-gáltatni. Ezeket az információkat minden olyan program, vagy projekt már a tervezési szakaszban igényli, amely-ben földtani adatokra van szükség. A geofizikai adatok

között jelentős eltérések vannak a felbontás, a vonatkoz-tatási mélység, valamint a mért paraméterek fajtája és minősége tekintetében. Az adatok területi eloszlása egyenetlen. Felhasználó oldalról az igények a felhasz-nálás függvényében jelentősen különböznek egymástól. A létrehozandó felmértségi térképnek rugalmasan alkal-mazkodnia kell ezekhez az adottságokhoz és igé-nyekhez.

A program által megválaszolendő feladat tehát valójában egy információs rendszer — metaadatbázis — létrehozása.

A program épít az intézményrendszer eddigi tapaszta-lataira és technikai hátterére és a 2000-ben lezáruló — adatbázis, alaptérkép és térinformatikai — projektek eredményeire. Az elért eredmények biztonságos alapot adnak a program gyors előrehaladására. Ezeket a projek-teket tehát 2001-től is folytatni szükséges. A felmértségi információs rendszer megvalósítása viszonylag alacsony anyagi ráfordítást, ugyanakkor jelentős koordinációs munkát igényel.

Országos geofizikai lineamens térkép szerkesztése

Az országos mélyszerkezeti és neotektonikai modell kialakításához lineamens térképeket szerkesztünk 1:500 000-es méretarányban, geofizikai és távérzékelési adatok felhasználásával. Lineamens térképek lokális feladatok ellátására, vagy távérzékelési adatok analóg elemzésével már korábban is készültek. Az informatikai eszközrendszer nagyarányú fejlődése napjainkra tette lehetővé országos adatrendszerek együttes feldolgozását, és új, esetenként számításgépes algoritmusok fut-tatását.

Hiánypótló geofizikai mérések, regionális projektek

Az országos fedettségű adatrendszerek, adatbázisok, térképsorozatok létrehozását egyes esetekben adathiány nehezíti. Az esetek egy részében ezek a hiányok külső for-rásból származó adatokkal pótolhatók, amelyre a bánya-törvény által megfogalmazott, az MGSz felé történő általános földtani adatszolgáltatási kötelezettség nyújt lehetőséget. Az esetek más részében kiegészítő, kalibráló terepi mérések végezése szükséges, pl. a gravitációs, tel-lurikus, mágneses és a légi radiometriai adatrendszerek esetében.

A társadalmi igények változása, bővülése elavulttá teszi a meglévő földtani-geofizikai adatainkat, infor-mációinkat. Új, regionális méréseket igényel az állami kötelezettségek teljesítése, a kötelezettségeken belüli hangsúlyeltolódás, mint például a környezeti állapot felméréshez, megőrzéséhez szükséges földtani infor-mációk szolgáltatása. Az alapvetési eredmények, a technikai és informatikai fejlődés számos új lehetőséget nyújt az igényeknek jobban megfelelő,

részletesebb adatok gyűjtésére, feldolgozására. A térképezési program feladatának tekintjük ezen feladatok és lehetőségek összehangolását, regionális adatgyűjtési projektek megfogalmazását, kidolgozását.

ÁSVÁNYINYERSANYAG-KUTATÁS

A program célja a regionális kutatások keretében egy-egy tervezési-statisztikai régió földtani potenciáljának bemutatása a rendelkezésre álló nyersanyagforrások számbavételével, osztályozásával és a környezet állapotára való hatásának vizsgálatával. A program bizonyos részei kapcsolódnak a Gazdasági Minisztérium által kiadott Széchenyi tervhez az Autópálya-fejlesztési programhoz, Lakásprogramhoz, továbbá a Településfejlesztési programokhoz stb.

Az ásványinyersanyag-kutatás a rendelkezésre álló (korlátozott) erőforrások gazdaságos kihasználása miatt a közszolgálati tevékenység keretében működtetett adatárakra, könyvtárakra, laboratóriumokra, informatikai rendszerekre, a térképezési programban megszületett és megszülető alaptérképekre, az alapkutatás és az alkalmazott kutatás legújabb eredményeire, valamint a közszolgálati tevékenységekből származó információk integrált értelmezésére fog alapozni.

Az ásványinyersanyag-kutatási programot a prognosztikus ásványinyersanyag-kutatás terepi földtani és geofizikai munkái és mérései, a szükséges kutatófúrások mélyítése tehetné teljessé, azonban ezek megvalósítása csak további anyagi források bekapcsolásával (pl. bányajáradék) történhet. A prognosztikus kutatások révén új nyersanyaglelőhelyek, új nyersanyag típusok válhatnak ismertté.

Ásványvagyon felmérés és gazdálkodás

Az ásványvagyongazdálkodás országos szintű feladatainak megvalósítását az 1980-as években elkészült nyersanyag-prognózis térképek felhasználásával és folyamatos reambulálásával segítjük. E térképeket alkalmassá tesszük a természetvédelem (nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek), a környezetvédelem, vízbázis védelem és területrendezés ásványvagyongazdálkodásra kiható adataival történő együttes kezelésére.

A regionális kiértékeléseket a Területi Földtani Szolgálatok által 1992 végéig elkészített megyei „terület-prognózis-területpotenciál” térképek felhasználásával végezzük és megfelelő finanszírozás esetén közreműködünk az ásványvagyongazdálkodásra kiható regionális érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatok módszertanának kidolgozásában és a vizsgálatok elvégzésében.

Adatbázis-építés

Az ásványinyersanyag-kutatási program adatgyűjtési feladataiban alapvetően a térképezési program földtani és geofizikai térképeire valamint a megyetérképekre alapoz, melyeknek deklarált célja, hogy minden felhasználó számára azonosan értelmezhető, a szerkesztéshez felhasznált összes földtani adatot tartalmazó térkép készüljön el a hozzá tartozó adatbázisokkal együtt. Ez lehetővé teszi egyrészt az információrendszer folyamatos karbantartását, másrészt azt, hogy a felhasználók szükség esetén bármilyen, a rendszerbe beépített alapadatot megismerhessenek.

Be kell fejezni és aktuális állapotban tartani a földtani és geofizikai adatbázisokat, a többi program igényeihez is alkalmazkodva.

Előírásrendszert kell kidolgozni az ásványi nyersanyagokra vonatkozó információk valamennyi terepi felvételezés során történő rendszeres rögzítésére.

A jövőbeni új nyersanyagforrások megalapozása érdekében folytatni kell — a térképezési programra alapozva — a felszín alatti földtani képződmények térképeinek szerkesztését, ki kell alakítani az ábrázolás alapelveit, hozzá kell kapcsolni egy egységes, *revidált adattartalmú fűrési adatbázis* rendszert, az ezekre vonatkozó geofizikai (szeizmikus, geoelektromos, mélyfúrás geofizikai) adatrendszereket. E térképek, kiegészítve a hidrogeológiai, tektonikai eredményekkel, alkalmasak lehetnek a nyersanyag előfordulások modellezésére is.

Az *Egységes Országos Földtani Térképrendszer* elkészült földtani és geofizikai változatait ki kell egészíteni a jelenleg más adatrendszerekben részben meglévő következő adatokkal: bányatelek; működő-, szünetelő-, épülő-, leállított-, felhagyott-, illegális bányák; megkutatott (szabad területek) ásványinyersanyag-vagyon területei; Országos Ásványvagyongazdálkodási Nyilvántartás adatai; kutatás alatt álló területek (kutatási engedélyek területei); nemzeti parkok, természetvédelmi területek. Ezen adatoknak az EOFT adatbázisán belül *ásványinyersanyag-ásványvagyongazdálkodási szintet* kell alkotniuk megteremtve a továbbfejlesztés lehetőségét és összegyűjtésükre a régió kutatások keretében kerül sor.

Régióértékelések, potenciálfelmérések

A MÁFI hagyományoknak megfelelően, de régiószerint kell folytatni az 1980-as évek végén megszakadt ásványinyersanyag-prognózisok készítését.

A prognózisoknak a régiók földtani–geofizikai megkutatottságától függően a földtani, környezeti potenciál vizsgálatokhoz kell illeszkedni.

A szénhidrogének és az építőipari nyersanyagok (kavics, homok) vonatkozásában korábban nagy volumenű terepi mérések és kamerális munkák alapján készültek a

prognózisok. A következő időszakban várható költségvetési források mellett e prognózisokat csak kiegészíteni lehet az évek során egyébként egyre kisebb területen végzett földtani és geofizikai térképezés eredményei szerint.

Ugyanakkor az építőipari nyersanyagokra készült prognózisok aktualizálása, továbbá az országban jelenleg működő viszonylag sok homok, kavics, agyag legális és illegális bánya tevékenységének, területi eloszlásának felmérése fontos az egyes régiókban folyó, illetve tervezett beruházási-építési tevékenység (l. a Széchenyi-tervben az Autópálya-Fejlesztési Program, a Lakásprogram) valamint újabb kutatási, bányanyitási engedélyek kiadása szempontjából.

A hazai geotermikus energia potenciál értékelése

A Gazdasági Minisztérium által készített Széchenyi terv „Gyógy- és termálturizmus fejlesztési alprogram”-ja éppúgy megköveteli a hazai termális rendszerek minden eddiginél alaposabb és rendszeres ismeretét, mint az újra és újra felvetődő alternatív energiatermelés kérdésköre. Ugyancsak fontos kérdés a magas hőmérsékletű vizeinkben oldott állapotban lévő esetleges nyersanyagok vizsgálata, mint például a jód, vagy a lítium.

A vízföldtani kutatások programja az alap kutatások programja keretében folytatódó medencevizsgálatokkal közösen a meglévő adatbázisokra támaszkodva értékelést fog végezni a nyersanyagkutatás szempontjait is figyelembe véve. A kutatás során összesítésre kerülnek a hazai geotermális energiahasznosítás földtani, vízföldtani, geofizikai feltételei, a hazai termálvizek más célú hasznosításának figyelembevételével.

Szolgáltatás, kapcsolattartás és közönségszolgálat

Az ásványi nyersanyagokkal kapcsolatos alapadatok szolgáltatása közszolgálati feladat. Az intézetek célja, hogy a folyamatosan létrehozandó adatbázisaikra támaszkodva regionális *értelmezési, feldolgozási feladatokat* vállaljanak, a szerzői és felhasználói jogok garanciális biztosítása mellett megteremtsék az *adatok szolgáltatásának rendjét*. A garanciális feltételek biztosításától függetlenül meg kell kezdeni az ásványi nyersanyagokkal kapcsolatos *információk metaadat-rendszerének* létrehozását.

A kapcsolattartás egyik legfontosabb eszköze a *régió-geológusi hálózat kialakítása*, melynek létrehozása érdekében minden lehetséges eszközt fel kell használni. E hálózat lehet a területi információszolgáltatás eszköze, ugyanakkor visszaállíthatja a bányászattal az 1990-es évek elején megszakadt közvetlen kapcsolatot.

Prognosztikus távlati nyersanyagkutatások

A régiószintű kiértékelések során külön figyelmet kell fordítani az eddig csak részben vizsgált potenciális nyersanyagtípusok és földtani–geofizikai adatok alapján valószínűsíthető energiahordozó előfordulások távlati kutatására. Ez a költségvetésen felüli, hazai (pl. bányajáradék, régiók fejlesztésére szolgáló források) és/vagy nemzetközi pénzforrások képződése és bevonása esetén valószínűsíthető meg.

A legfontosabb ilyen témák a következők lehetnek:

- Kismélységű gáztelepek vizsgálata a Nagyalföldön.
- Kutatások a környezetvédelmi szempontból fontos kovaföld és zeolit vagyon ismeretességének növelésére.
- Termálvíz potenciál felmérése a szénhidrogén-termelés miatt még fel nem tárt területeken.
- Feltételezett antracit előfordulások felderítése a Mecsektől délre (Magyarmecske).

ALKALMAZOTT FÖLDTANI KUTATÁS

Az alkalmazott földtani kutatásokban prioritást élveznek az emberi tevékenység hatására átalakuló környezet állapotának felmérése és a változások megfigyelésével, a környezet monitoringgal kapcsolatos feladatok. Ennek megfelelően e kutatások kiterjednek minden olyan típusú geológiai és geofizikai munkára, melyek a litoszféra legfelső rétegét, illetve az abban mozgó talajvizet, mint rendszert kutatják, vizsgálják azokat a hatásokat, amelyek a változatos emberi tevékenység (vonalas és területi építkezések, mezőgazdasági tevékenység, különféle hulladékok elhelyezése, közlekedés, vízgazdálkodás, bányászati és ipari tevékenységek stb.) következtében e rendszer természetes állapotát befolyásolják. Továbbá vizsgálják azokat az e rendszerben lejátszódó geológiai folyamatokat, melyek a természetes és mesterséges emberi környezetre hatnak, keresik, megismerik és kutatják a földtani természeti értékeket, illetve a különböző minősítésű természetvédelmi területeink földtanát, védendő földtani értékeit.

Míndezezből egyértelműen következik, hogy az alkalmazott, stratégiai és preventív földtani kutatás szerves egységet alkot, csak céljaiban különbözik, módszereiben és vizsgálati tárgyában nem.

Az is egyértelmű, hogy az alkalmazott földtani kutatás nagymértékben támaszkodik az alap kutatásra és a térképezésre, az ásvány nyersanyag kutatás pedig valójában szerves része. Az alkalmazott kutatás során merül fel azoknak a megoldandó elméleti módszertani kérdéseknek egy jelentős része, amelyek meghatározzák az alap kutatás irányait. Ugyanakkor az alap kutatás módszertani fejlesztési eredményeit az alkalmazott kutatás minden részterülete átveszi. Az alap kutatás és az alkalmazott kutatás ilyen módon kölcsönösen egységet alkot, és Intézeteinknek az az előnye, hogy szerkezetük ezt az egységet figyelembe véve alakult ki.

Ha számba vesszük intézeteink munkakörülményeit, illetve a számukra biztosított feltételeket, akkor a tenivalókat a következőképpen fogalmazhatjuk meg:

— Fenn kell tartani az alkalmazott földtani kutatások korszerű megvalósításához szükséges szakmai színvonalat, biztosítani kell ennek személyi és tárgyi feltételeit.

— Biztosítani kell a rendszeres és folyamatos adatszolgáltatást.

— Szorosabbá kell tenni az együttműködést az alkalmazott földtani kutatások területén működő egyéb intézményekkel.

— Figyelemmel kell kísérni az Európai Unióhoz való csatlakozás folyamata során fellépő új követelményeket a jövőre való felkészülés érdekében.

A környezet állapotának kutatása

Környezetföldtani kutatások

A *környezetföldtani kutatások* során meg kell ismernünk, hogy a különböző antropogén tényezők hogyan hatnak a földtani környezetre. A környezetföldtani kutatás feladata, hogy

— elkészüljön az ország környezetföldtani térkép-sorozata,

— megismerjük az ország környezeti állapotát, feltárjuk a regionális földtani veszélyforrásokat,

— érvényesítsük a földtani tényezők szerepét a regionális területfejlesztésben és területrendezésben,

— környezetföldtani alap és módszertani kutatások keretében mintaterületeken vizsgáljuk a felmerülő környezeti problémákat, dolgozzuk ki a térképek tartalmát és formáját.

A *környezetföldtani térképezést* a várható feltételek és lehetőségek prognosztizálására figyelemmel a MÁFI-ban célszerűen azon területek irányában terjesztjük ki, amelyekről megfelelő alapadatok, kéziratos térképek állnak a rendelkezésünkre, azaz a közelmúltban térképezett területekre, a meglévő adatbázisokra koncentrálunk. A földtani térképezés adatainak környezetföldtani szemléletű átértékelésével különböző méretarányú térképeket szerkesztünk, az Egységes Országos Földtani Térképrendszer szelvényezésének megfelelően, annak előírásaihoz igazodva.

A program keretében a már térképezett területek adatainak célszerű újraértékelésével el kívánjuk kezdeni Magyarország 1:100 000-es méretarányú környezetföldtani térképsorozata elkészítését a Bükk környékéről, a Dunántúli-középhegység ÉK-i részéről és az Alföld területéről kiindulva, különös tekintettel a területek környezeti állapotára, érzékenységre és sérülékenységre, a vízbázisok veszélyeztetettségére, a különböző ipari–mezőgazdasági–bányászati–építési tevékenység földtani környezetre gyakorolt hatására, a földtani környezetnek a környezeti hatásokkal szembeni ellenálló képességére.

A már térképezett területek környezetföldtani feldolgozása mellett törekednünk kell a még létező fehér foltok eltüntetésére is. Fokozatosan el kell végeznünk azon területek megfelelő méretarányú környezetföldtani térképezését, ahol korábban ilyen szándékkal nem, vagy csak nagyon régen folyt felvételezés. Ennek megfelelően a Mezőföld földtani térképezésére alapozva meg kívánjuk kezdeni annak komplex környezetföldtani–agrogeológiai felmérését. A terepmunka tervezése és kivitelezése, a felvételezés ütemezése, a fűrási tevékenység összehangolása a Térképezési és a Környezetföldtani Főosztály közötti szoros együttműködésen alapul.

A részletes térképek szerkesztése mellett — azokban a tematikákban, melyekben megfelelő adatmennyiséggel rendelkezünk az egész ország területéről — áttekintő, 1:500 000-es méretarányú térképeket is kívánunk szerkeszteni.

Régiógeológiai kutatások

A MÁFI, alkalmazkodva a területfejlesztési törvényben előírt követelményekhez és az Unió csatlakozás követelményeihez, szükségesnek látja feladatait a *regionális földtani kutatások* irányában tovább erősíteni. Ennek keretében az Országos Területfejlesztési Koncepcióhoz igazodva folytatni kívánjuk a regionális információs rendszerek fejlesztését az 1999–2000. években kialakított mdszerrel. Meg kívánjuk kezdeni a hűt statisztikai-tervezési régió környezet-állapot- és komplex környezetföldtani térképeinek szerkesztését.

A regionális földtani kutatásokat erősítendő úgynevezett *régió geológus hálózat* létrehozását tervezzük, melyben — mintegy a MÁFI kinyújtott karjaként — a tervezési–statisztikai régiókként kinevezett régió-geológusok végeznék a régió területfejlesztési és vidékfejlesztési feladataiból adódó kutatásaikat és földtani szaktanácsadói tevékenységüket, szorosan együttműködve az Intézet tájegységi és tematikus kutatási egységeivel, és az illetékes Területi Földtani Hivatalokkal.

Környezetföldtani módszertani kutatások

A *környezetföldtani módszertani* kutatások keretében, a korábbi térképezés adataira alapozva mintaterületi kutatás keretében tervezzük az alluviális üledékek és a bennük tárolt talajvíz környezeti állapotának vizsgálatát. A munka során nagymértékben alapozunk a digitális geológiai térmodellezés módszereire.

Környezet-geokémiai kutatások

A MÁFI *környezet-geokémiai kutatásainak* fontos és folyamatos feladata Magyarország geokémiai felvételi munkái eredményeinek célirányos ellenőrzése és az elért eredmények közreadása. Ennek keretében el kívánjuk készíteni a több kiemelten szennyezett területről össze-

gyűjtött ismeretanyag összefoglaló értékelését, a legújabb vizsgálatok eredményeinek beillesztését a korábban kidolgozott földtani modellbe és a töredékesen publikált kutatási eredmények egységes szerkezetbe rendezését.

A hazánkba érkező folyóvizek bányászati–nehézipari szennyezéssel sújtott árterein a geokémiai problémák megismerése céljából folytatni kívánjuk az árterek vizsgálatát a szennyezések típusának, mértékének, elterjedésének, lehatolási mélységének meghatározása érdekében.

Mintaterületi kutatás keretében meg kívánjuk kezdeni a legfontosabb hazai tőzegtelepek kvantitatív nyomelem vizsgálatát az egyes tőzegterületek jellemzése, a lehetséges területi különbségek kimutatása, a potenciálisan toxikus elemek törvényszerűségeinek, a mezőgazdasági felhasználást korlátozó tényezők megállapításának céljából.

Földtani természetvédelmi kutatások

A földtani természetvédelmi kutatások feladata a magyarországi természetvédelmi területek földtani leírása és a földtani természetvédelmi értékek (jellegzetes kőzetki-fejldések, földtani formák, alapszelvények stb.) földterítése. Feladatunk a tájvédelmi körzetek és nemzeti parkok területének földtani, vízföldtani, talajtani stb. térképi feldolgozása, a földtani természetvédelmi értékek nyilvántartása. Ennek keretében folytatni kívánjuk a jelenleg védett földtani alapszelvények, illetve nem védett, alapszelvény jellegű, különleges földtani értékű földtani objektumok felmérését és egységes szempontú feldolgozását. Javaslatokat dolgozunk ki a további földtani alapszelvények védetté nyilvánítására, illeszkedve az egységes szemléletrendszerhez. Nemzeti park igazgatóságunként regionális térképeket kívánunk szerkeszteni a védett és a védelemre javasolt alapszelvényekről.

Folytatni kívánjuk a nemzeti parkok, természetvédelmi területek, tájvédelmi körzetek különleges földtani értékeinek feldolgozását, dokumentálását és bemutatását.

Geofizikai kutatások

Az alkalmazott földtani kutatások egy jelentős részénél a geofizika elsődleges állami feladata a felmerülő problémák minél szélesebb körének megoldására alkalmas módszeregyüttes kidolgozása, hatékonyságának ellenőrzése mintaterületeken. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben a környezetföldtan területén a hulladékelhelyezéssel kapcsolatos vizsgálatok folytak több éven át, egyrészt a különböző hulladékok elhelyezésére alkalmas telephelyek kijelölése céljából, másrészt annak eldöntésére, hogy egy adott hulladéklerakó szennyezi-e környezetét, elsősorban a felszín alatti vizet. A kialakított módszeregyüttes nemcsak hulladéklerakók által okozott, hanem más ok miatt bekövetkezett szennyeződések felderítésére is alkalmasak. Sajátságos problémát jelent a

főként kommunális hulladékot, tehát sok szerves anyagot tartalmazó lerakókban keletkező biogáz, amely szintén vizsgálható felszíni geofizikai módszerekkel.

Bár a felszín közeli geológiai felépítés változatossága miatt szinte nincs két egyforma feladat, mégis nagy valószínűséggel mondhatjuk, hogy felkészültek vagyunk szárazföldi feladatok megoldására. Egyrészt — ha van ilyen — meg tudjuk adni a már meglévő geofizikai adatok környezetföldtani értelmezését (például szennyezés-érzékenység főként a felszíni képződmények fajlagos ellenállása alapján), másrészt javaslatot tudunk adni egy adott terület környezetföldtani célú kutatására geofizikai módszerekkel.

A jövőt illetően feladatunknak tekintjük, hogy az elkövetkező évek fejlődésével lépést tartva mindig a geofizikának a legkorszerűbb eszközeivel és módszereivel legyünk képesek válaszolni a felmerülő környezetföldtani problémákra.

Környezeti veszélyforrások földtani kutatása, földtani veszélyforrások kutatása

Agrogeológiai kutatások

Az agrogeológia a felszíni és a felszín közeli képződmények összességét, a talaj–alapkőzet–talajvíz rendszer kapcsolatait vizsgálja, továbbá ennek a rendszernek az emberi tevékenység eredményeként bekövetkező változásaival, illetve ezek káros vagy előnyös következményeinek előrejelzésével foglalkozik. Feladatunk Magyarország agrogeológiai térképsorozata elkészítésének folytatása.

Ennek keretében a MÁFI-ban tervezzük Magyarország 1:100 000-es méretarányú agrogeológiai térképsorozata szerkesztésének folytatását a kisalföldi adatok feldolgozásával, illetve újabb térképek szerkesztésével az Alföld területéről.

Az agrogeológiai módszertani kutatások keretében, a Magyar Állami Földtani Intézetben folytatni kívánjuk a mintaterületek módszertani kutatását az agrogeológiai kérdések (szikesedés, homokterületek tápanyagforgalma, savanyodás stb.), a melioráció, a környezetföldtani kérdések (a képződmények áteresztőképességének megállapítása, a különböző szennyező anyagok beépülése az ásványokba, a talajvíz áramlásának mechanizmusa stb.) földtani okainak vizsgálatával. A viszonylag kis területre kiterjedő, jól lehatárolt, sekélyfűrészekkel sűrű hálózattal, esetenként geofizikai mérésekkel feltárt mintaterületek lehetővé teszik, hogy itt is alkalmazzuk az — alapkutatói feladatoknál részletesen ismertetett — digitális geológiai térmodellezés módszereit. A síkvidéki agrogeológiai vizsgálatok mellett el kívánjuk kezdeni a hegyvidéki agrogeológiai problémák kutatását, és folytatni kívánjuk az 1998-ban megkezdett öko-geológiai kutatásokat is.

A természetes talajjavító anyagok kutatását a tőzegré-

vonatkozó módszertan kidolgozásával segítjük, melynek eredményeként a tőzegkutatás–tőzegtűz és ásványvagyron nyilvántartás mennyiségi és minőségi eltérései is tisztázhatók lesznek. Ennek alapján lehetővé válik a tőzegek gazdasági értékelésének, készletszámításának (készletváltozás) tudományos megalapozása. Mindezek mellett mód nyílik, hogy a vizes élőhelyek alapvető feladataival is foglalkozzunk.

Mérnökgeológiai és településgeológiai kutatások

A mérnökgeológiai kutatások feladata a Magyar Állami Földtani Intézetben a különféle építészeti tevékenységek és az épített környezet földtani képződményekre kifejtett hatásának, illetve annak a vizsgálata, hogy a földtani környezet és a benne lejátszódó folyamatok milyen hatást gyakorolnak az épített környezetre.

Ennek megfelelően be kívánjuk fejezni a budapesti agglomeráció területfejlesztésének mérnök-hidrogeológiai megalapozása térképsorozatát a szennyeződéserősségi és területhasznosítási térképek megszerkesztésével.

Az Európai Unióhoz való csatlakozás terveit, valamint a regionális kutatási koncepciókat figyelembe véve a területi hivataloknál és az Országos Földtani-Geofizikai Adattárban már meglévő építésföldtani adatbázisokra, valamint kéziratos térképekre, mint elsődleges forrásokra támaszkodva meg kívánjuk kezdeni a településgeológiai kutatásokat. E kutatások célja a már rendelkezésre álló adatok, adatbázisok felhasználásával és természetesen, ha szükséges, klasszikus geológiai feltárások létesítésével különböző, a valós társadalmi igényeket kielégítő, akár különböző adatbázisokkal összekapcsolt térképek szerkesztése a városi környezetben. A kutatási program indulásánál a budapesti és debreceni adatbázis felhasználásával tervezzük kialakítani azokat az alapkoncepciókat, melyeket a helyi igényekhez kell igazítani.

A kutatás során egyidejűleg két típusú alapszerkesztés történne. Részt vizsgálnánk a városi építészeti, a beépítettség, az ipar és a hordozó földtani közeg kölcsönhatásait (például a beépítettség, a vízkivétel milyen anomáliákat okoz a szomszédos beépítetlen területekhez képest). Részt az előbbiekkal párhuzamosan készülnének a városok és környezetük építésalkalmasságának, környezetállapotának, veszélyeztetettségének, potenciális veszélyforrásainak, védendő földtani, vízföldtani értékeinek térképei.

Az elképzelések szerint a tervidőszak első harmadában megkezdődne a téma módszertani megalapozása, a próbatérképek megszerkesztése, és a mérnökgeológiai projekt előző ciklusról áthúzódó feladatainak zárása után, azt váltva indulna a városi geológiai kutatás önálló kutatási témaként.

Mérnökgeofizikai kutatások

Nem teljes mértékben, de a regionális felmérésektől eltekintve a mérnökföldtani feladatok főként infrastruk-

turális létesítményekhez és településekhez kötődnek. Ugyanakkor sokszor nehéz elválasztani a környezeti és mérnöki feladatokat.

A mérnökgeológia területén is elsősorban konkrét feladatok megoldásában jut szerephez a *geofizika*, mert regionális térképek szerkesztéséhez jelenleg nem rendelkezünk elegendő adattal. Arra azonban lehetőség van, hogy nagyobb, homogénnek tekinthető földtani egységek egy-egy pontján végzett méréssel becslést adjunk az egész egység fizikai paramétereire.

Nagylétesítmény helyén feltétlenül méréseket kell végezni, például a földrengés-veszélyeztetettségnél megemlített erősítési tényező meghatározására, illetve azon kérdések megválaszolására, amelyeket a tervező feltesz. Ezek vonatkozhatnak a kiválasztott hely földtani felépítésére, a felszíni képződmények fizikai, elsősorban rugalmas paramétereire. De gyakran már bekövetkezett épület- vagy más létesítménykárok okait kell geofizikai mérésekkel felderíteni.

A geofizikának külön kiemelt szerepe lehet az utak (elsősorban az autópályák), a vasútvonalak és az árvízvédelmi gátak *in situ* állag ellenőrzésében, mert egyedül a geofizika eszközeivel lehet a burkolat, illetve a sínek alatti alépítményeket vagy a gátak állapotát a létesítmények megbontása nélkül vizsgálni. Tekintve, hogy ezeknél a vizsgálatoknál igen jelentős egyszerre vizsgálható hosszakról van általában szó, arra kell törekednünk, hogy kidolgozzuk az ilyen típusú feladatokhoz illő megfelelően gyors és hatékony eljárásokat.

Akár mérnökgeológiáról, akár települési környezetföldtanról beszélünk, ezeknek lehet legnagyobb szerepe az infrastruktúra-fejlesztés, területrendezés, területhasznosítás, területfejlesztés tervezésében. A jövőt illetően feladatunkat itt is hasonlóan fogalmazhatjuk meg: az elkövetkező évek fejlődésével lépést tartva mindig az adott időszaknak megfelelő legkorszerűbb eszközökkel és módszerekkel kell rendelkezünk, a legkorszerűbb módon kell megválaszoljuk a felmerülő mérnökgeofizikai problémák kérdéseit.

A természetes és mesterséges ionizáló háttérsugárzás vizsgálata

A radiometriai kutatások súlypontját az ország területén észlelhető radioaktív sugárzás jelenlegi szintjének, mint „null-állapot”-nak a felvételére és a sugárzási szint időbeli változásának spektrálisan nagy felbontású vizsgálatára helyezzük. A vizsgálatok a természetes eredetű urán és tórium bomlási sorra, a ⁴⁰K-izotópra valamint a mesterséges eredetű gammasugárzókból — pl. a ¹³⁷Cs-ből — származó gammasugárzási szintek szelektív meghatározására irányulnak.

Az *alapállapotfelvételt* a már az előző hároméves ciklusban megkezdett mérések (É-Magyarország) folytatásaként folyamatosan végezzük az országban a radioaktív gamma-háttérsugárzás jelenlegi szintjének felvételét és adatbázisba rögzítését *in situ* pontmérések alapján az

ország középső és D-i részén. Ennek eredményeképpen a radiometriai felvételezés az ország területén teljessé válik, és lefedi az ország egész területét.

Az alaphálózatban végzett terepi pontmérésekkel együtt talajmintákat gyűjtünk *laboratóriumi mérésekre*. Ennek a kutatásnak a célja, hogy meghatározzuk azokat a geofizikai, geokémiai összefüggéseket, amelyek a természeti környezetben előforduló, az előzőekben említett gamma-sugárzó izotópok területi eloszlását és áthalmozódását szabályozzák. A kutatást a ^{137}Cs radionuklidra koncentráljuk, mivel ez mesterséges eredetű, és felezési ideje viszonylag hosszú, 30 év.

Az *időbeli változások elemzése* során a célszerűen kiválasztott, jellegzetes pontokra évenkénti illetve kétévenkénti rendszerességgel visszatérünk, és megismételjük a mérést. Az ismételt mérések pontjainak kiválasztása előtt vizsgáljuk az emberi tevékenység hatását. A méréseket kiértékeljük, az eredményeket komplex módon, az összes paramétert figyelembe véve értelmezzük.

A kutatási eredmények lehetővé teszik a radioaktív gamma-háttérsugárzás térbeli eloszlását és időbeli változását irányító földtani, geokémiai folyamatok jobb megismerését. Mivel a környezetünkben fellelhető radionuklidok bizonyos koncentrációban az egészségre ártalmas szennyezést jelentenek, az eloszlásukat és migrációjukat irányító természeti folyamatok megismerése társadalmi szempontból rendkívül fontos, különösen igaz ez az antropogén ^{137}Cs radionuklid esetében.

A felvételezések eredményei beépülnek a különböző térképezési, alkalmazott földtani és nyersanyag-kutatási tevékenységekbe.

A kapcsolódó módszertani kérdések tanulmányozására OTKA-pályázatot kívánunk indítani.

Az Európai Unióhoz való csatlakozás mindenképpen megnöveli az *akkreditált laboratóriumok* szerepét. Ez különösen érvényes a környezet állapotát vizsgáló laboratóriumokra, hiszen az emberi élet minőségének egyik fontos meghatározója a környezet. Ezért a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Radiometriai Laboratóriuma, mint az ország jelenleg egyetlen akkreditált radiometriai laboratóriumának, számos lakossági, illetve közületi mérési igényt kell majd kielégítenie. Az igények általában ellenőrző, illetve felderítő jellegűek, olyan esetekben, amikor fennáll a normálisnál magasabb sugárzási szint létének gyanúja (pl. az egri Markoth kórház vagy a szentendrei Református Gimnázium esete).

A földrengés-veszélyeztetettség vizsgálata

A *földrengés-veszélyeztetettség* fogalmának rendkívül szerteágazó földtani, sőt mérnöki vonatkozásai vannak. A földrengés fészkek elhelyezkedésének összefüggése a mélyszerkezettel éppúgy része a kockázat vizsgálatának, mint a felszínhez közeli összlet fizikai paramétereinek, az ezektől függő és a földrengés pusztító hatását nagymértékben befolyásoló, úgynevezett erősítési tényezőnek a vizs-

gálata.

A földrengés fészkek összefüggését a nagyszerkezettel a geofizikai adatok integrált térbeli értelmezésének keretében kívánjuk vizsgálni. Az alkalmazott kutatáshoz tartozik azonban a nagyítási tényező vizsgálata, vagyis a vizsgálati módszerek kidolgozása és minta területeken történő alkalmazása.

A földrengés kockázat teljes körű vizsgálata nagyon komoly költségráfordítást igényel, s általában csak a nagy kockázatú, hosszú élettartamú létesítmények esetében végzik el. A földrengések hatásának vizsgálata háromdimenziós feladat, s a felszín közeli összlet ismerete mellett nagyobb mélységig terjedő információkat is igényel.

A lokális átviteli függvény meghatározását a földrengések megfigyelésével és számítással végezzük. A várható rengés jellemzői mellett ismernünk kell a longitudinális és transzverzális szeizmikus hullámok terjedési sebességét, a jóságai tényezőt, a közetek sűrűségét és a geotechnikai jellemzőket. Az integrált vizsgálatok alapján kijelölt és mérnökszeizmológiailag azonosnak talált zónákon belül azonos hatásokra számíthatunk.

A legegyszerűbb zóna kijelölést a felszínen található közetek, a talajvíz mélysége és a meredek, mozgásérzékeny lejtők alapján készíthetjük el a hazai és külföldi tapasztalatok felhasználásával.

A korszerűbb feldolgozások a felső 30 m-es összlet alapján végzik a minősítést, figyelembe véve a közetek konszolidációját, bontottságát, a talajfolyásra érzékeny, valamint a plasztikus közetek települési mélységét. Ez a feldolgozás már jelentősebb munkát igényel, így megvalósítására csak mintaterületeken kerül sor.

A legmegbízhatóbb minősítést a felső 30 m-es összlet mérnökszeizmológiai paramétereinek meghatározásával kaphatjuk. Az elmúlt években nagyon sok módszer alkalmazását (talajnyugtalanóság mérés, felületi hullámok diszperzió analízise, fúrásokban végzett sebességszelvényezés stb.) próbáltuk ki, így bármilyen országos áttekintésnek csak az anyagi fedezet, a terepi mérési és a kutatói szellemi kapacitás szab korlátot. Ezekre a vizsgálatokra csak helyenként kerül sor, így ezek végrehajtását csak mintaterületeken tervezzük.

Geofizikai módszerfejlesztés az alkalmazott földtani kutatásban

Mint arra a bevezetőben utaltunk, a különböző alkalmazott földtani kutatásokban használt geofizikai módszerek nagyrészt azonosak, így a felosztástól függetlenül adódnak módszerfejlesztési feladatok. Ezek sorolhatók az alapkutatáshoz, de elválaszthatatlanok az alkalmazott földtani kutatások céljaitól is. Itt az elsődleges állami feladat a megfelelő módszer-együttes kidolgozása, kipróbálása mintaterületeken, mintafeladatok megoldásával. Ez nem azt jelenti, hogy nem lehetne elkészíteni, például geofizikai mérésekkel is alátámasztva az egész ország szennyeződés érzékenységi térképét, de ennek anyagi fedezetét — legyen bármilyen geofizikai módszerről is szó

— a költségvetés nem biztosítja.

Így itt nem az alap kutatási feladatok jellege, hanem inkább alkalmazási szempontból soroljuk fel azokat a módszertani fejlesztéseket, amelyek részben az alap kutatáson belül, a különböző laboratóriumokban valósulnak meg:

— A vízi szeizmikus műszer továbbfejlesztése, az ehhez kapcsolódó feldolgozási és értelmezési eljárások tökéletesítése.

— Az árvízvédelmi gátak, vasúti pályatestek és alapozások, autópályák és utak (állékonyság, inhomogenitás) vizsgálati módszereinek korszerűsítése.

— A hulladéklerakók vizsgálatában használt elektromos tomográfia fejlesztése.

— Fejlesztjük a Rayleigh-hullámokon alapuló inverziós eljárásokat (SASW módszer).

— A kis mélységű fúrások geofizikai szelvényeinek értelmezése mérnöki és környezeti szempontok alapján.

— A korszerű légi geofizikai mérések értelmezése alkalmazott földtani szempontok szerint.

— Egyenáramú és elektromágneses mérések többdimenziós inverziója,

— A gravitációs mérések felhasználása a műholdas magasságméréshez szükséges geoid meghatározására.

A geofizikai mérések minőségbiztosítása

Az alkalmazott geofizikai kutatásokban — különösen piaci körülmények között — fokozottan jelentkezik a minőségbiztosítás iránti igény. Itt nem csak az ISO 9001 szabvány szerinti minőségbiztosításról van szó, hanem arról, hogy minden egyes mérési eljáráshoz ki kellene dolgozni a már meglévő Code of Practice-hoz hasonló, de annál részletesebb és főként korszerűbb útmutatót.

Integrált hidrogeológiai és hidrogeokémiai értékelések

A „Geo XXI.” koncepcióban leírt alap kutatási, térképezési, alkalmazott földtani, ásványi-nyersanyagkutatási, közszolgálati és közigazgatási feladatok jelentős részét megoldani a *hidrogeológiai, hidrogeokémia* szakágak kutatóinak, adatbázisainak, műszer- és módszer-együttesének, monitoring-rendszereinek, valamint hazai és nemzetközi kapcsolatrendszerének alkalmazásával lehet. A feladatok döntő többségében a megoldáshoz a meglévő és az újonnan szerzett földtani, geofizikai, hidrológiai, hidrogeológiai adatok integrált értékelése, értelmezése szükséges. Ha valami igazán jellegzetes ezredfordulói tünetemény a földtudományi szakmában, akkor az éppen ez az integrált értékelés a maga robbanásszerűen fejlődő, számítógépek segítette áramlási, transzport és víz–közet kölcsönhatási modelljeivel és az ugyancsak gyorsan fejlődő analitikai eszközeivel. Valamennyi fejlett ország állami geológiai szolgálatánál és kutató intézeténél kulcsszerepet adnak ezen újabb hidrogeológiai és a hidro-

geokémiai irányzatoknak, hiszen épp ezeken keresztül lehet a többi szakág ismeretanyagának egy jelentős részét is a *közfeladatokban* szolgáltatni.

Bár már sok esetben (pl. a környezeti hatásvizsgálatoknál, a kockázatelemzéseknél, vagy vízbázis-védelemnél) jogszabályok írják elő az integrált értelmezés, modellezés alkalmazását, a gyakorlati alkalmazók hiányában vannak a megfelelő tudományos alapossággal kidolgozott útmutatásoknak, irányelveknek, mintapéldáknak. De ugyanezt igénylik az egyes munkákat elbíráló szakhatóságok is.

Az Európai Unióban jelenleg előrehaladott stádiumban van annak az új — az egyes vízgyűjtőkre vonatkozó egységes — szemléletű vízgazdálkodási politikának kidolgozása és bevezetése (COM (97) 49, COM (99) 271 és Common Position (EC No 41/1999), melynek lényeges hatása lesz az egyes régiók környezetgazdálkodására, iparfejlesztésére és területrendezésére egyaránt. A keretirányelv tervezete szerint az egyes nagyobb vízgyűjtőterületeket, „kisebb” alvízgyűjtőkre kell bontani. Azokon a területeken, ahol a felszín alatti vízgyűjtőterületek a felszínivel nem esnek egybe, ott erre különös figyelmet kell fordítani. Ilyen területek a *jelentős kiterjedésű karszterületek és a jó vízáradó képződményeket tartalmazó nagy üledékes medencék*. Az ilyen térségekre mindenképpen ki kell dolgozni a mindenfajta vízgazdálkodás alapját jelentő áttekintő hidrogeológiai modelleket és ezekkel párhuzamosan a megalapozó hidrogeológiai-hidrogeokémiai kutatási eljárásokat. Ahhoz tehát, hogy az EU-csatlakozásból Magyarországra háruló követelményeket megfelelően teljesíteni tudjuk, jelentős feladat hárul a MÁFI-ra a nagyobb karszterületek és alföldjeink integrált hidrogeológiai és hidrogeokémiai értékelésében.

A Magyar Állami Földtani Intézetben vizsgálataink kiterjednek majd a Nagyalföld, a Dunántúli-középhegység és Budapest tágabb térségére, illetve bizonyos vizsgálatok esetében Magyarország egészére. Az elkövetkező években azokon a részterületeken célszerű a munkát elvégezni, ahol az EU-csatlakozás szempontjából alapvetően fontos problémák várnak megoldására.

A Délkelet-alföldi régió arzénos vizeinek genetikai értékelése

A feladat aktualitását az ivóvizekre vonatkozó — a jelenlegi hazainál jóval szigorúbb — európai arzénos határérték várható bevezetése adja. A Délkelet-alföldi régióban integrált értelmezéssel, áttekintő áramlási- és transzportmodellezéssel, valamint víz–közet kölcsönhatás értékeléssel meghatározzuk az arzénos vizek lehetséges földtani eredetét. A feladat végzésével egyúttal az új határértéket is figyelembevevő alternatív vízgazdálkodás kialakításához is hozzájárulunk. A munka során együttműködünk a „Negyedidőszaki kutatás” projekttel és az ásványtani specialistákkal. A munka eredményeként várjuk a medenceterületek regionális transzportparamétereinek (diszperzió, adszorpció, effektív porozitás)

meghatározását is.

*Az Alföld középső részének
integrált hidrogeológiai értékelése*

Elkészítjük a Duna–Tisza köze és a Közép-Alföld áttekintő hidrogeológiai modelljét. Kidolgozzuk az ott nyert tapasztalatok alapján az észlelőhálózati adatokkal szegényesen rendelkező más alföldi körzetek modellezési koncepcióját. Az elvégzett modellezési eredmények igazolásához kiegészítő felvételezés után összefoglaló vízgeokémiai és izotóp-hidrogeológiai értékelést készítünk. Ajánlásokat fogalmazunk meg az éghajlatváltozásokra és a felszín alatti vizek termelésére rendkívül érzékeny terület új vízgazdálkodási rendjének kialakításához.

Budapest hévizeinek vízgeokémiai értékelése

Elvégezzük a fővárosi *termálvizek* integrált vízgeokémiai értékelését, alapozva a már összegyűjtött, de eddig még nem értékelt újabb elemzéseinkre. Az értelmezéshez itt is felhasználjuk az áttekintő hidrogeológiai modellezés nyújtotta segítséget.

*A dunántúli-középhegységi zóna
hidrogeológiai információs rendszere*

A Dunántúli-középhegység területén végzett karszt-vízföldtani kutatásokhoz kapcsolódva a nagyszerkezeti zóna délnyugati, mélybesüllyedt részén kiépítjük a térség hidrogeológiai modelljéhez szükséges földtani térképek és vízföldtani információk adatbázisát. E térségben, a zóna kiemelt részéhez hasonlóan, az intenzív kutatási időszakban elmaradt a felhalmozódott nagymennyiségű adat célirányos kiértékelése.

Északkeleten, a most folyó földtani térképezés területén — a szaktárcákkal egyeztetett módon — kialakítjuk a hidrogeológiai adatbázist, elvégezzük a vízföldtani terepi ellenőrző és kiegészítő vizsgálatokat is, s kialakítjuk a földtani térképezéssel párhuzamosan végzett hidrogeológiai felvételezés módszertanát.

A munka során nyomon követjük a rehabilitációs területeken történeteket.

*Digitális geológiai térmodell fejlesztése
és hidrogeológiai alkalmazása*

A 3D digitális geológiai térmodellezést ma már széleskörűen használják világszerte, noha a terület intenzív kutatás tárgya és számos probléma még megoldatlan. Az elmúlt évek számítástechnikai fejlődése azonban lehetővé teszi, a környezetvédelemben meghatározó jelentőségű numerikus modellek pedig alapvetően igénylik a pontos digitális földtani térmodelleket. Tervezett fejlesztéseink is elsősorban a hidrogeológiai modellezés által érintett régiók konkrét esetein, mintegy kutatási mintaterületeken valósulnak majd meg. Az előzőekben ismertetett régiók mellett

mintaterületként kezeljük a Balaton-felvidéket, hiszen itt együttesen tudjuk a terület térképező geológusaival kialakítani a földtani térmodellt és a hidrogeológiai modellt is. A munkák során mindenekeelőtt a MÁFI-ban létrehozott digitális és térképi adatbázisok kapcsolását fogjuk megvalósítani, illetve kidolgozzuk a már meglévő belső sztratifráfiai és adatfeldolgozási szabványokhoz való kapcsolódás feltételeit. A kialakított földtani térmodell egyik legjobb „próbája” a rá épülő vízföldtani modell megfelelősége, ezért ez utóbbi tapasztalatai birtokában mód nyílik a földtani térmodell ellenőrzésére és javítására is.

*A Balaton régió gyógy- és
hévízbeszerzési lehetőségeinek értékelése*

A Balaton régió gyógyturizmusát elősegítendő, adatbázisunkra és a publikált irodalomra támaszkodva tanulmányokat készítünk a tó környezetének gyógy- és termálvíz-beszerzési lehetőségeiről. Az előtanulmányt kutatási javaslatokkal is kiegészítjük, mellyel a helyi önkormányzatokat és kistérségi testületeit megkeressük. Közös pályázatok benyújtása és kedvező elbírálása esetén anyagi támogatás várható a Gazdasági Minisztérium által kiírt Széchenyi-terv „Gyógy- és termálturizmus fejlesztési alprogram”-jától.

Nagy tavaink limnogeológiai monitoringja

A Dunántúlon található három nagyobb kiterjedésű állóvizünkre vonatkozóan földtani információs rendszert hozunk létre. Adatbázisaink és földtani szakismeretünk birtokában a tavi régiók önkormányzataival közös területfejlesztési, területrendezési és környezetvédelmi pályázatok elkészítését tervezzük, melyek sikere esetén részt veszünk a feladatok megoldásában is.

A tavi üledékek fizikai állapotának, kémiai (szerves, szervetlen és izotóp-geokémiai) összetételének és földtani tulajdonságainak felmérésével, az úgynevezett „környezeti null-állapotot” rögzítjük, majd bizonyos időnként újra mintázzuk és vizsgáljuk. Megfelelően hosszú és részletes laboratóriumi mérési idősorok (pl. stabil izotópok) esetében elvégezzük ezek értékelését is. A pontszerű vizsgálatok területi kiterjesztése érdekében az ELGI szakembereivel szeizmoakusztikus szelvényezés kifejlesztését és elvégzését is tervezzük. A null-állapot rögzítését a Balatonra vonatkozóan a 1049/1994 (VI.29.) és a Velencei tóra a 1031/1995 (IV.19.) sz. Kormányrendeletek írják elő. A kutatási feladatok elvégzését követően értékelő tanulmány készül „Nagy tavaink limnogeológiai állapota” címmel.

Vízgeofizikai kutatások

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet alkalmazott földtani kutatásai közül a *geofizikai vizkutatás* idehaza és külföldön is, gyakorlati és elméleti vonatkozásban is, nagyon sikeres volt. Mind a fiatal üledékes össze-

tekben lévő víztárolók, mind a hévizek feltárásában alapvető szerepet játszottak a geofizikai, elsősorban elektromos és elektromágneses módszerek. Az utóbbi évtizedben azonban egyrészt egyre nő a jó minőségű ivóvíz iránti igény, másrészt nemcsak a felszín közeli, de mélyebb vízbázisok is elszennyeződnek, ugyanakkor a vízkutatási célú geofizikai mérések mennyisége majdnem nullára csökkent.

Az állami feladatok keretében a következő időszakban arra vállalkozunk, hogy a geofizikai vízkutatás módszereit tovább korszerűsítjük és a hatékonyságukat megpróbáljuk fokozni. Ezen felül, mint egy másik lehetőségként, a meglévő geofizikai adatok vízföldtani célú újrafeldolgozását és értelmezését tekintjük.

Mindez ideig hiányzott a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet módszerei közül a *vízi szeizmika*. Korábban a Balatonon és a Dunán is történtek geoelektromos mérések, vízi szeizmikus méréseket azonban csak 1999-ben kezdtünk végezni. Ez különböző feladatok megoldása miatt vált szükségessé. A Dunán a tervezett metróvonal földtani felépítését kellett vizsgálni, tehát viszonylag nagyobb mélységű kutatásra volt szükség, a Balatonon viszont — sokkal nagyobb, cm nagyságrendű felbontással — az iszapvastagság meghatározása, a korábbi kotrások hatékonyságának ellenőrzése volt a cél. A vizes élőhelyek felértékelődése és az utóbbi időszak vízszennyezései indokolják, hogy fel legyünk készülve vízi mérésekre. A biztató eredmények alapján tervezzük nagyobb állóvizeink — a Balaton, a Fertő-tó, a Velencei-tó és a Tisza-tó — állapotfelvétel jellegű kutatását (természetesen csak mintaterületeken), főként az iszapvastagság, kedvező esetben az iszap alatti földtani szerkezet meghatározását. Ugyanez folyóvízben technikailag valamivel nehezebb, de megoldható problémát jelent. Ez az állapotfelvétel segítséget nyújthat a szükséges beavatkozások tervezéséhez, sokkal fontosabb lenne azonban a mérések szabályos időközönként való ismétlése, azaz a kedvezőtlen változások idejében való felismerése, megelőzése.

Országos Vízmegfigyelő Hálózat működtetése

Magyarország vízkészlet-változásainak dinamikus nyomon követése

A MÁFI-ban a „Magyarország vízkészlet-változásainak dinamikus nyomon követése” kutatási program keretében folytatjuk az ország területét behálózó vízföldtani megfigyelőhálózat működtetését. Az észlelőhálózat

mérési adataira alapozva egyes területek részletes feldolgozását tervezzük. Értékelést készítünk a kisalföldi termálvizek készletváltozásairól. Vizsgáljuk a Duna–Tisza közti és a szarvasi mintaterületeken a vízkészletek mennyiségi és minőségi változásait. A már meglévő, illetve a folyamatosan aktualizált adatok alapján kidolgozzuk a vizsgált területek hidraulikai modelljét, feltárjuk a vízszint- és vízminőségi változások elsődleges okait.

A vízföldtani kutatások középtávú programjához természetesen hozzá tartoznak a MÁFI külső szerződéses kötelezettségeiből a kutatásokat végző egységekre háruló feladatok is. A munkák jellegéből fakadóan a tervezés itt csak feltételes lehet, mégis felsoroljuk azon feladatokat, melyek végzésére nagy esély mutatkozik:

- Az üveghutai kutatási terület integrált értelmezése.
- A szigetközi régió áttekintő és részletes hidrogeológiai modellezése.
- A szennyezőanyagok mélybesajtolásának hatásvizsgálata.
- A hévizei gyógyforrás és védőterületeinek hidrogeológiai biztonságba-helyezési vizsgálata.

ZÁRSZÓ

A MÁFI és az ELGI széles kutatói és felkért programfelelősi közreműködéssel megalkotta középtávú kutatási programját. A program a GEO XXI. koncepció alapelveit követi és a költségvetés által támogatott állami geológiai és geofizikai kutatási feladatokat összegzi. Az Intézetek tevékenysége ennél sokrétűbb. A programban nem szerepelnek az intézetek közszolgálati feladatai és az intézményfenntartással kapcsolatos, ugyancsak állami finanszírozású tevékenység.

A program tárgyyszerű és reális, az intézetek jelenlegi költségvetési létszám és infrastrukturális helyzetét veszi alapul, ehhez a mértékhez igazítja kutatási tevékenységének volumenét. Erre a tényre a programban több helyen utaltunk is. Ezekben a kondíciókban bekövetkező, előre nem látható akár pozitív, akár negatív irányú eltérések a program felülvizsgálatát, részbeni újrafogalmazását fogják igényelni.

A program alapján az intézetek éves költségvetési előirányzatainak figyelembevételével készülnek az intézetek éves tervei, melyek az összehangolt kutatási program projektekre tagolt, intézetenkénti feladatai mellett tartalmazzák a közszolgálati, intézményfenntartási feladatokat is.

Bizakodással adjuk közre ezt a programot. Meggyőződésünk, hogy eredményes megvalósításával hozzá

tudunk járulni az ország gazdasági fejlődéséhez, az EU-csatlakozás követelményrendszerének teljesítéséhez.

Budapest hóvizsgálata (helyzetkép Budapest levegő-szennyezettségéről)

*Snow analyses at Budapest
(general survey of the air pollution around Budapest)*

HORVÁTH ISTVÁN¹, SZÖCS TEODÓRA¹, FÜGEDI UBUL¹, FÓRIZS ISTVÁN² és MOLNÁR PÉTER¹

¹Magyar Állami Földtani Intézet, H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

²MTA FKK Geokémiai Kutatólaboratóriuma, H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.

Tárgyszavak: hó, légszennyezettség, környezeti terhelés, oxigénizotóp, Budapest

Tárgyszavak: snow, air pollution, environmental exposure, oxygen isotope, Budapest

Összefoglalás

Jelen cikk az 1996. februárjában, a Magyar Állami Földtani Intézet Geokémiai projektje keretén belül megfogalmazott és megszervezett, egységes módszerű hómintavétel ismereteit foglalja össze.

A MÁFI és az MGSz munkatársai közreműködésével, egy három napos kampány során 96 mintát gyűjtöttünk Budapest közigazgatási határán belül vagy közvetlen közelében, közvetlenül az összefüggő hótakaró elolvadása előtt.

A vizsgálatok tájékoztató jellegűek, de alkalmasak a főváros környezeti terhelésének megismerésére, egy általános helyzetkép kialakítására illetve a tartós levegőszennyező források lehatárolására. Jól körülhatárolódik a halmozottan szennyezett belváros, és specifikus, kiugróan nagy értékei révén lokalizálható néhány ipari létesítmény is.

Abstract

This study summarizes the knowledge of a snow sampling based on a unified method.

The survey was organized by the geochemical project of the Geological Institute of Hungary, in February 1996. The employees of the Hungarian Geological Survey and the Geological Institute of Hungary contributed to the 3-day long campaign, during which 96 samples were collected in or next to the administrative border of Budapest. The sampling was done just before the thawing of the continuous blanket of snow.

The stable oxygen isotope composition of the analysed 18 samples varies from $-15,65$ down to $-20,70$ [‰]VSMOW. When the thickness of the snowpack is <40 cm, the $\delta^{18}\text{O}$ value indicates the effect of snow metamorphism and melting. The mostly polluted downtown on the Pest side shows the less negative $\delta^{18}\text{O}$ values resulted from heavy traffic and anthropogenic heat emanation.

The investigations are informative, but they are suitable for a general progress report, for recognition of the environmental load on the capital and to localize the permanent air pollution sources. It well defined the strongly polluted city centre, due mainly to transportation, and it was possible to localize some industrial companies by their specifically high values. These high pollution concentrations are found mostly within a 500–1000 m distance in the dominant wind direction.

Bevezetés

Azokban az esetekben, amikor a levegő közvetítésével a föld felszínére jutó szennyező anyagokat kívánjuk megismerni, a környezet aktuális terhelésének mérésére ideális közegnek tekinthetjük a hótakarót. A télen lehullott és felhalmozódott hó a levegő szállította szennyezettségnek nem valamely pillanatnyi állapotát mutatja, hanem viszonylag hosszú — több hetes, hidegebb telek esetében több hónapos — időszak környezeti terhelését integrálja. A környezeti terhelés fogalmába a hóminták esetében nem a különféle

gázok hatását kell értenünk, ahogy ezt a légszennyezettség köznapi értelmezése során megszoktuk: ez esetben a légkörbe kerülő szilárd fázisokról (télidőben ez értelemszerűen főként égéstermékeket jelent), aeroszolokról és egyéb, cseppfolyós halmazállapotú, kihulló anyagokról van szó. A hórteg tehát együtt tartalmazza a magasabb légrétegekből származó, nagyobb területre jellemző, nedves ülepedéssel lerakódó szennyező anyagokat és a helyi jellegű, por eredetű, száraz ülepedéssel kiváló szennyeződések. A légszennyezettség mértékének hómintákon alapuló becslése a környezeti állapotfelvétel viszonylag új, de gyorsan fejlődő módszere.

Magyarországon nagyobb területre (Budapest) kiterjedő, egységes módszerű hómintavételt először 1996. elején próbáltunk ki.

A mintákat közvetlenül az összefüggő hótakaró elolvadása előtt, február közepén egy három napos mintázás során gyűjtöttük be a MÁFI és az MGSz munkatársainak segítségével. Összesen 96 mintát gyűjtöttünk, és ezek közül 88, Budapest közigazgatási határán belül vagy közvetlen közelében található minta került feldolgozásra. Adataink így csak tájékoztató jellegűek, az általános tendenciák megállapítását azonban lehetővé teszik, az esetleges későbbi vizsgálatok számára összehasonlítási alapul szolgálhatnak.

Mintavétel, analitika

A mintavételhez igyekeztünk olyan helyszínt választani, ahol a hótakaró összefüggő és bolygatatlan volt — sózástól s anyagcseretermékektől mentes, nem tarkította kidobott szemét, nem taposták össze fűre gyermekklabak, nem csorgott rá lefolyó olvadékvíz stb.

A megfelelőnek ítélt ponton tiszta eszközzel kis, többé-kevésbé függőleges falú gödröt ástunk a hóba, egészen a talaj (járda, ablakpárkány, háztető stb.) felszínéig. A havat az így kiképzett gödör falából vettük. Törekedtünk a teljes szelvény (zömmel 20-60 cm) egyenletes mintázására, és arra is ügyeltünk, hogy talaj ne kerüljön a mintába. A helyszínről (kert, park, egyéb közterület, erkély stb.) pár soros leírás készült utcánévvvel és házszámmal, a mintavétel időpontjával. Nem csak a város közigazgatási határán belül gyűjtöttünk: ellenőrzésképpen beszedtünk néhány mintát a budapesti agglomeráció egy-két településéről is.

A havat a mintavételhez használt, bekötött polietilén zacskókban, szobahőmérsékleten kiolvastottuk, majd sürgősen — még a zacskókban — megmértük az így nyert víz pH-ját és vezetőképességét. A mérésekhez WTW gyártmányú műszereket használtunk. A hólét előzőleg kisavazott, 100 ml-es műanyag flakonokba töltöttük. Ezekben 1 ml nagy tisztaságú, tömény salétromsav biztosította, hogy a hólé pH-ja 2 alatt legyen. A minták többségét krómózott merőkanállal mertük a palackokba, de ellenőrzésképpen néhány mintát egyszerűen csak átcsorgattunk. Az ellenőrző mérések alapján kizárhatjuk, hogy az átmeréssel érdemi szennyezést vittünk volna be.

A vízkémiai elemzéseket a MÁFI laboratóriumában végezték. A vizet alkotó főkomponensek közül a kationok és egyes egyéb komponensek — mint a Si, illetve összes kén — meghatározására az ICP-optikai emissziós módszert alkalmazták (JY-70 szimultán-szekvens készülék). A nyomelem méréseket VG-PlasmaQuad II STE típusú ICP-MS készülékkel (10 ppb In belső standard alkalmazásával) a végezték. A mintákban az Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Si, K, La, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, S (összes), Sr, Tl, U, V, Zn komponensek mennyiségét vizsgálták.

18 minta esetében, amelyekből 13 minta Budapest területéről származik, meghatároztuk a stabil-oxigénizotópos összetételt is. A mérések az MTA Geokémiai Kutatólaboratóriumában Finnigan MAT delta S tömegspektrométeren készültek, a mintaelőkészítés a hagyományos CO₂-H₂O egyensúlyi rendszeren történt (EPSTEIN, MAYEDA 1953). Az eredményt a hagyományos delta (δ) jelöléssel adtuk meg a nemzetközi VSMOW sztenderdhez viszonyítva ezrelékben az alábbi módon:

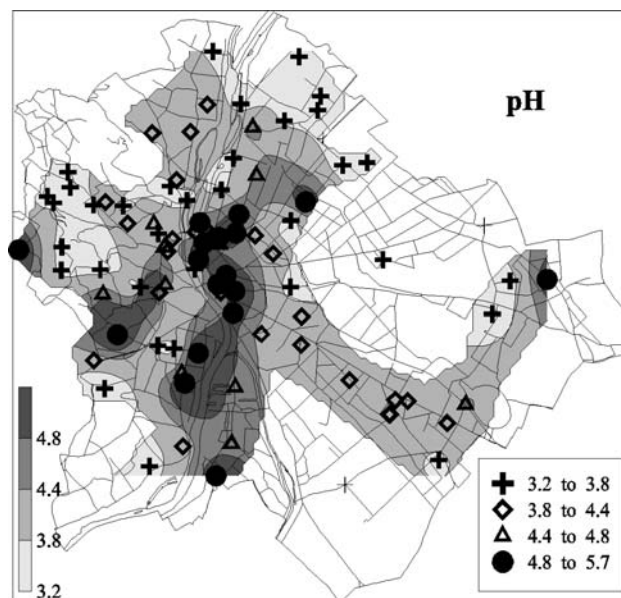
$$\delta^{18}\text{O} = \frac{R_{\text{minta}} - R_{\text{sztdenderd}}}{R_{\text{sztdenderd}}} \cdot 1000 \text{ [‰]},$$

ahol R_{minta} , ill. $R_{\text{sztdenderd}}$ a mintában, ill. a sztenderdben az ¹⁸O/¹⁶O arány. A mérések hibája ±0,1%.

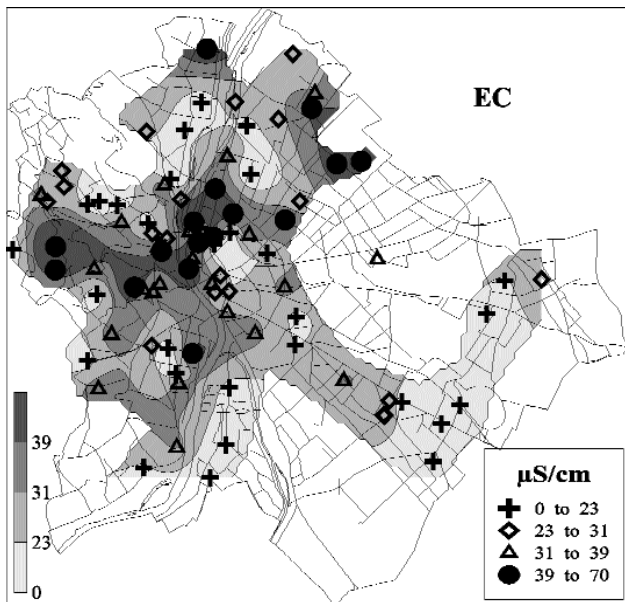
Eredmények, értékelés

A budapesti hólé pH-ja (1. ábra) zömmel 3,6 és 4,8 közötti, fajlagos vezetőképessége (2. ábra) pedig 20–40 μS/cm körüli. A frissen hullott hó pH-ja még 4,2–4,6 közötti, de a ráakadó szennyeződés miatt fokozatosan egyre savanyúbbá válik, miközben a fajlagos vezetőképesség csak kis mértékben nő.

Kisebb pH-értékekkel főként a budai hegyvidék és a pesti külső kerületek mintáinál találkozhatunk. Feltehetően különböző tényezők befolyásolják a pH-csökkenést a két területtípus között. A pesti külső kerületek esetében az egyik lehetséges tényező: az intenzívebb ipari tevékenységből és a háztartásokban használt tüzelőanyagokból származó SO₂ többlet pH-csökkentő hatása. A belváros felé haladva a hólé pH-ja és fajlagos vezetőképessége (oldott sótartalma) egyre nő; a pesti bel-városi mintákban többnyire 5,0 fölötti pH-t és 50 μS/cm-nél nagyobb vezetőképességet tapasztaltunk. A nagyobb pH-értékek lehetséges okai: 1. a belvárosban nincs



1. ábra. A budapesti hólé pH-jának elrendeződése
Figure 1. The distribution of thawn snow pH in Budapest



2. ábra. A budapesti hólé fajlagos vezetőképességének elrendeződése

Figure 2. The distribution of slush specific electrical conductivity in Budapest

olyan ipari tevékenység, amely lefelé tolná el a pH-t, 2. az öreg épületekből több mész (karbonát) juthat a talajfelszínre, mint a külső kerületek újabban létesült épületeiből.

A budapesti agglomeráció területén gyűjtött minták többségét — a hegyvidékiekhez hasonlóan — 3,6–4,2 közötti pH, de azoknál valamivel kisebb, 15–25 µS/cm fajlagos vezetőképesség jellemzi.

A mintavétel jellegéből adódóan nem áll módunkban összehasonlítani a pesti síkvidéki és a budai hegyvidéki mintákat abból a szempontból, hogy van-e a szennyeződéseknek magasságbeli zonalitása. Az eddigi nemzetközi tapasztalatok (KIM, FERGUSSON 1993) alapján azonban szinte biztosan állíthatjuk, hogy a budai oldal levegőjének tisztasága a viszonylag nagyobb arányú zöldövezet mellett a magas térszínnek is köszönhető. Hőinverzió miatt megrekedhet a szennyezett levegő a pesti oldal fölött.

Valamennyi vizsgált alkotó anomáliáinak többsége a (Nagykörút és a Duna által határolt) pesti belváros területére esik. Légi anyagszállításról lévén szó, igen nagy a helyi áramlási viszonyok jelentősége: ahol semmi sem állja útját a légmozgásnak, ott a szél továbbfújja a szennyező anyagokat, ahol viszont lelassul, ott sok minden kiülepszik belőle. Így hát minden, az egyes alkotók közötti, szignifikáns korreláció pozitív, miközben viszonylag nagy és egészen kis koncentrációk gyakran egymás közvetlen szomszédságában fordulnak elő.

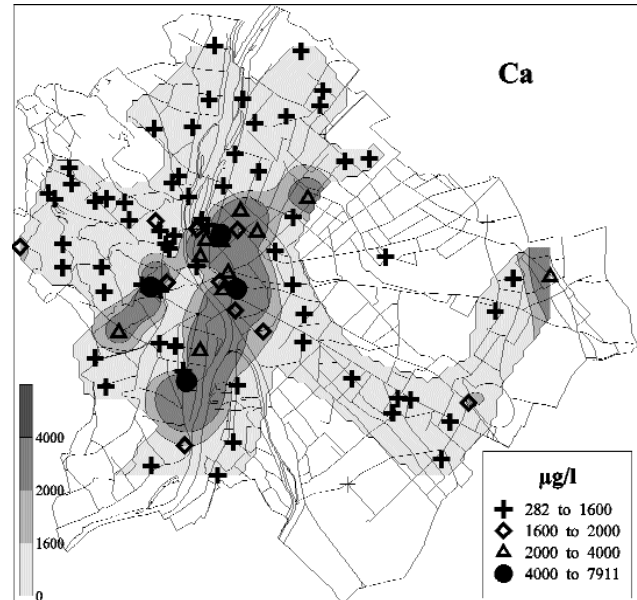
Főkomponens-analízis

Az általános együttmozgáson belül a főkomponens-analízis eredményeként két, viszonylag jól értelmezhető elemcsoportot jelölhetünk ki:

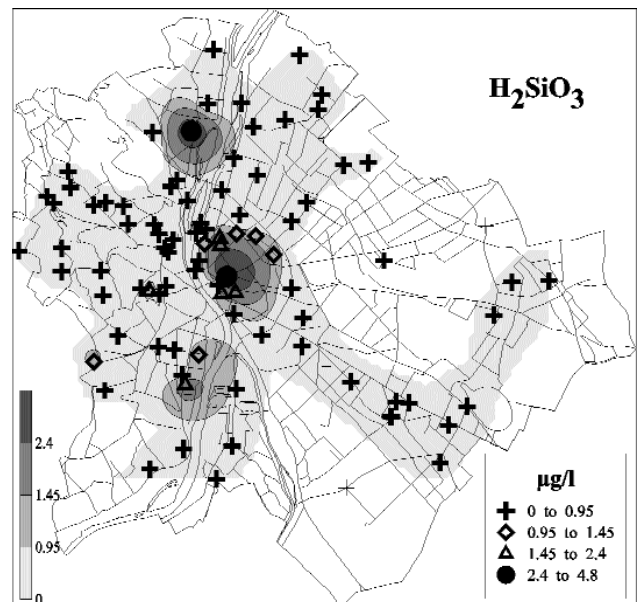
1. Al, Ba, Ca, Co, Cr, Fe, Si (H_2SiO_3 -ként megadva), La, Li, Mg, Mn, Sr, U
2. As, B, Cd, Pb, Sb (Bi).

1. elemcsoport

A vizsgált alkotók többségének (Al, Ba, Ca, Co, Cr, Fe, H_2SiO_3 , La, Li, Mg, Mn, Sr, U) térbeli eloszlása többé-kevésbé koncentrikus jellegű: legnagyobb értékeiket a belvárosban mértük, mennyiségük a peremkerületek felé fokozatosan csökken. Ezen általános tendencia mellett az



3. ábra. Ca-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 3. Ca-concentrations from snow samples in different parts of the city



4. ábra. Kovasav-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban

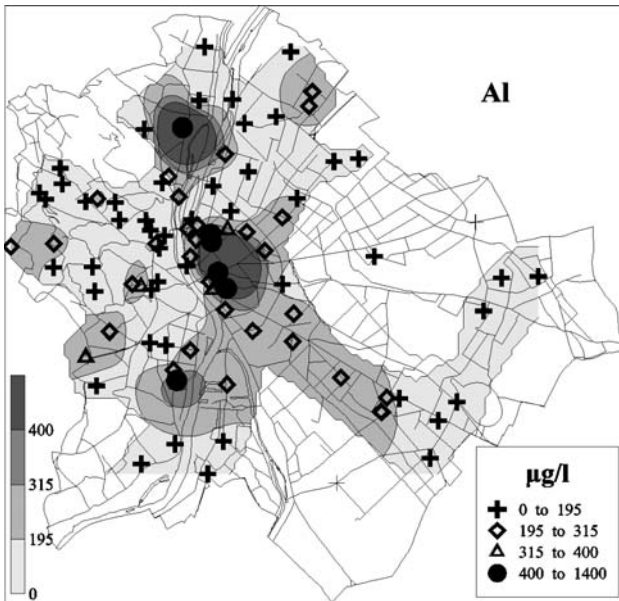
Figure 4. Silica-concentrations from snow samples in different parts of the city

egy-egy érték alakításában igen nagy a helyi tényezők szerepe is. A csoport erősen heterogén: benne egymástól kémiai tulajdonságaikat tekintve rendkívül különböző elemek fordulnak elő. Feltételezhető, hogy valójában nem egyféle kibocsátásról van szó, hanem több, egymással mindössze területi kapcsolatban álló hatás összegződik: akárhogy is nézzük, a belváros levegője a legszennyezettebb.

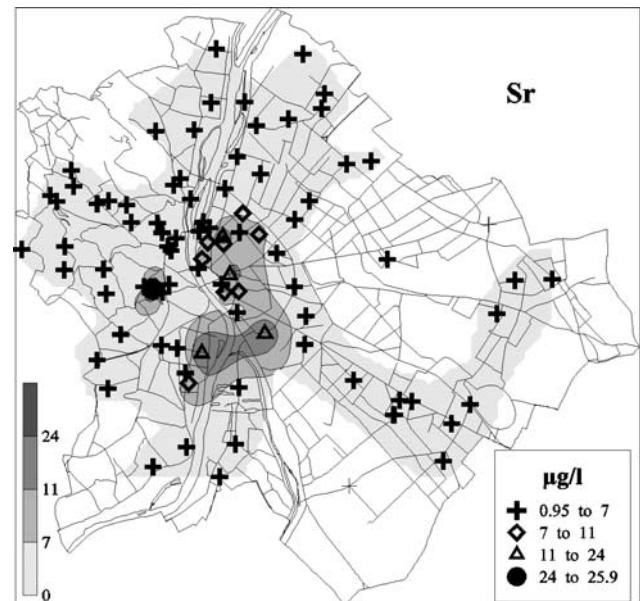
Az energia-előállítás során pernye és korom keletkezik. Ezek fő alkotórészei a Si-oxidok, Ca-oxid, továbbá a szulfátok és a karbonátok. A belvárosi

értékekhez hasonlóan nagy Ca-koncentráció (3. ábra) jellemzi a kelenföldi-albertfalvi iparvidéket és az Apor Vilmos tér környékét; nem sokkal kisebb a Fehérvári út (XI. ker.) mellett begyűjtött minta koncentrációja sem. Az általánosan magas-nagyon magas belvárosi kvasav-értékek mellett csak két helyen figyelhető meg kiugró érték: egy Óbudán és egy Albertfalván (4. ábra).

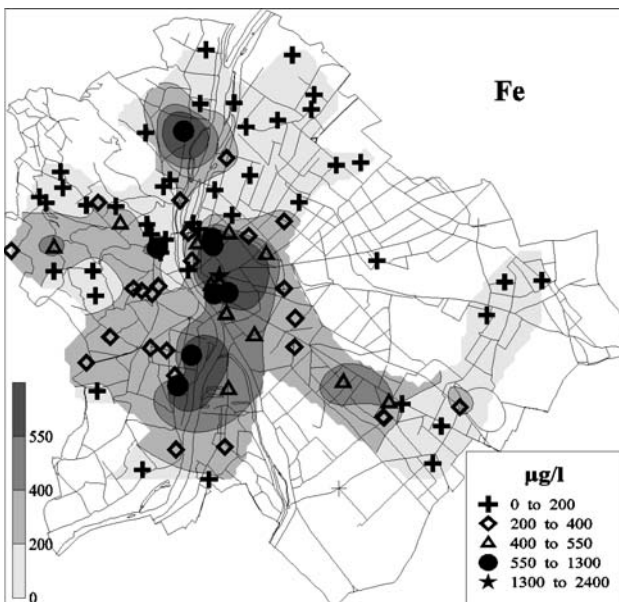
Hasonló elterjedés jellemzi az Al-ot (5. ábra) és a Fe-at (6. ábra) is, de főleg a Fe esetében nagyobb területre terjed ki a szennyezés: a csepeli iparvidék környéke, illetve a Jánoshegyi út (XII. ker.) környékére.



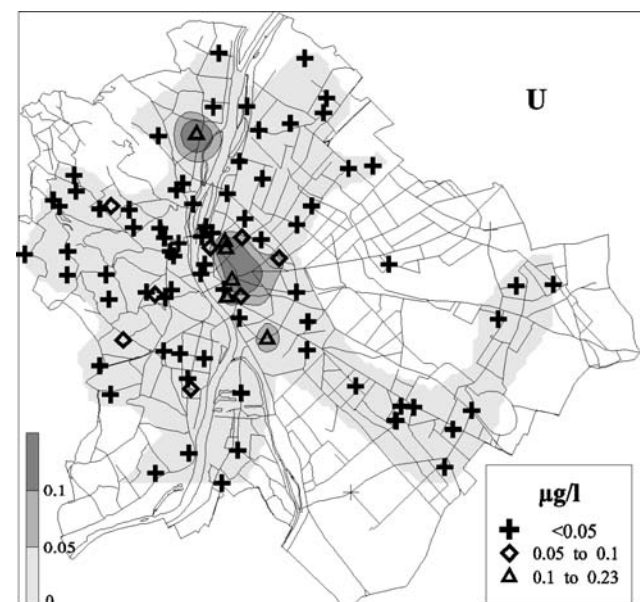
5. ábra. Al-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 5. Al-concentrations from snow samples in different parts of the city



7. ábra. Sr-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 7. Sr-concentrations from snow samples in different parts of the city



6. ábra. Fe-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 6. Fe-concentrations from snow samples in different parts of the city



8. ábra. U-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 8. U-concentrations from snow samples in different parts of the city

A Sr (7. ábra) és az U (8. ábra) esetében is megfigyelhetők (a belvárosi magas koncentrációkon kívül) a potenciális lokális szennyezők hatásai: Kaszásdűlő utca – Bojtár utca (III. ker.) környékén (U), és jól érzékelhető a Fehérvári úton (XI. ker.) és az Apor Vilmos téren (XII. ker.) jelentkező anomália (Sr).

A csoport kialakulásában az is szerepet játszhat, hogy a különböző elemek mobilizációs képessége. Ebbe a csoportba azon, por jellegű alkotók kerültek, amelyek nehezebben mobilizálódnak és a nagyobb szemcsékben dúsulnak. Hasonló általános képet mutat a Ni eloszlása is, e fém legnagyobb koncentrációi azonban nem a belvárosban, hanem a külső kerületek iparvidékein figyelhetők meg.

Cinkből is a belső pesti kerületek mintáiban találtuk a legtöbbet. Másodlagos maximumokkal jelentkezik Újpest, Nagytétény–Csepel és Budaörs.

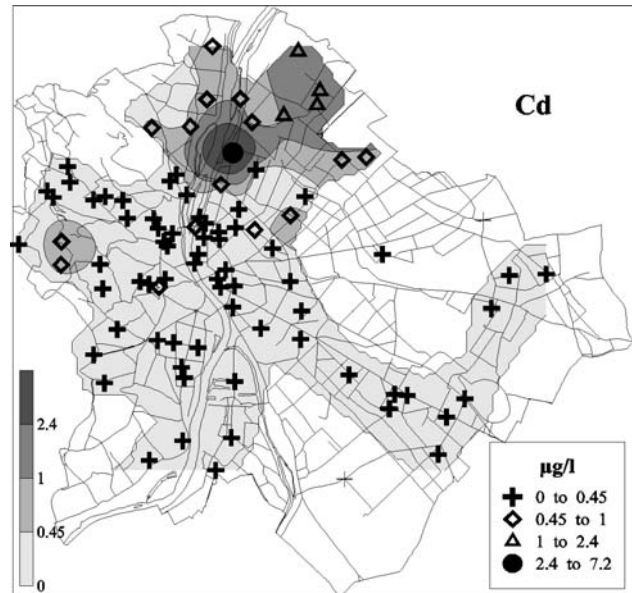
2. elemcsoport

Gyaníthatóan elsősorban az égéstermékek és az ipari tevékenységek kibocsátásainak lerakódását jellemzi az As–B–Cd–Pb–Sb (Bi) elemcsoport. A legnagyobb értékek zömmel a város központjától legyezőszerűen észak felé terjeszkedő sávban csoportosulnak.

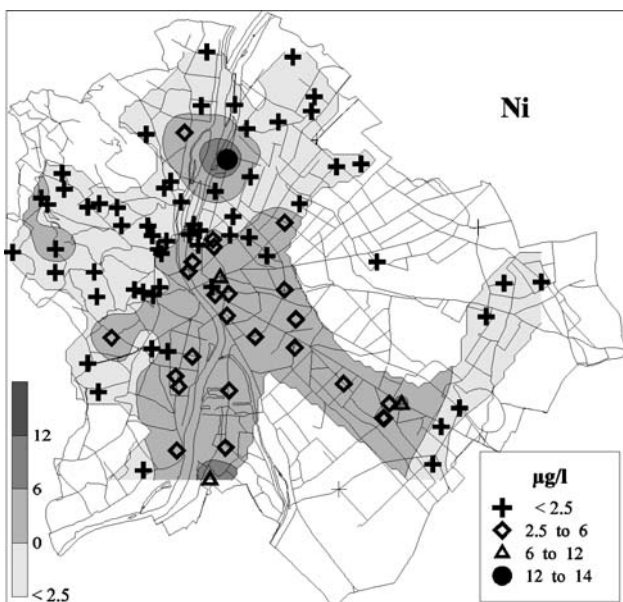
Ezen elemek fontos, közös jellemzője, hogy könnyen mobilizálódnak, és kis méretű ($\delta < 0,25$ mm) szemcsékben dúsulnak (PAPP, KÜMMEL 1992). A helyi tényezők (áramlási viszonyok) szerepe folytán az egészen nagy értékek közé lépten-nyomon kisebbek keverednek. Közismert tény, hogy a városi ólomterhelés fő forrása a benzín, a kadmiumé a gumiköpenyek porlása, míg a bórt leginkább a széntüzelésű fűtőberendezések szolgáltatják (KADÁR 1995).

A helyi hatások szerepére jó példa a Ni (9. ábra) és Cd (10. ábra) maximumának helye — az Akkumulátorgyártól (XIII. ker.) kb. 50 m-re.

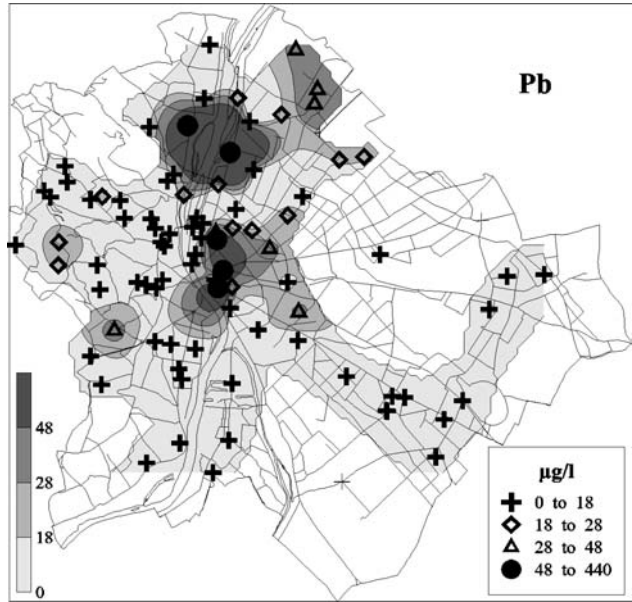
Az Pb (11. ábra) illetve Sb (12. ábra) térképeit nézve jól elkülönül a közlekedés okozta belvárosi maximum és valószínűsíthetően: az Akkumulátor gyár, miközben már a Cd-nál is szembevetően az FKFV Fővárosi Hulladékégető (XV. ker.) hatása. A Kaszásdűlő utca – Bojtár utca környékén is nagyon nagy az Pb-Sb koncentráció.



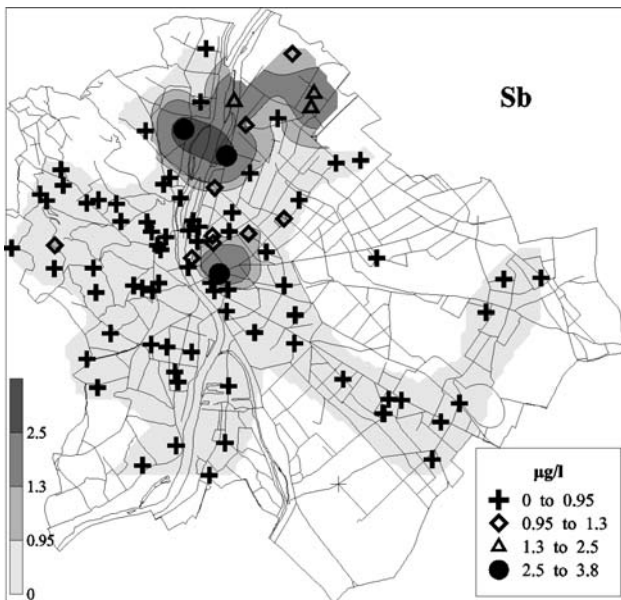
10. ábra. Cd-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 10. Cd-concentrations from snow samples in different parts of the city



9. ábra. Ni-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 9. Ni-concentrations from snow samples in different parts of the city



11. ábra. Pb koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
Figure 11. Pb-concentrations from snow samples in different parts of the city



12. ábra. Sb-koncentrációk a különböző városrészek hómintáiban
 Figure 12. Sb-concentrations from snow samples in different parts of the city

Mindkét csoporttól eltérően, a belvárostól D–DK felé található a nagyobb V-koncentrációk. A K és Rb anomáliái meglehetősen rendezetlenül, de együtt fordulnak elő.

A Na java része feltehetőleg az utak, utcák sózásának hatására, esetlegesen keveredik a mintaanyagba. Nagyobb értékei ennél fogva meglehetősen esetlegesen helyezkednek el.

Több komponens — As, Bi, Rb, SO_4^{2-} , Tl (Al, Cr, Fe, Na, Pb, Sb, Sr) — is viszonylag nagy koncentrációkkal jelenik meg két, a budai hegyvidéken, egymáshoz közel, a Gyermekvasút (XII. ker.) nyomvonala mellett gyűjtött mintában, amelyeknek ezáltal a vezetőképessége is viszonylag nagy. A pH értékük — a belvárosi anomáliától eltérően — kimondottan kicsi. A fentiek alapján valószínűsíthető, hogy a környéken létezik légszennyezést kibocsátó szennyezőforrás.

Korreláció-vizsgálat

Csoportosítottuk a mintákat a következő kritériumok szerint:

1. rét, erdő, külterület (ide értve például a Városligetet és a Népligetet is),
2. közterület (például parkoló),
3. kert,
4. kisebb park,
5. agglomerációs terület.

Az egyes csoportokra külön-külön elvégzett korreláció-vizsgálatok szerint — az agglomerációs területek kivételével, ahol túl sok tényező együttes hatása összegződik — mindig megfigyelhető az Al-Mo-Co-Fe-Mn-(V-Ca)-Sr-Ni-Si minimum 95%-os szignifikancia szintű korrelációja. Biztosan állíthatjuk, hogy ezek az ele-

mek negatívan korrelálnak a hóvastagsággal. Az első három területtípusnál az As-Sb-Pb-Cd-Bi korrelációja szintén megállapítható. A park és az agglomerációs körzet esetében csak részleges ez a kapcsolat. A parkokban Pb-Bi-Ag, az agglomerációban Pb-Sb-Ag kapcsolatot figyelhetünk meg. A K-Rb együttes előfordulását megerősíti az a tény is, hogy az első három csoportnál szintén megfigyelhető a két elem korrelációja. Az utak sózásának köszönhető SO_4^{2-} -Na kapcsolat figyelhető meg a közterületeken, kertekben, parkokban. Értelemszerűen nincs ilyen korreláció a rét, erdő, külterület csoportban a sózás hiánya, illetve az agglomerációs körzetben a több tényező, együttes hatás következtében.

A hóminták stabil-oxigénizotópos összetétele

A csapadék stabilizotópos összetétele és a havi átlagos hőmérséklet között egyenes arányosság van. Minél nagyobb a hőmérséklet, annál dúsabb a csapadék a vízmolekulát fölépítő hidrogén és oxigén elemek nehezebb izotópjában [deutérium (D) és ^{18}O]. Így a csapadék stabilizotópos összetétele évszakos ingadozást mutat. A csapadék stabilizotópos összetétele és a felszínközeli levegő hőmérséklete közötti kapcsolat azonban nem közvetlen kapcsolat. Párolgáskor a könnyebb izotópok nagyobb arányban távoznak, mint amilyen arányban a vízben vannak, tehát izotópos frakcionáció lép fel, és ez hőmérsékletfüggő. Minél hidegebb van, izotóposan annál könnyebb a párolgáskor följutó párából keletkező felhő. Ez az egyik oka a stabilizotópos összetétel évszakos változásának. A másik ok kicsit összetettebb. A felhőből távozó csapadék a felhővel izotópos egyensúlyban válik ki, így a távozó (kihulló) csapadék izotóposan nehezebb, mint a maradék felhő. A folyamat előrehaladtával a maradék felhő izotóposan egyre könnyebb lesz, oxigén esetében a $\delta^{18}\text{O}$ értéke egyre negatívabb lesz. Tehát a kihullás mértékétől is függ, hogy egy adott felhőből távozó csapadéknak milyen lesz a $\delta^{18}\text{O}$ értéke. Ahogy a felhő halad előre, a belőle kihulló csapadék $\delta^{18}\text{O}$ értéke fokozatosan kisebb (negatívabb) lesz. Kanadában néhány kilométeren belül egy ezrelék különbséget is mértek az eső $\delta^{18}\text{O}$ értékében (R. Krouse, szóbeli közlés). Télen pedig a kihullás nagyobb mértékű, így a tengerek felől egy adott hely fölé érkező felhő $\delta^{18}\text{O}$ értéke télen jóval negatívabb, mint nyáron.

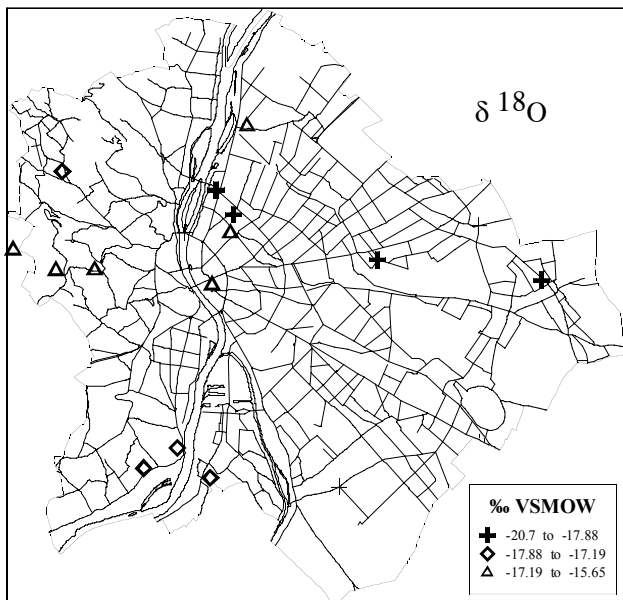
Magyarországon egy 13 éves időszor (DEÁK 1995: Alföld 1977–1989,) adatai alapján a januári és a februári csapadék átlagos $\delta^{18}\text{O}$ értéke -13 [‰]VSMOW (VSMOW –Vienna Standard Mean Ocean Water). A téli hónapokban viszonylag gyakori a -15 – -18 ‰-es $\delta^{18}\text{O}$ érték, ennél negatívabb értékek (-19 – -22 ‰) is előfordulnak, azonban ritkák. Az általunk mért $\delta^{18}\text{O}$ értékek a $-15,65$ – $-20,70$ ‰ tartományba esnek (átlag $-17,8$ ‰), ami a fenti 13 éves időszort figyelembe véve a hidegebb telekre jellemző érték-tartomány.

Érdekes képet mutat a $\delta^{18}\text{O}$ értékek megoszlása. Ha három, közel egyenlő tartományra osztjuk a $\delta^{18}\text{O}$

értékeket, akkor a 13. ábrán megfigyelhetjük, hogy a pozitívabb értékek (háromszög) a budai oldalon, valamint a Belvárosban és Újpesten fordulnak elő; a közepes értékek (négyyszög) Dél-Budán, a Csepel-szigeten és egy a budai oldal északi részén; a legnegatívabb értékek (kereszt) pedig kizárólag a pesti oldalon, középtájt fordulnak elő. A szélsőértékek közti különbség 5%. Mi lehet ennek az eloszlásnak a magyarázata? Alapvetően két okra vezethető vissza.

1. Többszöri csapadékozás végtermékét mintáztuk meg. Bizonyára a különböző havazási eseményekkor hullott szilárd csapadék (hó) $\delta^{18}\text{O}$ értéke eltérő volt. A különböző területekre pedig egy adott havazáskor nem ugyanannyi hó hullott. Erre utal az a tény is, hogy a hó vastagsága jelentős eltéréseket mutatott (10-80 cm), bár ez a jelleg (később látni fogjuk) a 40 cm-nél kisebb vastagságok esetében a hó metamorfózisához köthető, a 40 cm-nél nagyobb vastagságok esetében azonban valószínűleg az eltérő intenzitású csapadékhullás (és esetleg a hófúvás) következménye. Ha a különböző $\delta^{18}\text{O}$ értékű hórétegek vastagsága más-más arányú, akkor az eredő hó (teljes hóréteg) $\delta^{18}\text{O}$ értéke helyről-helyre változni fog. Ennek a jelenségnek igen nagy a valószínűsége, hiszen ha megnézzük Magyarország Éghajlati Atlaszában (MERSICH *et al.* 2001) Budapest és környezete december-januári átlaghőmérsékletét és csapadékviszonyait, akkor azt látjuk, hogy a budai oldal egy része hidegebb és csapadékosabb. Ebből persze nem következik, hogy az általunk vizsgált időszakban is ez volt a jellemző, hiszen a főnti megfigyelés egy sokéves átlag, azonban valószínűsíti, hogy a csapadékhullásban területi különbségek vannak.

A legközelebbi olyan állomás, ahol a csapadék havi átlagos $\delta^{18}\text{O}$ értékét mérik, Bécsben van. Az 1995. évi

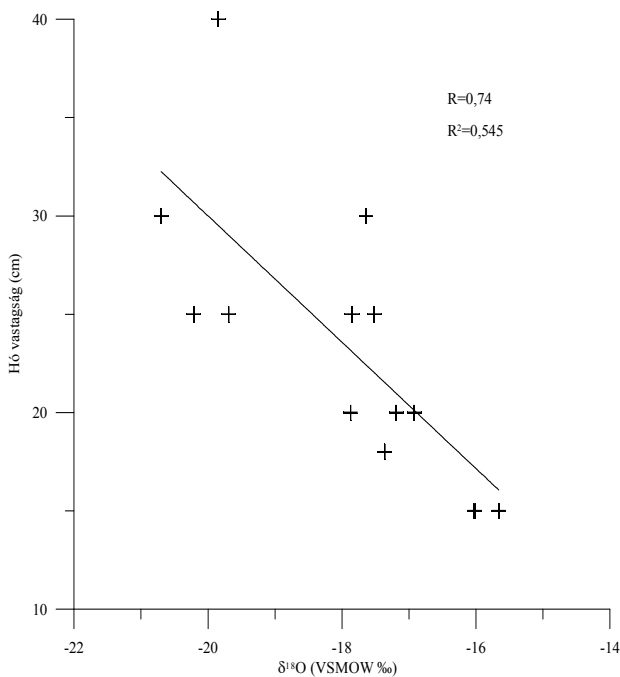


13. ábra. $\delta^{18}\text{O}$ értékek a különböző városrészek hómintáiban
 Figure 13. $\delta^{18}\text{O}$ values from snow samples in different parts of the city

decemberi, 1996. évi januári és februári átlagértékek rendre $-20,7$, $-18,7$, $-12,5\%$ [GNIP adatbázis (2001), Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Laboratóriuma, Bécs]. Februárban jelentősebb mennyiségű eső esett, valószínűleg a februári d^{18}O érték ezért jóval pozitívabb az előző kettőnél. A jelen vizsgálat tárgyát képező hóminták még az eső hullása előtt lettek begyűjtve, ezért az eső hatása a budapesti mintákon nem érzékelhető. A decemberi és a januári $-20,7$ és $-18,7\%$ d^{18}O értékek jó összhangban vannak az általunk mért mintákkal, bár a budapesti hóminták $\delta^{18}\text{O}$ értékeinek átlaga kissé pozitívabb (ennek magyarázatát lásd később).

2. Mintegy kéthónapi havazás eredményét vizsgáltuk. Egy hóréteg pedig időben nem állandó, még akkor sem, ha a hőmérséklet folyamatosan a fagypont alatt van. A hórétegben lévő hőmérséklet gradiens miatt a hóréteg metamorfózálódik, szublimál, továbbá anyagcsere játszódik le a környezetével (metaszomatózis), esetleg olvadás is történhet. A hó-metamorfózis a hőmérséklet gradiens által hajtott (a talaj felől mindig van némi hőáramlás) belső diffúzió következtében történő átkristályosodás, a szemcseméret és -alak, valamint a szövet megváltozása. Mindezek a folyamatok természetesen nyomot hagynak a hó stabilizotópos összetételén.

A jég és a víz közti egyensúlyi oxigénizotóp frakcionációt laboratóriumi kísérletekkel O'NEIL (1968), ill. SUZUOKI, KAMURA (1973) határozták meg, és úgy találták, hogy nulla $^{\circ}\text{C}$ -on a jég $\delta^{18}\text{O}$ értéke $3,1$, ill. $2,8\%$ -kal nagyobb, mint a vízé. Szublimációkor inkább a könnyebb izotópokból álló molekulák távoznak. Több kutató foglalkozott a természetes és laboratóriumi körülmények között történő hó-metamorfózis stabilizotópos jellemzőivel, valamint a természetes körülmények között lejátszódó hóolvadás esetén az izotóp-frakcionációval. SOMMERFELD *et al.* (1991), valamint FRIEDMAN *et al.* (1991) vizsgálta a hóréteg átalakulásával járó izotópos változásokat. Vizsgálataik szerint a hóréteg alsó részéből valamilyen belső diffúzió és/vagy a pórusterben lejátszódó szublimáció és kifagyás útján a vízmolekulák egy része fölfelé vándorol. A helyben maradt jégkristályok $\delta^{18}\text{O}$ értéke pedig pozitívabb lett. Kiseb hatású folyamatként mutatták ki, hogy a szublimáció hatására esetenként a hóréteg felső néhány centimétere izotóposan nehezebb lett. Végeredményben a teljes hóréteg $\delta^{18}\text{O}$ értéke minden esetben pozitívabb lett. UNNIKISHNA *et al.* (2002) négy hónapon keresztül mérték az olvadékvíz és a teljes hóréteg $\delta^{18}\text{O}$ értékét. Az olvadás mértéke a megfigyelési időszak végének kivételével nagyon kicsi volt. Ezen idő alatt az olvadékvíz $\delta^{18}\text{O}$ értéke pozitívabb volt, mint a hóé, ami pont a fordítottja, mint amit egyensúlyi frakcionáció esetén várnánk. Ennek oka a már ismertetett metamorfózis, ami következtében a hóréteg alja izotóposan nehezebb lesz, továbbá lassú olvadásnál nem a teljes hóréteg kezd el olvadni, hanem csak az alja, amely utóbbi több ezrelékkel pozitívabb $\delta^{18}\text{O}$ értékű, mint a teljes hóréteg, így amikor a hóréteg alja olvadni kezd izotóposan egyensúlyi frakcionáció mellett, az olvadékvíz $\delta^{18}\text{O}$ értéke



14. ábra. $\delta^{18}\text{O}$ értékek és a hóvastagság közötti kapcsolat a 40 cm-nél vékonyabb hórétegek esetében

Figure 14. Relation between $\delta^{18}\text{O}$ values and snow thickness

ugyan negatívabb, mint az alsó hórétegé, azonban pozitívabb, mint a teljes hórétegé. RODHE (1998) szerint lassú hóolvadásnál ez általánosan megfigyelt jelenség). UNNIKISHNÁÉK megfigyelési időszaka végén gyors hóolvadás következett be és ekkor már az olvadékvíz $\delta^{18}\text{O}$ értéke negatívabb volt, mint a teljes hórétegé, hiszen ekkor már a teljes hóréteg kezdett el olvadni. Tavasz gyors hóolvadást vizsgált HASHIMOTO *et al.* (2002), akik rész-leteiben mutatták ki, hogy a függőleges szelvény mentén a hóréteg felső néhány centimétere kivételével az olvadékvíz $\delta^{18}\text{O}$ értéke negatívabb, mint a szilárd fázisé.

A fenti jelenségek összegzéseként megállapíthatjuk, hogy akár metamorfózis, akár olvadás játszódik le, a maradék hóréteg $\delta^{18}\text{O}$ értéke pozitívabb, mint eredetileg volt, vagyis a hóréteg izotóposan nehezedik.

Vizsgáljuk meg, hogy van-e összefüggés a hóréteg vastagsága és a $\delta^{18}\text{O}$ értékek között. Első ránézésre nem találunk korrelációt, azonban ha csak a 40 centiméternél

vékonyabb rétegeket vizsgáljuk (14. ábra), akkor azt tapasztaljuk, hogy a hóréteg-vastagság és a $\delta^{18}\text{O}$ értékek között egy $R^2=0,54$ együtthatójú lineáris korreláció áll fenn. Minél vékonyabb a hóréteg, annál pozitívabb a $\delta^{18}\text{O}$ értéke. Ez tökéletes összhangban van a fentebb részletezett megfigyelésekkel, vagyis megállapíthatjuk, hogy a 40 centiméternél vékonyabb hórétegek nem tartották meg az eredeti $\delta^{18}\text{O}$ értéküket, valószínűleg mind metamorfózis, mind pedig kisebb mértékű hóolvadás is történt, aminek a végeredménye, hogy a maradék hó $\delta^{18}\text{O}$ értéke pozitívabb lett, mint az eredeti $\delta^{18}\text{O}$ érték. Természetesen a 40 centiméternél vastagabb hórétegekben is lejátszódhatott némi metamorfózis, és kismértékű olvadás is történhetett, azonban ezek mértéke olyan kicsi lehetett, hogy egyértelműen nem mutatható ki.

Érdekes megnézni a hó szennyezettsége és $\delta^{18}\text{O}$ értéke közti kapcsolatot. A korábbi fejezetekben láttuk, hogy többféle szennyezés különböztethető meg. A belvároshoz köthető szennyeződés, ahol feltehetően a gépjárművek kipufogógázai, a fűtésből származó szennyeződés és a lakásokból kikerülő por együttes hatása érvényesül, jelentősebb hő-kibocsátással jár együtt. A hő-kibocsátás pedig a hóréteg metamorfózisát és részleges megolvadását okozza, aminek eredménye a hó $\delta^{18}\text{O}$ értékének a pozitív irányba való eltolódása. Ennek megfelelően a pesti belvárosban találhatóak a legpozitívabb $\delta^{18}\text{O}$ értékek.

Összefoglalás

Az elvégzett hóvizsgálat, tájékoztató jellege mellett is alkalmas a város tartós levegőszennyező forrásainak lokalizálására, egy általános helyzetkép kialakítására: elsősorban a közlekedésnek köszönhetően halmozottan szennyezett a belváros, és kiugróan nagy értékek jellemzik az egyes ipari létesítmények 500–1000 m-es környékét, főleg az uralkodó szélirányban. Az ipari és egyéb szennyező források pontos azonosítása nem célja a jelen tanulmánynak, és a rendelkezésre álló adatok ezt nem is teszik lehetővé.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a MÁFI és az MGSz lelkes munkatársainak, akik nélkül lehetetlen lett volna ilyen rövid idő alatt a főváros közel egészét mintáznunk.

Irodalom

- ANANJAN, V. L. (Ed.) 1994: O himiceszkom szosztave atmosfjernüh oszadkov v Armenyii. — *Izv. NAN RA, Nauki o zemlje*, 47 (1–2), pp. 70–82.
- BOUSTRON C. F., GÖRLACH U., CANDELONE J.-P., BOLSHOV M. A., DELMAS R. J. 1991: Decrease in anthropogenic lead, cadmium and zinc in Greenland snows since the late 1960s. — *Nature*, 353., 12 september 1991., pp. 153–156.
- BOZÓ L., BARANKA GY., 1996: A légköri savasodást okozó vegyületek, valamint a nehézfémek koncentrációja és ülepedése Európában. — *Természet Világa* 127 (1), pp. 24–27.
- DEÁK J. 1995: A felszín alatti vizek utánpótlódásának meghatározása izotópos módszerekkel az Alföldön. — *Kézirat*, VITUKI Zárójelentés, Budapest.
- EPSTEIN S., MAYEDA T. 1953: Variation of the O^{18} content of

- waters from natural sources. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* 4, pp. 213–224.
- FRIEDMAN, I., BENSON, C., GLEASON, J. 1991: Isotopic changes during snow metamorphism. — In: TAYLOR, H. P. JR., O'NEIL, J. R., KAPLAN, I. R. (eds): *Stable Isotope Geochemistry: A Tribute to Samuel Epstein*. — *The Geochemical Society, Special Publication* 3, pp. 211–221.
- GNIP „Global Network of Isotopes in Precipitation” adatbázis, IAEA/WMO, 2001: <http://isohis.iaea.org/>
- HASHIMOTO, SH., SHIQIAO, ZH., NAKAWO, M., SAKAI, A., AGETA, Y., ISHIKAWA, N., NARITA, H. 2002: Isotope studies of inner snow layers in a temperate region. — *Hydrological Processes* 16, pp. 2209–2220.
- KÁDÁR I. 1995: A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. — *Kézirat*, KTM-MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- KIM, N. D., FERGUSSON, J. E. 1994: The concentrations, distribution and sources of cadmium, copper, lead and zinc in the atmosphere of an urban environment. — *The Science of the Total Environment* 144, pp. 179–189.
- MERSICH I., PRÁGER T., AMBRÓZY P., HUNKÁR M., DUNKEL Z. 2001: *Magyarország éghajlati atlasza*. — Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- MÉSZÁROS E., MOLNÁR Á., HORVÁTH ZS. 1993: A mikroelemek légköri ülepedése Magyarországon. — *Agrokémia és Talajtan* 42 (3–4), pp. 221–228.
- MÉSZÁROS, E., MOLNÁR, Á., HORVÁTH, ZS., LÁSZTITY, A. 1993: Trace metal concentrations in atmospheric precipitation over Hungary. — *Időjárás* 97 (1), pp. 35–41.
- O'NEIL, J. R. 1968: Hydrogen and oxygen isotope fractionation between ice and water. — *Journal of Physical Chemistry* 72, pp. 3683–3684.
- PAPP S., KÜMMEL R. 1992: *Környezeti kémia*. — Tankönyvkiadó, Budapest. 359 p.
- PÓLAY I. 1993: *A levegőszennyezés forrásai Budapesten*. Biotechnológia és Környezetvédelem. pp. 20–22.
- RODHE A. 1998: Snowmelt-dominated systems. — In: KENDALL, C., McDONNELL, J. J. (Eds): *Isotope tracers in catchment hydrology*. Elsevier, Amsterdam, pp. 391–433.
- SOMMERFELD, R. A., JUDY, C., FRIEDMAN, I. 1991: Isotopic changes during the formation of depth hoar in experimental snowpacks. — In: TAYLOR, H. P. JR., O'NEIL, J. R., KAPLAN, I. R. (Eds): *Stable Isotope Geochemistry: A Tribute to Samuel Epstein*. — *The Geochemical Society, Special Publication* 3, pp. 205–209.
- SUZUOKI, T., KUMURA, T. 1973: D/H and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ fractionation in ice-water systems. — *Mass Spectroscopy* 21 pp. 229–233 (a hivatkozást közölte CLARK, I., FRITZ, P.: *Environmental isotopes in hydrogeology*. Lewis Publishers, Boca Raton – New York, 1997.
- UNNIKRISHNA, P. V., McDONNELL, J. J., KENDALL, C. 2002: Isotope variations in a Sierra Nevada snowpack and their relation to meltwater. — *Journal of Hydrology* 260 (1–4), pp. 38–57.

Negyedidőszaki kavicsüledékek hasznosításának tájképi hatása Kiskunlacháza környékén

Landscape ecology of utilization of Quaternary gravel deposits in the vicinity of Kiskunlacháza

BODNÁR ERIKA

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: építőipari nyersanyag, kavicsbánya, tavak, Közép-magyarországi Régió, környezeti hatás, bányászattörténet, tájképi hatás

Keywords: aggregates, gravel pits, ponds, Central Hungarian Region, environmental effects, mining history, landscape ecology

Összefoglalás

Magyarország feltöltött medence jellege miatt potenciális forrása az építőipari kőzetanyagoknak, így kavicsoknak, kőzetzúalékoknak (aggregátumoknak). Magyarország az EU csatlakozás küszöbén áll, az utóbbi tíz évben újrastrukturálódó és fejlődő gazdasága, a megújuló technológiák a kőzetzúalékok iránti igény növekedését eredményezték. A vizsgált terület a Közép-magyarországi Régió Csepel-sziget és környéke kistérség, Dabasi-kistérség területére esik, a Budapest fővárosi agglomeráció vonzáskörzetében, a Csepeli-síkságon helyezkedik el. A térségben a kavicsbányászat az 1920-as évek elején kezdődött. Jelenleg a tágabb területen 22 működő és 27 felhagyott kavicsbányában 52 különálló tó található, ez mintegy 600 hektár (azaz 6 km²) tófelületet, több mint 50 millió m³ vizet, mint potenciális jóléti tavat jelent. A térségben a jelenleg ismert kavicskészletek még legalább 20–50 évig elegendőek; így a bányászattal kapcsolatos környezeti problémák, az azt követő rekultiváció és rehabilitáció környezetvédelmi szempontjainak markánsabb érvényesítése, az ökológiai szemléletű tájrendezés, területrendezés jelenti. A cikk témája a bányászat tájképi hatása.

Abstract

The territory of Hungary is a potential resource place of aggregates because of its filled basin character. Hungary is approaching joining EU; its fast developing economy of the last ten years yielded a growing demand for aggregates. The investigated area, the Central Hungarian Region, Csepel Island and its periphery, the Dabas region and the agglomeration of the capital, is situated in the Csepel lowland 40 km south of Budapest. Gravel-mining started at the beginning of the 1920's. At this moment on the investigated area and the surrounding territories there are 22 mines with 52 ponds, which indicates 600 ha (6 km²) water surface, more than 50 million m³ water and 27 abandoned pits used for recreation. The stock of gravel is enough for 20–50 years on this area, therefore the most important problem is not the lack of source material but ecologically based landuse planning. The article's topic is the mining's impact on the landscape.

Bevezetés

A törmelékes kőzetek, kőzetzúalékok (építőipari kőzetanyagok, adalékanyagok) jelentősége a gazdaság fejlődésével párhuzamosan folyamatosan növekszik. Az építkezések, közlekedési beruházások kivitelezéséhez egyre több kavicsra, homokra van szükség, mivel a hagyományos építőanyagok (terméskő, tégl) mellett mind több megújult, különböző technológiával készült betont, kőzetzúalékkal kevert bitument használnak fel. Magyarország az EU-csatlakozás küszöbén áll, az utóbbi

tíz évben fejlődő gazdasága, a Széchenyi terv célkitűzései az építőipari kőzetanyagok iránti igény növekedését eredményezik. Koncentrált ez az igény az autópálya-, híd-, zöldberuházásos ipari és lakópark építkezéseknél. A főváros környékén, ahol a beruházások továbbra is gyors ütemben nőnek, a szükséges nyersanyagok is rendelkezésre állnak. Budapeستől DK-re a pleisztocén idején, a Duna mederváltoztatásának eredményeként, jelentős mennyiségű folyóvízi kavicslerakódás jött létre. A mai Ausztria, Szlovákia területéről hozott görgetett törmelékanyagot az Ős-Duna itt kezdte lerakni és szét-

teregetni. Jelenleg ezen a területen 22 bányában termelnek kavicsot; a bányák jelentős része osztrák és német tulajdonban van, de alkalmazottaik magyarok. A bányák látják el Budapestet és környékét építési kavicsanyaggal, de innen több 10 km-re is szállítanak kavicsot, a legtávolabbi célpont 200 km-nél messzebb van. A kavicstermelés Magyarországon igen jövedelmező az EU országokkal összehasonlítva a bányatelkek (termőföld) alacsony ára, az alacsony bányajáradék, a munkaerő EU-s értékének 1/10 szinten tartása miatt. Az árfolyamkülönbségek kihasználásával a multinacionális cégek legalább kétszeres hasznot érnek el. A térségben a jelenleg ismert kavicskészletek még legalább 20–50 évig elegendők; a legfontosabb kérdés tehát nem a nyersanyag hiánya, hanem a bányászattal kapcsolatos környezeti problémák, az azt követő rekultiváció és rehabilitáció környezetvédelmi szempontjainak érvényesítése, az ökológiai szemléletű tájrendezés és a területrendezés.

A vizsgált terület jellemzői

A bányászat, mint a környezetbe való drasztikus beavatkozás szinte minden környezeti elemre hatással van. A természetes környezeti elemek (alapközet, talaj, talajvíz, morfológia, bioszféra) mellett jelentősen befolyásolja mind az épített, mesterséges környezet elemeit (utak, épületek, vezetékek, infrastruktúra), mind a társadalmi környezetet (település, foglalkoztatottság, népesség). A bányászat által okozott környezeti változások egyik legszembetűnőbbike a tájkép átalakulása, amelynek fő jellemzőivel az alábbiakban foglalkozom.

Kutatási területem, amely nagyjából Alsónémedi, Délegyháza, Dunavarsány, Kiskunlacháza és Bugyi községek közigazgatási területére esik (Erdélyiné, Kajcsa 1993), (Közép-Magyarországi Régió: Csepel-sziget és környéke kistérség, Dabasi-kistérség, Budapest fővárosi agglomeráció) a Csepeli-síkságon helyezkedik el (1. ábra).

A terület természetes tájképi elemei típusos alföldi alluviális síkság jellegeit viselik magukon, kevés természetes, néhány mesterséges vízfolyással, kisebb-nagyobb erdőfoltokkal. Átlagos tengerszint feletti magassága nem haladja meg a 100 métert, a maximális természetes szintkülönbség 2-3 méter. Közvetlenül határos a Kiskunsági Nemzeti Parkkal és az Ócsai Tájvédelmi Körzettel. A terület morfológiája és földtani felépítése által meghatározott tájelemeken számos sajátosság természetes élőhely típus alakult ki. Ilyenek a szikes mocsárrét, a szikigyep, a vakszik, a magassásos, amelyekben jellegzetes állatvilág is megtelepedett (a partfalakban partifecske és gyurgyalag, a lapos területeken időnként még a túzok és az ugartyúk is megjelenik; 2. ábra). A mezőgazdasági művelésű területeken részben különböző gabonanövényeket, részben zöldség- és gyümölcsféléket termelnek. A mesterséges tájelemek elsősorban a falvak



1. ábra. A terület fekvése

Figure 1. Location map



2. ábra. Érintetlen táj

Figure 2. Untouched area

(Bugyi és Alsónémedi egy része) beépített területei, valamint szórványosan elhelyezkedő tanyák. Közlekedési hálózata viszonylag fejlett, nyugati határán az 51. sz. másodrendű országos főútvonal fut Dömsöd–Kalocsa–Baja irányába, keleti határán az 5. sz. országos főút Alsónémedin keresztül Dabas–Kecskemét–Szeged irányába, míg az egyes településeket épített utak kötik össze. A területen áthalad a Budapest–Kelebia vasútvonal, s Kiskunlacházától délkeletre az egykori szovjet hadsereg elhagyott repülőtere található. A terület vízháztartása szempontjából lényeges mesterséges létesítmények a Duna–Tisza-csatorna és más kettősfunkciójú csatornák (öntözés, horgászat).

A bányászkodás története

A térségben a kavicsbányászat az 1920-as évek elején kezdődött, ekkor nyitották meg az első, magánkézben lévő kavicsbányát Délegyházán, a vasútállomás közelében (TOMPA 1982). Ekkor még nem végeztek földtani kutatást, kavicsbányát ott nyitottak, ahol a kavics a felszínen volt. Ebben az időben (a világháború előtt) a kavicskitermelés jelentős részét a Duna-meder kavicsanyaga szolgáltatta. Dunaújvárosnál a Duna 11,5 kg/s görgetett és 66 600 kg/s lebegtetett hordalékot szállít. A háború után a meginduló újjáépítés sok építőanyagot kívánt, s egyre-másra nyíltak meg a magánkézben lévő kavicsbányák. Ezeket 1949-ben államosították, és az 50-es évek közepén egy vállalattá vonták össze. Mivel azonban az állami vállalat által termelt mennyiség sem volt elegendő, egyre-másra nyíltak meg a termelőszövetkezetek és más termelők bányái, aminek következtében országosan mintegy 600 kavicskitermelő lyuk keletkezett. 1950-ben 0,7 millió m³, 1980-ban 7,2 millió m³ volt a kitermelt kavics mennyisége, s folyamatosan nőtt a megismert földtani kavicskészlet is (1. táblázat).

A rendszerváltás után a kavicsbányák jelentős része német tulajdonba került. A kis kavicsbánya tulajdonosok általában felhagyták a tulajdonukban lévő területet. A termelési folyamatban, a tulajdonosok személyében, tökeere-

1. táblázat. A földtani kavicskészlet változása Magyarországon

Table 1. Change of gravel reserves of Hungary

Térség	1982 (m ³)	2000 (m ³)
1. Kisalföld	3 600 000	765 887 500
2. Szombathely–Sárvár térsége	836 000	72 343 750
3. Duna-völgy	13 000 000	625 881 250
4. Sajó–Hernád törmelékűp	16 000 000	478 294 370
5. Szamoshát–Tiszahát–Szatmári-síkság	25 000 000	85 343 750
6. Ártánd–Körös-vidék	22 000 000	42 993 750

jében történt változások más-más módon ugyan, de mind befolyásolják a tájra gyakorolt hatást. Jelenleg a tágabb területen 22 bányában 52 különálló tó található, ez mintegy 600 hektár (azaz 6 km²) tófelületet, több mint 50 millió m³ vizet és 27 felhagyott kavicsbányát, mint potenciális jóléti tavat jelent. Összehasonlításképp álljon itt ismert jóléti tavaink vízfelülete: a Balaton 596 km², a Fertő-tó 335 km², a Velencei-tó 26 km².

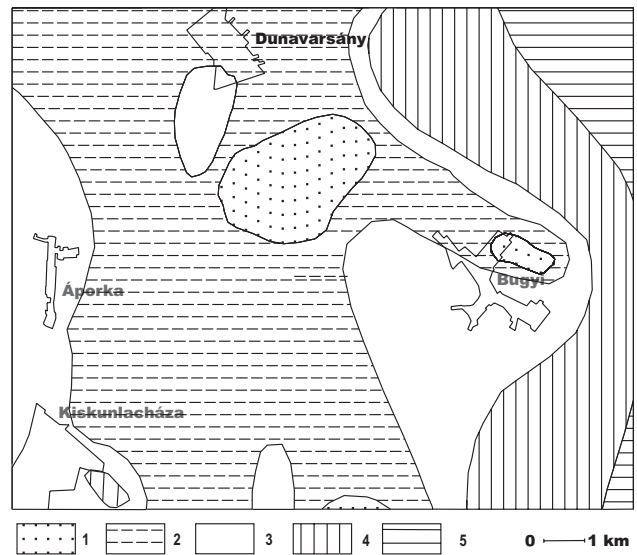
A terület kavicsüledékeinek földtani helyzete

A terület földtani viszonyai — részben éppen az intenzív bányászkodást megelőző földtani kutatásoknak, részben az Alföld földtani térképezésének következtében — meglehetősen jól ismertek. A terület aljzatában a szénhidrogén-kutató fúrások feltárták a középhegységi típusú perm–mezozoos alaphegység karbonátos képződményeit.

Ezek változatos mélységben (250–1500 m a felszín alatt) elhelyezkedő felszínén diszkordánsan eocén konglomerátummal kezdődő harmadidőszaki rétegsor települ, amely részben a paleogént, részben a miocént (beleértve a felső-pannóniai rétegeket is) képviseli. A felső-pannóniai képződményekre elsősorban folyóvízi negyedidőszaki üledékek rakódtak le, melyek összvastagsága elérheti a 100 m-t is.

A mintaterületen a haszonanyagként számításba vehető pleisztocén kavicsréteg vastagsága 5–25 m (3. ábra). Feküjét finomabb szemű folyóvízi üledékek alkotják, míg fedőjében folyóvízi, tavi és szélfújta üledékek egyaránt megtalálhatók (4. ábra). Az egykori folyóvízi térszínen változatos talajfeleségek alakultak ki: réti csernozjom, öntés réti talajok, valamint szikes réti szolonyec talajok, amelyeken gyakori a fiatal futóhomok-fedettség (5. ábra).

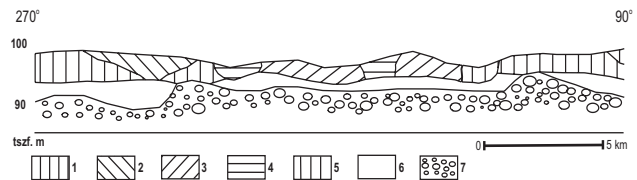
Mind bányászati, mind környezetvédelmi szempontból rendkívül jelentős a területen a talajvíz helyzete (KUTI



3. ábra. Kavicsvastagság térkép (KUTI 1974. után)

1. — <5 m 2. — 5-10 m 3. — 10-15 m 4. — 15-20 m 5. — >20 m

Figure 3. Thickness of gravel deposits (after KUTI 1974.)



4. ábra. Negyedidőszaki üledékek keresztmetszete a vizsgált területen (KUTI 1974. után)

1. — Folyóvízi kőzetliszt, 2. — Kőzetlisztes homok, 3. — Szikes talaj, 4. — Mésziszap, 5. — Szélfújta homok, 6. — Folyóvízi homok, 7. — Kavics

Figure 4. Geological cross-section of Quaternary deposits of the investigated area (after KUTI 1974)

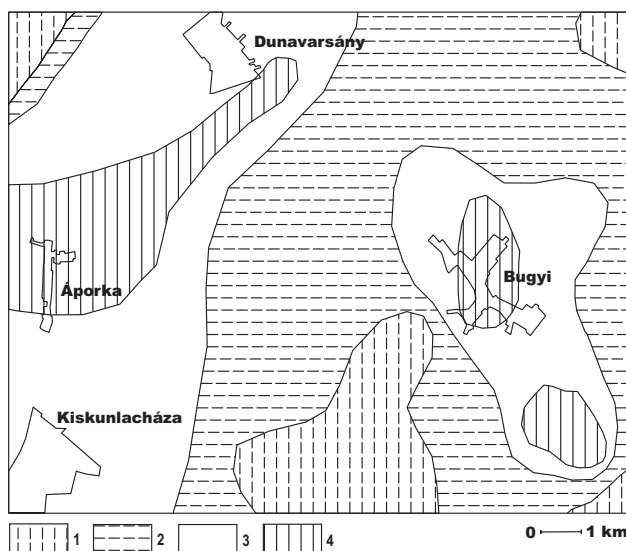
1 — Fluvial silt, 2 — Silty sand, 3 — Salty soil, 4 — Calc-tufa, 5 — Wind-blown sand, 6 — Fluvial sand, 7 — Gravel.

1974). Ennek felszín alatti mélysége 0,5–4 m között változik, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy minden egyes bányanyitással új tó alakul ki, amely közvetlen kapcsolatban van a fedett talajvízzel (6. ábra).

A bányanyitást megelőző földtani kutatás lehetővé teszi — elméletileg —, hogy csak azok a területek kerüljenek ki a mezőgazdasági művelés alól, amelyek alatt gazdaságosan kitermelhető vagyon van (azaz a bányaművelés, szállítás költségei arányban állnak a kitermelt kavicsvagyon értékével). Gyakorlatilag azonban a művelés



5. ábra. Talajszelvény
Figure 5. Soil profile



6. ábra. A talajvíztükör nyugalmi szintje a felszín alatt a vizsgált területen (KUTI 1974. után)
1. — 0–1 m, 2. — 1–2 m, 3. — 2–3 m, 4. — 3–4 m

Figure 6. Hydrostatic level of ground-water table in the investigated area (after KUTI 1974.)

alól kivett terület általában nagyobb, mivel a kiszolgáló létesítmények (épületek, közlekedési és szállítási utak, vasút) is külön helyet igényelnek. A földtani kutatás alapján kijelölt területeken, amennyiben valaki bányát szándékozik nyitni, a következő lépés a bányatelek-fektetés. Ez a sajátságos jogi helyzetű telek azt jelenti, hogy a termőföld ugyan az eredeti (telekkönyvi) tulajdonos birtokában marad, azonban az alatta lévő kavicsvagyont a bányatelek-tulajdonos kitermelheti (a földterület tényleges tulajdonosával való megegyezés szerint). A bányatelek határan belül fektetik le a védőpillért, 50-200 méterre a bányatelekhatártól, amin kívül biztonsági okokból nem lehet elkezdeti a bányatelek rézsűjének kialakítását. Ez a helyzet sok esetben különleges állapotokat eredményez: ma, van olyan, felhagyott kavicsbánya-területen lévő tó, amelynek 306 telekkönyvi tulajdonosa van.

A kavicsbányászat során követett technológiai lépések mindegyike valamilyen formában hatással van a környezetre, így a táj képére is.

A technológiai lépések tájképi hatásai

A termelés első lépése a termőtalaj letakarítása. Ezt a 20-40 cm vastag humuszos réteget a földvédelmi törvény rendelkezései szerint, a későbbi hasznosíthatóság érdekében külön kell deponálni (7. ábra).

Ezután a kavics feletti egyéb meddőréteg letakarítása és deponálása következik (BÖHM et al. 1999), majd megindulhat a termelés. Ez a vállalkozó tőkeerejétől és technológiai érdeklődésétől, valamint a kitermelhető kavicsréteg vastagságától függően parti vagy úszókotrórs módszerrel történik (8. ábra).

A kitermelt kavics különböző szállítási módokon, általában osztályozóba kerül, ahol a legtöbb esetben négy vagy öt frakcióra bontják. Ennek környezetterhelő hatása, valamint tájképi hatása attól függ, hogy nyílt vagy zárt rendszerben végzik-e az osztályozást (9. ábra).

Az osztályozással létrejött, különböző szemcseméretű frakciók folyamatosan változó méretű és alakú, kisebb-nagyobb dombok formájában találhatóak a területen (10. ábra).



7. ábra. Talajletakarítás (abrámolás) a Readymix bányájában
Figure 7. Soil uncovering by mine machine at Readymix Ltd.



8. ábra. Vonóvedres partikotró a Kavics-Beton Kft. bányájában
 Figure 8. Dragline at Kavics-Beton Ltd.

A vizsgált területen működő bányák többsége több évre tehető műszaki tervekkel rendelkezik, amelyeknek fontos fejezete a bányaterületnek a művelés felhagyása utáni sorsával foglalkozik; ez ugyanis tartós, a legtöbb esetben végleges tájképi arculatváltozással jár. Ennek az az oka, hogy a területen a talajvíz a felszínhez közel található, aminek egyenes következménye, hogy a bányaterületek helyén, a bányaművelés felhagyása után tavak alakulnak



9. ábra. A Méhes Kft. bányájának osztályozója
 Figure 9. Gravel-classification at Méhes Ltd.



10. ábra. A Kavics-Union Kft. homokdepója
 Figure 10. Kavics-Union Ltd.: Dumped sand

ki. A létrejövő állóvizek kezelése, funkciójuk jellege lényegesen különböző lehet. A magára hagyott, rekultiváció nélküli területtől a vízisport- és horgászpáradicsomig igen sokféle tóval találkozhatunk.

Kiskunlacházától nyugatra a Duna ártéri magaspartra települt magántulajdonú bánya egyike a terület rossz irányban fejlődő tájjelemeinek. Itt alacsony tőkeerejű tulajdonos elavult gépekkel, kis volumenű kitermelést folytat, ennek következtében a területen kialakult tó iszapos, mocsaras, környéke rendezetlen, jelenleg építési törmeléket hordanak a partjára. Egyidejűleg hobbihorgászás is folyik a tóban. A nem művelt partszakaszokon sűrű sásos és nádas, a kevésbé vizenyős területeken gyomnövényes növénytársulás alakult ki. Mivel a tó, illetve a bánya közvetlenül a lakott terület szélén helyezkedik el, a jelenleg káros környezeti hatásokat mutató képet egyfunkciós, jóléti tóvá való kialakítással helyre lehetne hozni (11. ábra).

Akár ellenkező példa is lehet a Kiskunlacházától keletre, az egykori repülőtér építéséhez fejtett kavics bányagödörében kialakított úgynevezett Csali-tó, amely tulajdonképpen négy különálló tavat jelent, amelyek közül kettő két-funkciós (horgászat, fürdés), kettő pedig a halivadékok nevelésére szolgál. A terület rendezése, kialakítása mintaszerű, a nyugodt vízfelület biztosítása érdekében jelentős, a szélirányra merőleges fásítást is végeztek. A bekerített, vezetékes vízzel is ellátott területen mind a közlekedés, mind a szennyvíz- és személtelhelyezés szabályozott keretek között történik (12. ábra).

A Kiskunlacháza–Bugyi közötti út északi oldalán helyezkedik el a terület egyik legnagyobb területű kavicsbányája, a Kiskunlacházi Kavicsbánya Kft. több mint



11. ábra. Cser-tó: Gyom és roncsok
 Figure 11. Cser-pond: Weed coenoses and wrecks

százhektáros (1 km²) területe. A jelenleg is működő bányában úszókotrók kitermelés folyik, a kitermelt kavicsot hosszú szállítószalag juttatja el az osztályozóhoz, ahol négy frakcióra osztályozzák. A jelentős kitermelt készletek nagyméretű ideiglenes dombokat alkotnak a kialakult tavak partján. A bányánál a hasznosításra nem kerülő homok, iszap szerves anyagot nem tartalmazó része a tóba kerül



12. ábra. Csali-tó: horgász és fürdőhely

Figure 12. Csali-pond: fishing and swimming place

vissza. A bánya létesítésekor, a 70–80-as években még jelentős volt a házgyárak kavicsigénye, valamint koncentrált termeléssel történt az igények kielégítése, ezért a Budapest–Kelebia vasútvonalról iparvágányt ágaztattak le ehhez a bányához, amely azonban ma üzemben kívül van (13. ábra).

Mintegy három kilométerre keletre található a Kavics-Union bányája, amelynek bányatekét 1994-ben fektették le. A bányatelek nagysága valamivel több, mint egy négyzetkilométer. A várható kitermelési kavicsvastagság 11 méter körül van. Ez a bányatelek közvetlenül határos a Kiskunsági Nemzeti Parkkal, ennek következtében részletes természeti értékfelmérést is készítettek a területről. A bányaművelés jelenlegi szakaszában parti kotrók művelés folyik, zárt rendszerű osztályozással, a másutt meddőnek számító homok deponálásával és értékesítésével. A jelenlegi morfológiai kép meglehetősen változatos, tíz métert is meghaladó relatív szintkülönbségek alakultak ki, melyek helyzete, formája folyamatosan változik. A bánya részletes tájrendezési tervvel rendelkezik (KOLUCSAY 2000), ami rögzíti az üzem további fejlődésének ütemezését, az egyes ütemekhez kapcsolódó termelési és rekultivációs munkákat. A mozaikos élőhely típusok a tájrendezési terv szerint a tóba mélyen benyúló félszigeti, ill. szigeti élőhe-



13. ábra. Kavicsbánya Kft. bányájának távlati képe

Figure 13. Gravel-Mine Ltd.: overview

ly, öblök, vízközeli partok élőhelye, homokpusztai élőhely, sziki élőhely (agyagos felszínen) lehet. A végeredmény egy madárvárta, amely a Nemzeti Park területére érkező fészkelni szándékozó madarak megtelepedését számukra természetes élőhelysziget kialakítását célozza meg, az É–D irányú természetes ökológiai folyosók között.

Bugyitól északkeletre található a Kavics-Beton Kft. kavicsbányája, ahol nemcsak kavicskitermelés, hanem térkögyártás is folyik. Itt mintegy húsz méter mélységig van haszonanyag. A kitermelés 10 m³-es vonóvedrű parti kotróval történik, a szállítás szalagos megoldású, az osztályozás nyitott rendszerű. Csak érdekességként jegyzem meg, hogy itt a durva törmelékben az úgynevezett kulában gyakoriak a szenesedett fatörzsek, mamut csontok (JASKÓ, KORDOS 1990) és mamut fogak (14. ábra).

A terület keleti részének felhagyott kavicsbányája a Szittyó melléki felhagyott (Alsónémedi) bánya, amely a legjobb úton halad a jóléti tóvá válás útján, környezete rendezett, be van kerítve, és területén csak engedélyezett horgászat folyik (15. ábra).

A kutatási területen folyó kavicsbányászat a tájképi elemeken túl igen jelentős hatást gyakorol számos más környezeti elemre is. A talajvízszint megváltozása, a felszíni vízzé vált talajvízben lezajló kémiai változások, a



14. ábra. Kavics-Beton Kft.: térkögyártás

Figure 14. Gravel-Concrete Ltd.: Manufactured field-rock

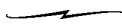


15. ábra. Alsónémedi: jóléti tó

Figure 15. Alsónémedi: welfare pond

tavakban folyó recens üledékképződés, a tófelület párolgása (a hidrológiai egyensúly megváltozása), a tavak mikroklimatikus hatásai mind módosítják a környezet állapotát, s ezzel együtt az ökológiai viszonyokat is, amelyek eredeti állapotának kialakulásában fontos szerepe van a földtani-vízföldtani felépítésnek. E tényezők közvetlen

tájképi hatást azonban csak igen ritkán okoznak, így jelen dolgozatomban ezekkel nem foglalkoztam. Kutatási munkám jelenlegi szakaszában ugyanakkor már számos erre vonatkozó adatot sikerült összegyűjtenem; amelyekről következő jelentésemben számolok be.



Irodalom

- BÓHM J., BUÓCZ Z., CSÓKE B. 1999: A kavicsbányászat környezeti hatásai. — *Publ. Univ. of Miskolc, Series A. Mining Vol.* 53, No6, pp. 103–122.
- ERDÉLYINÉ SZALÓKI J., KAJCSA M. 1993: Pest megye környezeti jellemzői II. — *Kézirat*, Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség, Budapest, pp. 99–156.
- JASKÓ S., KORDOS L. 1990: A Budapest–Adony–Örkény közötti terület kavics formációja. — *MÁFI Évi Jelentése az 1988. évről*, pp. 153–167.
- KOLUCSAY A. 2000: Tájrendezési terv. Bugyi–V. „Kavics” véd-névű bányatelek területére. — *Kézirat*, Kavics-Union Kft., Budapest.
- KUTI L. 1974: A dabasi kavicskutatás és verőszonda kísérletek eredményei. — *MÁFI Évi Jelentése az 1973-as évről*, pp. 233–250.
- TOMPA L. 1982: A kavicsbányászat története Magyarországon. — *Földtani Kutatás XXV. 2*, pp. 69–76.

Lepusztult freatomagmás vulkáni kráter és kürtőkitöltés-roncsok (diatrémák) a Bakony–Balaton-felvidék vulkáni területen

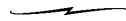
Eroded phreatomagmatic crater and vent filling pyroclastic deposits (diatremes) from the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field, Hungary

NÉMETH KÁROLY^{1,2}, ULRIKE MARTIN³ és CSILLAG GÁBOR²

¹University of Otago, Geology Department, PO Box 56, Dunedin, New Zealand, nemeth_karoly@hotmail.com

²Magyar Állami Földtani Intézet, Stefánia út 14, Budapest, H-1143, Magyarország, csillag@mafi.hu

³TU Bergakademie, Institut für Geologie, Bernhard-von-Cotta str 2., Freiberg D-09596, Deutschland, ulrike.martin@geo.tu-freiberg.de



Tárgyszavak: freatomagmás vulkanizmus, monogenetikus vulkanizmus, diatréma, salakkúp, tufagyűrű, maar, szideromelán, bazalt, tefrit, peperit, Magyarország

Keywords: phreatomagmatic, monogenetic, diatreme, scoria cone, tuff ring, maar, sideromelane, basalt, tephrite, peperite, Hungary

Összefoglalás

A késő-miocén–pliocén Bakony–Balaton-felvidék vulkáni terület (BBFV) egy alkáli bazalt összetételű, lemezen belüli, monogenetikus vulkáni terület, ahol változatosan lepusztult maarok, tufagyűrűk, salakkúpok, lávatavak és völgykitöltő lávafolyások/mezők alkotják a vulkáni felszínformákat. Öt erősen lepusztult, felületben ellipszoid alakot mutató, jól körülhatárolt piroklasztit előfordulásról egyértelműen megállapítható azok kürtőkitöltő, kürtő-roncs (diatréma) volta. Az azonosított piroklasztit kőzetek osztályozatlan, középestől durvaszemcsés lapilli tufákig terjedő közettípusok. A lapillitufák minden esetben sárgás, szürke, világosbarna, változatos szemcseméretű, szögletes, juvenilis vulkáni lapilliben gazdag képződmények, amelyek alapvetően kétféle juvenilis fragmentumot tartalmaznak: 1) tiszta, enyhén hólyagos szideromelán és 2) erősen irányított szövetű, sötét színű gyengén hólyagos láva törmelék. Mindkét fragmentum hirtelen hűlésre utaló jeleket hordoz, ami a lapillitufa freatomagmás robbanások útján történt keletkezésére enged következtetni. Mindkét juvenilis töredék gyakran tartalmaz üledékes zárványokat, ami a freatomagmás töredezészt kiváltó magma és konszolidálatlan, vízdús üledék kontaktusára utal. Kezdeti állapotban ez utóbbi a prevulkáni pannóniai folyóvíztavi agyag és homok lehetett, majd az ismétlődő robbanásokat egyre inkább a

Abstract

The Bakony – Balaton Highland Volcanic Field (BBHVF) is a Late Miocene/Pliocene alkaline basaltic intraplate monogenetic volcanic field comprises variable eroded maars, tuff rings, cinder cones and valley-ponded lavaflows/fields. Large volcanic edifices are relatively well studied in volcanological point of view but smaller occurrences of pyroclastic rocks have not yet been dealt with at Bakony – Balaton Highland Volcanic Field. However, their presence could give a good reference for erosion rate calculations of the syn-volcanic (Pliocene) landscape and develop better understanding of the eruption mechanism of phreatomagmatic volcanoes.

Five, small volume pyroclastic rock occurrences have been mapped and studied. Each of these pyroclastic rock locations are ellipsoid in plane and seems to exhibit angular contact with the pre-volcanic rock units. The identified pyroclastic rocks are predominantly lapilli tuffs and minor pyroclastic breccias. They are rich in accidental lithic fragments picked up from the former conduit wall-forming rock units. All of the lapilli tuffs are rich in juvenile fragments. Juvenile fragments are both tachylite and sideromelane glass shards, indicative for variable degree of magma/water interaction as well as variable travelling time through air by the clasts. The two major types of juvenile fragments are 1) clear, light yellow, slightly microvesicular, and microcrystalline sideromelane glass shard and 2) strongly oriented, textured, trachytic textured, dark colour, slightly vesicular lava, and/or tachylite glass shards. The presence of this type of juvenile fragments, especially the presence of sideromelane, suggests sudden cooling and fragmentation of the intruding melt due to phreatomagmatic magma/water interaction. The composition of the volcanic glass shards is predominantly tephrite, phonotephrite (light colour, chilled, microlite-poor shards) or trachybasalt (trachytic texture, microlite-rich shards). However, the composition and texture of the glass shards are often affected by variable degree of palagonitization, which process clearly occurs in larger glass shards, leaving intact only the interior of the shards, and creating darker yellow rim around the glass shard. The glass shards, both sideromelane and tachylite, contain a large number of entrapped sedimentary clasts, vesicle-filling xenoliths. These xenoliths are both 1) pre-volcanic fluvio-lacustrine, shallow marine silts, sand or mud and 2) pyroclastic unit-derived fragments. Their presence marks the importance of the interaction and possible pre-mixing prior to phreatomagmatic fragmentation and disruption of the bedrocks by the intruding alkaline basaltic

kürtökitöltő, piroklaszt-dús zagy és az újonnan benyomuló magma kölcsönhatása válthatta ki. A lapillitufa egyaránt gazdag mélyről és a vulkáni sorozat közvetlen feképződményeiből feltépett prevulkáni járulékos közetdarabokban, jelezvén, hogy a freatomagmás robbanások felszín alatt következtek be. A Kereki-hegy meredeken dőlő piroklasztit rétegei egykori kráterperemről leszakadt és a kürtőt kitöltő zagyba süllyedt blokkokként értelmezhetők. Az öt tanulmányozott kürtökitöltés-roncs eredete arra enged következtetni, hogy azok völgytalpakon, hidrológiailag aktív zónákban jöttek létre, színvulkáni, alacsony térszíneket jelezve.

magma and water-rich slurry. The slurry is inferred to be a volcanic conduit-filling mixture of fluvio-lacustrine/shallow marine siliciclastic and pyroclastic debris, rich in water from different sources, such as ground-water, valley floor occupied swamp, creek, or small lake water.

The lapilli tuffs contain both shallow-level pre-volcanic and deep-level basement rock fragments, indicating that the explosion locus migrated during eruption and sampled a thick section of the pre-volcanic rock units. Sedimentary clasts are common from the immediate pre-volcanic rock unit (Pannonian sand), regardless that they are already eroded in the areas or just represented by thin veneers. This finding suggests that these sediments were widespread in syn-volcanic time.

Based on the textural characteristics, field relationships and the micro-textures of the studied pyroclastic rock exposures, they are interpreted to be deeply eroded sub-surface structures of phreatomagmatic volcanoes. According to the unsorted, chaotic features of these pyroclastic rocks, they are inferred to be exposed lower diatremes. Steeply dipping beds of near-vent base surge and air-fall beds interpreted to be collapsed and later subsided blocks of crater-rim deposits.

Bevezetés

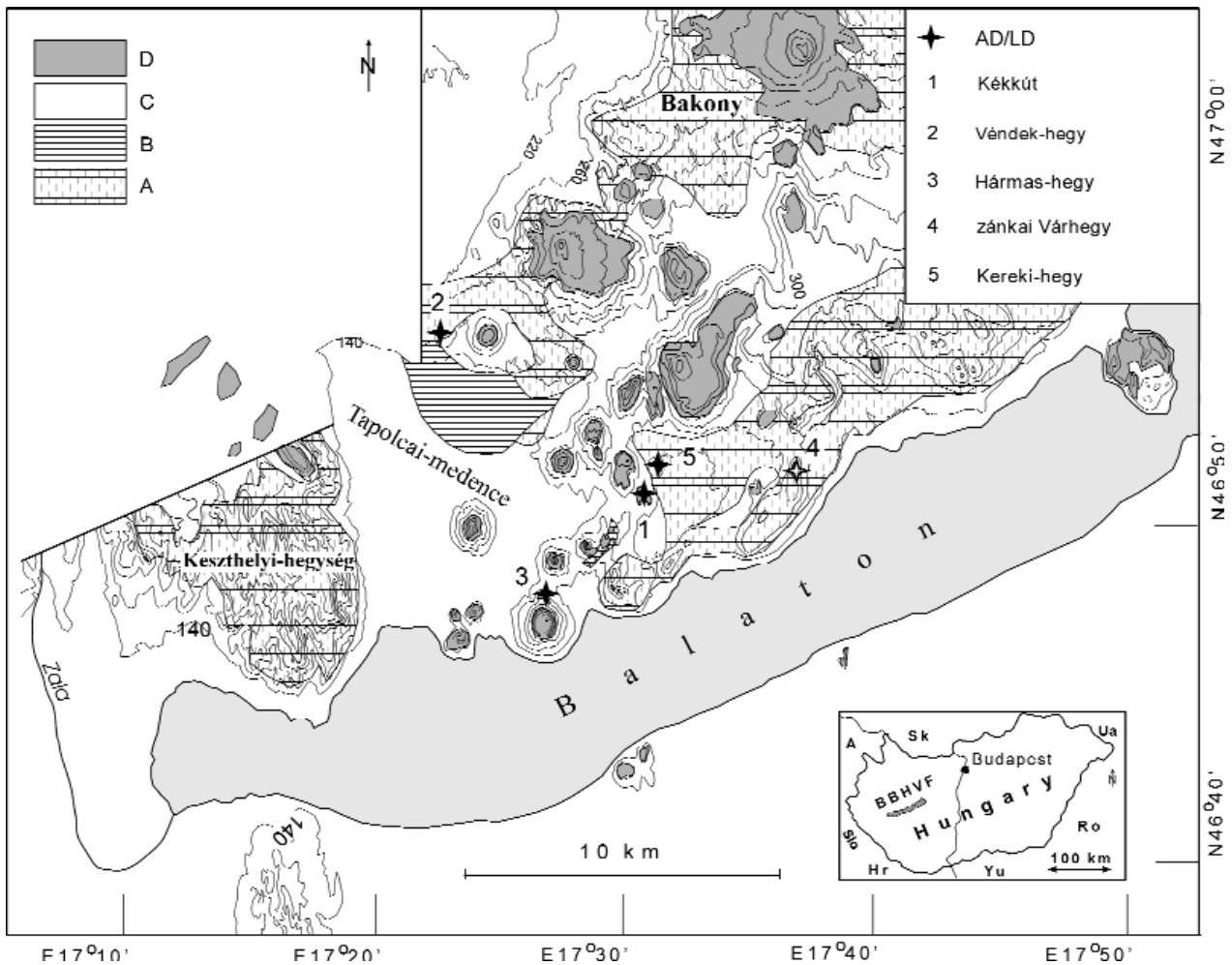
A Bakony–Balaton-felvidék vulkáni terület késő-miocén–pliocén vulkáni területén legalább 50 kitérés központ maradványai ismertek (1. ábra), mely szám feltehetőleg egy alulbecsült érték (LÓCZY 1913, JUGOVICS 1969, JÁMBOR et al. 1981, NÉMETH, MARTIN 1999a). A bazaltvulkánok jelentős része freatomagmás kitérés eredménye, legalábbis azok fejlődésének kezdeti szakaszában (NÉMETH, MARTIN 1999a). A Bakony–Balaton-felvidék vulkáni terület vulkanizmusának jelentős része zárt salakkúpok felépülésével, illetve lávatavak és völgykitöltő lávafolyások keletkezésével (JUGOVICS 1969, NÉMETH, CSILLAG 1999, NÉMETH, MARTIN 1999a). A prevulkáni rétegsort uralkodóan a paleozoos fillit, vörös homokkő alaphegységre települő triász formációk alkotják, amire a terület nagy részén különböző pannóniai eredetű (késő-miocén) sekélytengeri–tavi–folyóvízi sziliciklasztikus sorozatok települnek (BUDAI et al. 1999; BUDAI, CSILLAG szerk. 1999). A közvetlen prevulkáni képződményeket alkotó pannóniai sziliciklasztikus rétegek keletkezésének lezárulását jelenleg 8 millió évre teszik a Bakony–Balaton-felvidék vulkáni területén (MAGYAR et al. 1999). Mindez azt jelenti, hogy a Bakony–Balaton-felvidék vulkáni terület vulkanizmusa már szárazföldön, egy fokozatosan erodálódó felszínen zajlott, amelyen freatomagmás kitérés centrumok jöttek létre a völgytalpakon, ahol mind a felszíni (patak, mocsár) mind a felszín alatti vízforrások bőséges vízutánpótlást szolgáltathattak freatomagmás robbanásos kitérések kialakulásához (NÉMETH, MARTIN 1999a; NÉMETH, MARTIN 1999b).

Cikkünkben 5 olyan piroklasztit előfordulást (1. ábra) mutatunk be, amelyekről még nem készült részletes feldolgozás, jórészt azért, mert e kisméretű piroklasztit-előfordulások feltártsági viszonyai rosszak, rétegtani helyzetük bizonytalan, s méretüknél fogva sem tartoznak a jelentősebb vulkáni előfordulások közé. Az előfordulások dokumentálása mellett kiemeljük, hogy (1) az ilyen vagy

ehhez hasonló piroklasztit-sorozatok fontos információkat hordoznak a freatomagmás folyamatok pontosabb megértéséhez általában és a Balaton-felvidéken konkrétan is, valamint (2) e helyszínek pontos dokumentálásával értékes ösföldrajzi következtetések vonhatók le.

Munkánkban a piroklaszt(it) nevezéktant FISHER, SCHMINCKE (1984) alapján használjuk a megfelelő magyar javaslatok figyelembevételével (KARÁTSÓN 1998, NÉMETH, MARTIN 2001). Bármely közettöredék, amelyet a vulkáni robbanás repít ki egy vulkán kürtőjéből, piroklasztinak tekintendő (FISHER, SCHMINCKE 1984). A piroklasztok ezen alapon lehetnek 1) juvenilis (elsőleges) eredetűek, amelyek a robbanásos kitérésben résztvevő, szétszakadozó (magyar elnevezés KARÁTSÓN 1998 alapján) magmából származnak, illetve 2) járulékos (kőzet) töredékek, amelyeket a robbanás energiája szakít ki a prevulkáni rétegoszlopból, így azok közettanilag bármilyen típusú kőzetek lehetnek.

A diatréma fogalma meglehetősen változatos a nemzetközi szakirodalomban. A gyémánt ipar elsősorban a kimberlit-kürtök sokszor több száz méter mély, függőleges, vulkáni breccsa csatornáját említi diatrémaként, melyben egyértelműen kimutathatók függőleges (intruzív) anyagáramlásra utaló szöveti bélyegek (pl. fluidizációs csatornák) (MITCHELL 1986). A diatrémát a legújabb vulkanológiai írások (VESPERMAN, SCHMINCKE 2000, p. 683) is meglehetősen tágan definiálják; tölcser alakú breccsa kürtök, amelyek akár 2500 méterre a felszín alá is lenyúlhatnak. Diatrémák hidromagmás fragmentáció és kürtőfalbeomlás együttes hatásaként keletkeznek. Diatrémák maarok alatt alakulhatnak ki, s a mélyben közzetelérekbé mehetnek át. Cikkünkben ezen definíció pontosított és széles körben használatos verzióját alkalmazzuk LORENZ (1986; 2000), WHITE (1991) és WHITE, MCCLINTOCK (2001) ajánlásai alapján. WHITE (1991, p. 254) a diatrémák definíciójában kiemeli, hogy a diatréma mindazon vulkáni eredetű üledékek jellegzetes sorozata, mely a maar/tufagyűrű vulkán kráter és kürtőzónáját kitölti



1. ábra. Áttekinthető térképvázlat a Bakony–Balaton-felvidék vulkáni területéről a tanulmányozott kürtőkitöltés-roncsok jelölésével
 A = Triász vagy annál idősebb egységek, B = Középső-miocén egységek, C = Pannóniai és kvarter egységek, D = Vulkanitok, AD/LD = Tanulmányozott diatréma

Figure 1. Overview simplified geological map of the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field with the locations of the studied lower diatreme structures

A = Mesozoic or older units, B = Lower Miocene units, C = Pannonian and Quaternary units, D = Volcanic rocks, AD/LD = Studied diatremes

a felszín közeli régióktól a mély gyökérszónáig. WHITE (1991, p. 254) elkülönít 3 jellegzetes diatréma régiót; (1) *gyökérszóna* — a diatréma legmélyebb része, akár 2–3 km mélységben is, ahol kőzetlécek és durva piroklasztit-breccsák töltik ki a keskeny (tíz méteres léptékű) kürtőt, (2) *alsó-diatréma* — a diatréma középső része, ahol osztályozatlan piroklasztit-breccsák, lapilli tufák kaotikus, rétegzetlen vagy gyengén rétegzett halmaza található, (3) *felső-diatréma* — a kürtőkitöltés legfelsőbb szintje, gyakran rétegzett és gazdag vulkáni salakban, jelezvén a freatomagmás aktivitás magmás robbanásos kitörésekbe fordulását. Kráter kitöltő láva tavak, sekélymélységű teleptelések gyakoriak. Amennyiben a magmáutánpótlás nem volt elegendő magmás robbanásos és effuzív folyamatok kialakulásához, a felső-diatréma rétegtani helyzetében krátertavi üledékek (vulkáni törmelékár, zagyár, szuszpenzió üledékek (NÉMETH 2001, NÉMETH et al. 2001) települhetnek (WHITE 1991, p. 254, WHITE, McCLINTOCK 2001, p.937).

A vizsgált diatrémák

A legújabb terepi kutatásaink és laborvizsgálataink alapján 5 kevésbé ismert piroklasztit-előfordulást vizsgáltunk a Bakony–Balaton-felvidék vulkáni területéről (1. ábra), elsősorban a piroklasztit-üledéktan és lehetséges vulkáni szerkezet rekonstrukciója alapján. Az áttekinthetőség és gyors összehasonlíthatóság kedvéért a megtalált piroklasztit-képződmények tulajdonságait táblázatba is foglaltuk a legfontosabb tulajdonságok kiemelésével (1. táblázat).

Harasztos-hegy (Kékkút)

Helyszín, földtani felépítés

A kékkúti Harasztos-hegy a Káli-medence nyugati peremén található, kb. 900 m-re ÉÉNy-ra Kékkút falutól (1. ábra). A közvetlen környezetében található további négy kisebb domb mindegyikén vulkáni képződményeket (1. táblázat) ábrázolnak a térképek (LÓCZY 1920, BUDAI et

I táblázat. Összefoglaló táblázat a megtalált proklastiz-képződmények tulajdonságainak összehasonlítására.

Table 1. Summary table to emphasize the similarities and differences between pyroclastic rocks identified from the mapped pyroclastic occurrences.

Helyszín <i>Location</i>	Láva előfordulás <i>Lava occurrences</i>	Juvenilis töredékek <i>Juvenile fragments</i>	Járulékos litikus töredékek <i>Accidental lithic fragments</i>	Rétegzés <i>Bedding</i>
Harasztos-hegy (Kékkút)	É–D kőzettelér. <i>N–S dyke.</i>	Írányított szövettű tachylit szemcsék. <i>Oriented textured tachylite.</i>	Főként triász karbonát, alárendelt en pannóniai homok. <i>Predominantly Triassic carbonate, subordinate Pannonian sand.</i>	Meredek (60–70°), változó keleties, nyugatias dőlés. <i>Alternating steep (60–70°) easterly, westerly dipping bedding.</i>
Véndek-hegy	Nincs. <i>None.</i>	Mikro-hólyagos, mikrolit-gazdag szideromelán. <i>Microvesicular, microlite-rich sideromelane.</i>	Főként triász karbonát, alárendelt en pannóniai homok. <i>Predominantly Triassic carbonate, subordinate Pannonian sand.</i>	Szerkezetnélküli lapillitufák, enyhe r étegzés megfigyelhető, feltártság nem megfelelő részletesebb értékelésre. <i>Structureless lapilli tuffs with occasional stratification, however, exposures are not good enough to make better statements.</i>
Hármas-hegy (Badacsonytoma j)	Nincs. <i>None.</i>	Mikro-hólyagos, mikrolit-gazdag szideromelán. Tachylit alárendelten. <i>Microvesicular, microlite-rich sideromelane, subordinate tachylite.</i>	Főként pannóniai homok és agyag, ritkán triász karbonát és paleozoikumai homokkő, filit és kristályos pala. <i>Predominantly Pannonian sand and mud, subordinate Triassic carbonate, Paleozoic sandstone, schist and schist.</i>	Nem, vagy csak gyengén rétegzett lapillitufák. <i>Non or just weakly stratified lapilli tuffs.</i>
Zánka, Várhegy	Nincs. <i>None.</i>	Tachylit és szideromelán közel azonos arányban. <i>Same proportion of tachylite and sideromelane.</i>	Főként triász karbonát, alárendelt en pannóniai homok. <i>Predominantly Triassic carbonate, subordinate Pannonian sand.</i>	Gyengén rétegzett lapillitufák, 10–25° ÉK-i dőlés. <i>Weakly bedded, stratified lapilli tuffs with 10–25° northeasterly dip direction.</i>
Kereki-hegy	Korábbi leírások alapján kőzettelér, e tanulmány nem erősíti ezt meg. <i>Earlier descriptions of small dykes, however, this study cannot confirm their existence.</i>	Elsősorban gyengén hólyagos, mikrolit-gazdag szideromelán. <i>Predominantly slightly vesicular, microlite-rich sideromelane.</i>	Főként triász karbonát, alárendelt en pannóniai homok. <i>Predominantly Triassic carbonate, subordinate Pannonian sand.</i>	Meredeken keleties dőlésű (60–70°) viszonylag jól rétegzett lapilli tuftak, gyakran kimosási csatornákkal. <i>Steeply easterly dipping (60–70°) relatively well-bedded lapilli tuffs with common scour fills.</i>

al. 1999). VITÁLIS (1911) a kis tetőkön található piroklasztit és lávaközet anyagú törmelékét az egykori vulkanitakaró maradványaként írta le a keleti domb É–D csapású bazaltbenyomulásának környezetében. JUGOVICS (1971) a Harasztos-hegy szálban álló bazalttufa, bazalt anyagú csúcsát jelölte meg mint kitörési centrumot, a környező dombokon általa is megemlített bazalttörmelékét a szétterült lávatarakó maradványaként írta le. A vulkáni képződmények a perm–alsó-triász alaphegységet fedő, kb. 50–70 m vastag felső-pannóniai összletre (Kállai F., Somló F.) — JUGOVICS (1971) szerint — 202 m tszf. magasságon települnek. A mágneses mérések (BENCE et al. 1990) kimutatták, hogy a mindössze 2–3 m széles, kb. 25 m hosszú É–D irányú bazaltgerinc csapásirányú folytatásában — mindkét irányban — már a felső-pannóniai, prevulkáni képződmények települnek.

A jelen terepbejárás alapján a korábban térképezett vulkáni képződményfoltok közül csak kettőt tudunk megerősíteni.

Lávaközetek

A Harasztos-hegy 212 m magas tetején szálban álló, meredeken dőlő (60–70°) durvaszemcsés piroklasztit kőzetet áttörő helyzetben települ a sugarasan oszlopos elválású, finomszemcsés, mikrofenokristályos bazaltoid

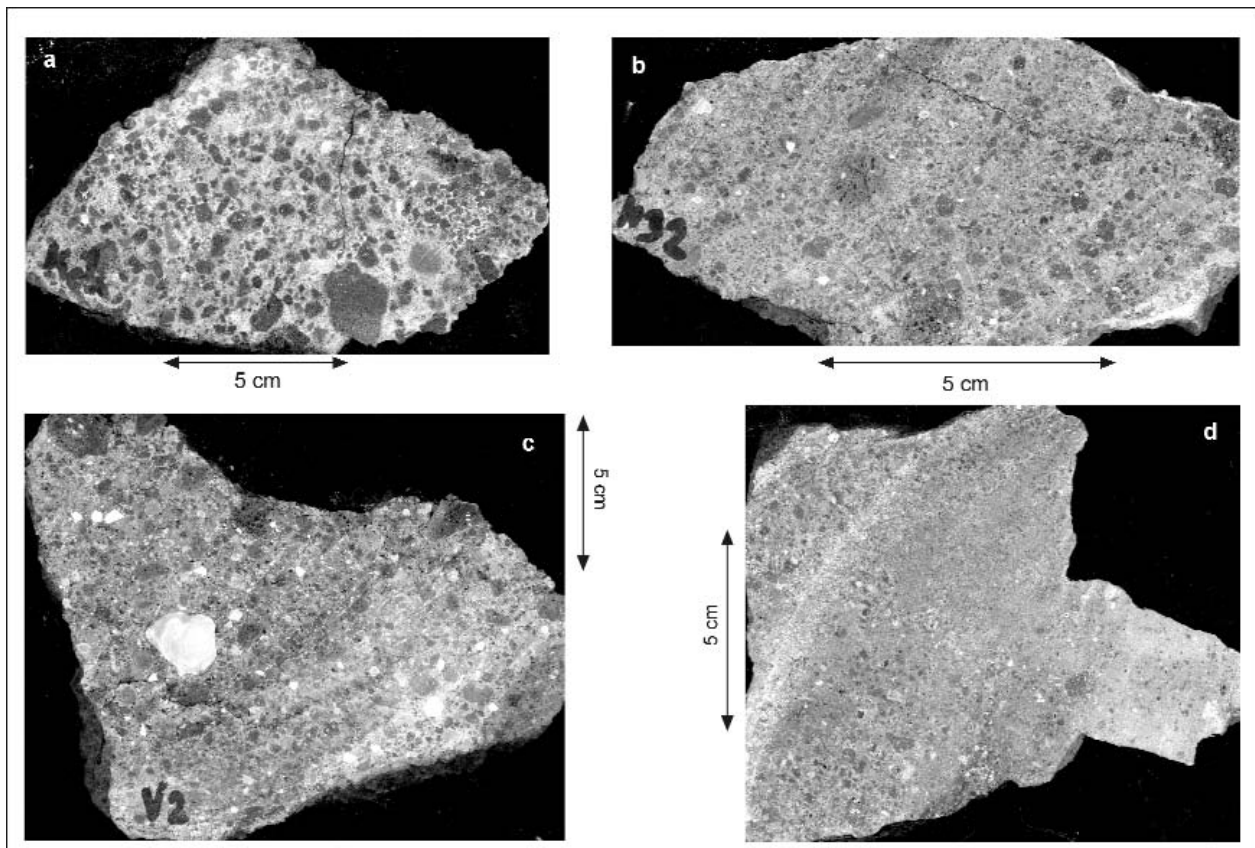
lávaközet. A láva és a piroklasztit szabálytalan szerkezetű, meredeken dőlő határfelülete jól követhető. A szabálytalan alakú határfelület ellenére láva és üledék keveredésére utaló jelenségek (pl. peperit) nem ismerhetők fel, bár a feltártsági viszonyok ennek tisztázását nem is igen teszik lehetővé. A bazaltláva egyes oszlopai max. 10–15 cm átmérőjűek, alakjuk szabálytalan. Nem észlelhető az oszlopok szabályos oldalszámeloszlása.

A nyugati domb helyben maradt törmelékében finomszemcsés, mikroholokristályos bazaltoid lávadarabok találhatóak. Az egyes darabok alakja alapján azok lemezes elválású, finomszemcsés, olivintartalmú bazaltlávából származhatnak. Az egyes lávalemez-törmelékek vastagsága max. 2–3 cm. A bazaltdarabokban nem találhatóak zárványok.

Az északi dombon — a korábbi leírások ellenére — vulkanitanyag törmelékéből sem került elő, így a lehetséges bazalttakaró ezen a dombon megkérdőjelezhető.

Piroklasztit-közetek

A kékkúti dombok déli tagján talált piroklasztit kőzet durvaszemcsés, osztályozatlan, nem, vagy csak gyengén rétegzett lapillitufa (2/a ábra). A lapillitufa szürkés színű, helyenként világosabb, sötétebb szabálytalan alakú területekkel. A finomszemcsés, homok szemcseméretű



2 ábra. Kézipéldányok a tanulmányozott kürtőroncs-faciesekből

Figyelje meg az osztályozatlan, szerkezetnélküli lapillitufa szöveti képét. a = Kékkút, b = Hármashegy, c = Véndek-hegy, d = Kereki-hegy

Figure 2. Hand specimens from the studied lower diatreme facies

Note the unsorted, structureless texture of the lapillituffs. a = Kékkút, b = Hármashegy, c = Véndek-hegy, d = Kereki-hegy

mátrixban, nagyobb lapilli méretű, szabálytalan eloszlású, többnyire (70–90 vol. %, vizuális becslés) vulkáni eredetű kőzettörmelék „úszik” (3/a ábra). A nemvulkáni anyag alapvetően szögletes, gyengén kerekített, ép, hidrotermálisan érintetlen, különböző prevulkáni, mezozoikumi formációkból származó törmelék. Kisebb arányban (a teljes kőzettér fogat max. 20 vol. %, vizuális becslés) — szövetük alapján feltételezhetően pannóniai — agyagkőzetek, márgák, homokkövek is találhatóak. A vulkáni eredetű lapillik döntő többsége (90 vol. %, vizuális becslés) mikrohólyagos, fekete, szögletes, friss bazaltsalak (tachylit). A hólyagok gyakran irányított elrendezésűek, mely szerkezet mikroszkópban még egyértelműbben kivehető (3/a ábra). Az irányított hólyagok mellett a vulkáni lapillik szerkezete gyakran mikrofenokristályos. A plagioklász és piroxén (diopszid) kristályok trachitos szövetet formálnak, ami különösen jól követhető nagyobb hólyagocskák, vagy mikrofenokristályok körül. A lapillik nagy része mikroszkópi képen jól láthatóan erősen üveges a hólyagok és mikrolitok jelenléte ellenére. A nagyobb lapillik jellegzetesen barna színűek, míg a hamu szemcse-méretű vulkáni anyagot világos színű, sárgás, krémszínű, tipikus szideromelán szilánkok alkotják. A hamu méretű üvegszilánkok lényegesen homogénebbek, mint a lapilli méretű üveges irányított szövetű törmelék. A hamu méretű üveg törmelék anyaga gyakran mikrohólyagos, szimmetrikus, kerekded, ellipszoid alakú hólyagokkal és alacsony mikrolit tartalommal (<20 vol. %, vizuális becslés). A sötétebb színű, folyásos szövetű üveges vulkáni törmelékben gyakoriak a barnaamfibol fenokristályok. Ezek a világos színű kőzetüvegben ritkán figyelhetők meg, elsősorban klinopiroxén és ritkán olivin fenokristályok észlelhetők. A lapillitufa mátrixában klinopiroxén, olivin és barnaamfibol ismerhető fel. A kristálytöredékek szilánkosan töredezték, azokhoz gyakran ugyancsak szilánkos határfelülettel palagonitosodott kőzetüveg kapcsolódik. A kőzetüveg darabok és üveges vulkáni törmelék között gyakran azonosíthatóak átmeneti formák (3/b ábra). A kékkúti piroklasztit-sorozat azon összetett üveges vulkáni anyagait, amelyekben az üveges vulkáni anyag egy része folyásos szövetű, mikrofenokristályos, mikrolitban gazdag sötét színű anyag, ami köré és/vagy mellé világos, mikrolit-szegény, szimmetrikus hólyagokban gazdag

kőzetüveg települ átmeneti formáknak tekintjük. Ezen összetett üveges törmelékek szemcsemérete a hamutól a finom lapilli méretig változik, alakjuk ugyancsak szögletes. A határfelület a kétféle üveges alkotó között éles, de szabálytalan lefutású.

A lapillitufa finomszemcsés mátrixa gazdag agyag-ásványokban, karbonátban, muszkovitban, finomhomok szemcseméretű kvarc- és földpát-töredékekben, és meglehetősen homogén szövetű alapanyagot formál a durvahamu, lapilli szemcseméretű törmelékek között (3/b ábra). A lapillitufa gazdag durvahamu–finomlapilli szemcseméretű szögletes kvarc- és földpáttöredékekben. A lapillitufából fosszília nem került elő.

Véndek-hegy (Tapolca)

Helyszín, földtani felépítés

A Véndek-hegy 255 m magas domb a Tapolcai-medence északi peremén, a Haláptól 2 km-re nyugatra. A jól lehatárolható, 300–400 m átmérőjű, környezete fölé kb. 30–50 méterrel kiemelkedő hármass dombcsoport piroklasztit-kőzetekből (1. táblázat) áll. Az alaphegységet alkotó, 1000 métert is meghaladó vastagságú Fődolomit fölött vékony, mindössze néhány méter vastag középső-miocén badeni Lajta Mészke és — ellentmondásban a földtani térképpel (BENCE, PEREGI 1974) — szarmata Tinnye Mészke, bentonit települ a hegy északi tövében mélyült Tapolca–2 (Tpt–2) fúrás rétegsora alapján (BENCE 1974a alapján). A vulkanit közvetlen fekéje, a felső-pannóniai legidősebb képződménye, a Kállai Kavics a Véndek-hegy környékén 10–30 m vastag. A települési viszonyok a rossz feltártság miatt nem adhatók meg egyértelműen, de a távolabbi feltárások adatai alapján a Fődolomit dőlése 8–10° Ny–ÉNy-i irányban, a miocén általában néhány fokos délies dőlést mutat, a pannóniai képződmények vízszintesek. A vulkanit és fekéjének kontaktusa nincs feltárva, de JÁMBOR (1980) a Kállai Kavics homokrétegei és a „bazalttuffit” váltakozását említi a Véndek-hegy oldalában. Az ÉK-i domb belső, DNy-i oldalán mélyült Tapolca–1 (Tpt–1) fúrás — 35 m alatt meredek (45–70° dőlésű), kereszt-rétegzett sorozatot feltárva — a 100 m-es fúrás talpig a piroklasztit sorozatot harántolta (BENCE 1974b). A hár-

3. ábra. Lapillitufák vékonycsiszolati képe (Kékkút: a–b, Véndek-hegy: c–d)

a = irányított szövetű mikrolitgazdag lávadarabok (o) és erősen hólyagos salakszerű lapilli (h) a kékkúti lapillitufákból — keresztezett nikol, b = „átmeneti típusú” vulkáni üveg (körvonal) a kékkúti lapillitufákból, ami sötét tachylit és világos szideromelán kőzetüvegből áll (szaggatott vonal) és egy amfibolkristályt foglal magába (nyíl) — párhuzamos nikol, c = irányított szövetű lávátöredékek (fehér körvonal) a vendék-hegyi lapillitufákból, melyek sziliciklasztikus zárányokat is tartalmaznak (fehér szaggatott vonal), jelezvén a magma és laza, vízdús, valószínűleg pannóniai homok és agyag kölcsönhatását a freatomagmás robbanásokat megelőzően — párhuzamos nikol, d = csomószerű sziliciklasztikus törmelék a vendék-hegyi lapillitufa mátrixában (körvonal), muszkovitkristályokban gazdag (nyílak), ami a törmelék pannóniai rétegből való származására utal — párhuzamos nikol

Figure 3. Photomicrographs of the lapilli tuffs (Kékkút: a–b, Véndek-hegy: c–d)

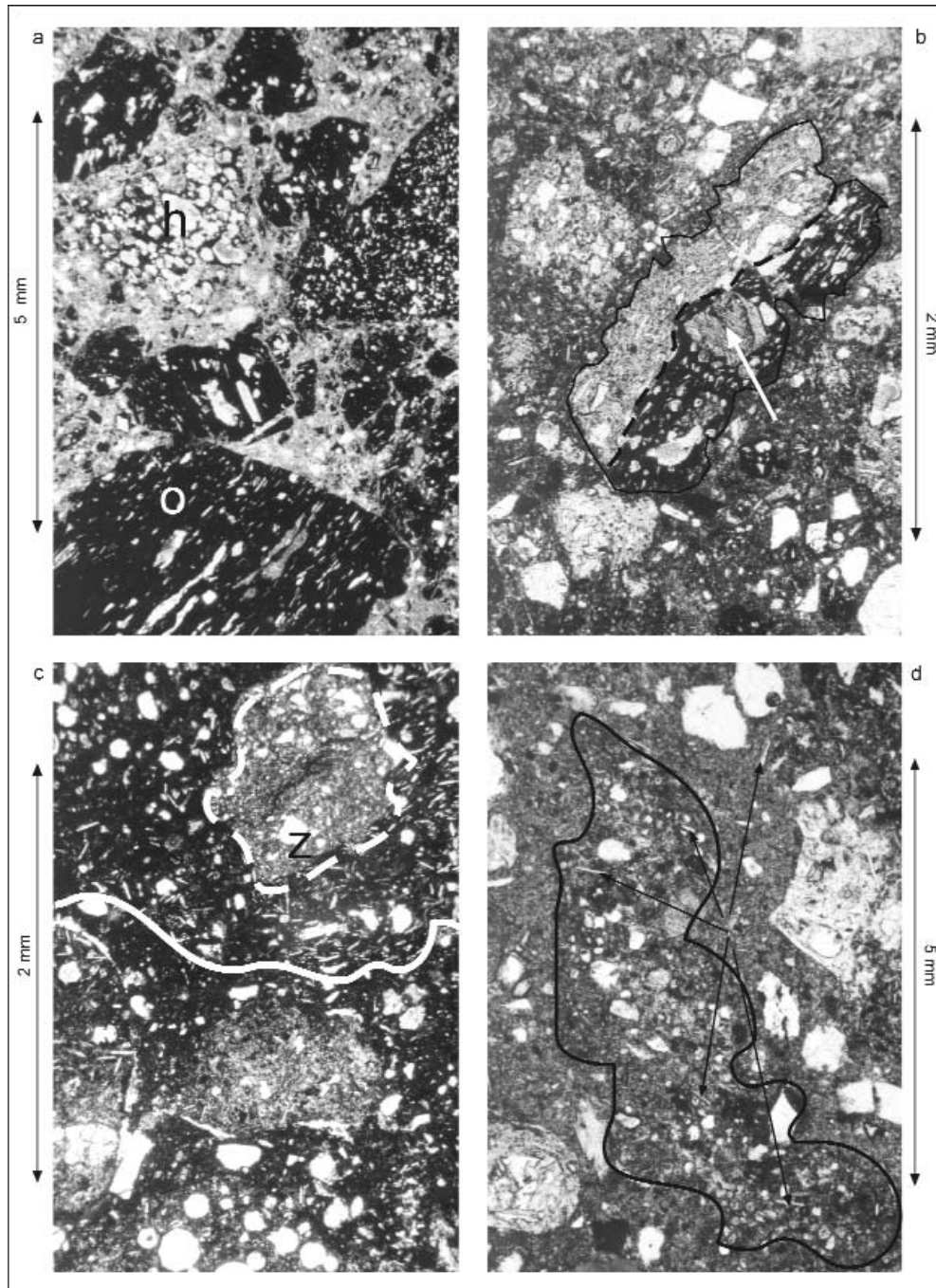
a = oriented, microlite-rich lava fragments (o) and highly vesicular scoriaceous glass shard (h) from lapilli tuffs of Kékkút — crossed-polarized, b = “mixed” volcanic glass shard (outlined) that has a dark tachylitic and light colour sideromelane component (dashed line) captured an amphibole crystal (arrow) from lapilli tuffs of Kékkút — plane-polarized, c = lapilli tuff from Véndek-hegy contains oriented textured lava fragments (white outline), that contain siliciclastic inclusions (white dashed line) indicating that the magma fragmentation has induced by magma and soft, unconsolidated, water rich sand and/or mud, very likely in the Pannonian sedimentary units — plane-polarized, d = clot-like texture of siliciclastic detritus (outline) in the lapilli tuff from Véndek-hegy contains large amount of muscovite (arrows) likely to be derived from the Pannonian fluvio-lacustrine units — plane-polarized

mas dombcsoport a terepi bejárások alapján egységesen piroklasztit-előfordulásnak értelmezhető, ugyanis a kisebb számban álló, vagy helyben maradt törmelékfeltárások az egyes dombcsók közötti mélyületekben is piroklasztit-közeteket tárnak fel. A piroklasztit-dombokon lávaközeteket nem sikerült azonosítani, helyben maradt törmelékből sem.

Piroklasztit-közetek

A Véndek-hegy piroklasztit-közeit sárgásbarna–világosbarna, osztályozatlan, rétegzetlen vagy gyengén rétegzett lapillitufák alkotják (2/c ábra). A lapillitartalom helyenként jelentős (30–50 vol. %, vizuális becslés), anya-

gának nagy része (75 vol. %, vizuális becslés) vulkáni eredetű, gyengén-erősen hólyagos, szürke, fekete bazaltsalak. A lapillitartalom maradék része alapvetően (95 vol. %, vizuális becslés) a triász alaphegységéből származó, a finomtól a durváig változó szemcse nagyságú szögletes, friss, ép karbonátközet. A vulkáni eredetű lapilli között kis arányban (~10 vol. %, vizuális becslés) kogenetikus, vagy idős láva töredékek is azonosíthatók. Mikroszkópi felvételeken jól látható ezek irányított, folyásos szövete, nem, vagy csak enyhén hólyagos szerkezete. A mikrofenokristályok és a mikrolitok többsége klinopiroxén, kisebb része plagioklász. Egészen gabbroid, mikro-poikilitos szövetű bazaltoid közettöredékek is azo-



nosíthatóak mind a durvahamu, mind a finomlapilli frakciókban. Alárendelten sötét színű tachylit szemcsék is jelen vannak. A vulkáni anyag domináns része üveges, kevés mikrolitot tartalmazó, enyhén mikrohólyagos (3/c és 3/d ábrák).

A mikrohólyagok szimmetrikusak, ellipszoid alakúak, s gyakran karbonátásványokkal kitöltöttek. Gyakran irányított szövetet adnak a kőzetüvegszilánknak, így az erősen mikrohólyagos szerkezetű üvegszilánkok fás szerkezetű horzsakőre emlékeztetnek. A kőzetüvegek között gyakori az igen finom, konvex-konkáv határú üvegszilánk, gyakran ellipszoid alakú hólyagüregekkel határolva. A nagyobb (durvahamu–finomlapilli) kőzetüvegdarabok gyakran tartalmaznak mikrofenokristályokat, elsősorban klinopiroxén, alárendelten olivin utáni karbonát pszeudomorfóza formájában. Különösen a tachylit-szemcsékben gyakoriak az alakatlan határú, feltépett sziliciklasztikus zárványok. Amfibolkristályok, vagy azok töredékei nem kerültek elő a mintákból. A képződmény mátrixában néhány bizonytalan eredetű, jelentősebb méretű biotit kristálytöredék volt felismerhető. A lapillitufák mátrixa finomszemcsés agyagásványokból, karbonátokból, muszkovit kristálytöredékekből és sziliciklasztikus üledék eredetű földpát- és kvarctöredékekből áll (3/d ábra). A durvahamu frakcióban márga, agyagkő, finomszemcsés — feltételezhetően felső-pannóniai — homokkő is felismerhető. Valószínűleg a mátrix jelentős része is ebből származik. A mátrix-gazdagabb lapillitufák mikroszöveti képében gyakran felismerhetők kvarctöredékekben gazdag „csomószerű” szerkezetek (3/d ábra).

Hármas-hegy (Badacsonytomaj)

Helyszín, földtani felépítés

A Hármas-hegy a Tapolcai-medence délkeleti peremén található, a Badacsony és a Gulács között. 180–210 m közötti magasságával kb. 40–60 méterrel emelkedik környezete fölé. Körülbelül 550 m hosszú, 80–100 m széles ÉÉNy–DDK irányú dombsora teljes egészében egyveretű piroklasztit-kőzetekből áll (1. táblázat). Kőzettelérek, szálban álló vagy helybenmaradt lávatörmelék egyik dombról sem ismert. A piroklasztit-kőzetek elnyúlt ellipszoid formájában törik át a pre-vulkáni felső-pannóniai Somlói Formáció uralkodóan homok anyagú rétegeit (BUDAI et al. 1999). A piroklasztit-kőzetek nem mutatnak semmiféle rétegzést, vagy más szabályos geometriai eloszlást. VITÁLIS (1911) felhívta a figyelmet a Hármas-hegy ÉÉNy–DDK csapásával azonos irányú bazalttufa anyagú dombsorra a Gulács oldalában is.

Piroklasztit-kőzetek

A Hármas-hegy vulkáni kőzetei osztályozatlan, finom–durvaszemcsés, sárgásbarna, friss vagy gyengén palagonitos lapillitufákból állnak (2/b ábra). A szedimentológiai jellegekre szálfeltárás hiányában csak a tör-

melékanyagból lehetett következtetni. A gyűjtött példányok alapján megállapítható, hogy — legalábbis a deciméteres léptékű skálán — rétegzés nem vagy csak igen gyengén látható a piroklasztit-kőzeteken. Ez arra utal, hogy azok valószínűleg szerkezetnélküli, kaotikus lapillitufák lehetnek. A piroklasztit-képződmények alapvetően juvenilis eredetű lapilliból és járulékos litikus szemcsékben gazdag mátrixból állnak. A lapilli méretű járulékos litikus szemcsék elsősorban a felső-pannóniai képződményekből származó szögletes, szabálytalan alakú homokkő-agyagkő fragmentumokból állnak. Ritkán szögletes, lapilli méretű perm vörshomokkő-fragmentumok is azonosíthatók. A lapilli szemcseméret-tartományban a járulékos litikus szemcsék aránya kb. 1:3 a magmás eredetű lapillihoz képest. A magmás eredetű lapillik anyaga döntően hirtelen megdermedt, üveges szerkezetű, mikrohólyagos vulkáni üveg (4/a ábra). A magmás lapilli közel harmada (vizuális becslés) mikrolit- és mikrofenokristály-gazdag, irányított szövetű lávatöredék. A lávatöredékek minden esetben szabálytalan alakúak, gyakran hosszan elnyúltak, és erőteljesen irányított, trachitos szövetűek. A nagyobb láva töredékekben szabálytalan alakú, gyakran elnyúlt ellipszoid alakú, sziliciklasztikus finomhomok- vagy agyagzárványok figyelhetők meg (4/b ábra). A legnagyobb zárványok mérete a cm-es nagyságrendet is eléri. A finomszemcsés sziliciklasztikus fragmentumok muszkovitot, agyagásványokat, kvarcsemmcséket, aggregátumokat, földpát-töredékeket tartalmaznak. Néhány esetben azonban — elsősorban az irányított szövetű, de hólyagos, sötét színű láva-fragmentumokba zárt üledékes eredetű anyagban — palagonitosodott kőzetüveg is azonosítható volt. A tiszta, üveges, enyhén sárgás színű szideromelán szilánkokból csak néha kerültek elő ilyen bezárt üledékes fragmentumok. A vulkániüveg-töredékek változatos szemcseméretűek a finomhamutól a finomlapilli méretig. Kevés (<15 vol. %, vizuális becslés) mikrolitot tartalmaznak, amelyek gyakran irányítottak, s jellegzetes irányított szövetet kölcsönöznek a kőzetüveg-szilánknak. A kőzetüvegek azonban majdnem minden esetben mikrohólyagosak, enyhén ellipszoid alakú hólyagokkal, amelyek a jelenlévő mikrolitokkal együtt fokozzák az egyes üvegszilánkok irányított, elnyírt szöveti jellegét. A szideromelán-töredékek elsősorban olivin és klinopiroxén fenokristályokat tartalmaznak. E kristálytöredékek — mint szabad kristálytöredék — gyakoriak a piroklasztit mátrixában is. A kristálytöredékek minden esetben szögletesek, szabálytalan alakúak, hozzájuk gyakran vékony kőzetüvegréteg illeszkedik. gyakoriak a nagyobb (durvahamu–finomlapilli méretű) klinopiroxén megakristály-töredékek, gyakran koronaszegéllyel és vékony kőzetüvegréteggel. A lapillitufa mátrixa agyagásványokban, muszkovitban s finomhamu méretű kvarctöredékekben gazdag. Néhány glaukonitszemcse is felismerhető. A közepes- és durvahamu frakcióban a kvarckristályok aránya megnövekszik (vizuális becslés), s az erőteljesen szabálytalan alakú kőzetüvegek jelenléte is

egyértelműbb. Fossziliák nem kerültek elő a vizsgált mintákból.

Zánkai Várhegy

Helyszín, földtani felépítés

A zánkai Várhegy a Hegyes-tűtől DDK-re, 2 km-re, a Pál-hegy közel 300 m magas perm homokkő vonulatának K-i tövében található a Balaton északi partjától kb. 1,7 km-re. A környezetét alkotó perm homokkő lenyesett felszínéből mindössze 5–10 m-re kiemelkedő, 30–50 m széles domb kb. 250 m hosszan követhető ÉÉK–DDNy irányban. Anyagát teljes egészében piroklasztit-közetek alkotják, lávaközet nem található (1. táblázat). LÓCZY (1920) bazaltot ábrázolt a domb helyén, JUGOVICS (1971) helyesbítette ezt a jelölést, „hasadékminti törmelékszórás” során keletkezett bazalttufának minősítve az előfordulás kőzetét. Feltárás hiányában a piroklasztit-domb határvo-nala és pontos kontaktus csak bizonytalanul adható meg, elsősorban helyben maradt törmelék példányok azonosítása alapján. JUGOVICS (1971) a perm homokkő és a bazalttufa kontaktusát 172–180 m között feltételezte, megemlítve az eredeti vulkáni forma erodálódását. A Vár-hegy területén egyetlen kisebb eredeti helyzetű piroklasztit-feltárás található, ahol gyenge rétegzés ismerhető fel.

Piroklasztit-közetek

A zánkai Várhegy néhány számban álló, illetve helyben maradt lejtőtörmelék-feltárásából származó minták anyaga sárgás, világosbarna, osztályozatlan, szerkezetnélküli vagy gyengén rétegzett, juvenilis lapilliben gazdag lapillitufa.

A lapillitufa elsősorban gyengén hólyagos, erősen irányított, sötét színű, szögletes, gyakran irányított szövetű lávalapilli-fragmentumokat tartalmaz. A nagyobb méretű lávadarabok gyakran tartalmaznak klinopiroxén és olivin fenokristályokat, amelyeknek szögletes töredékei a lapillitufa mátrixában is gyakoriak. A lapilli méretű fragmentumok mintegy harmada (vizuális becslés) járulékos közettöredék, ezek anyaga elsősorban szögletes, gyengén kerekített permi vöröshomokkő és triász karbonát. Néhány — a szöveti kép alapján valószínűleg — felső-pannóniai, lapilli méretű márga, és homokkőtöredék is felismerhető. A nagyobb, irányított szövetű lávalapilliben gyakoriak az üledékes zárványok, hólyagkitöltések (4/d ábra). Mikroszkópi képen ezek nagy hasonlóságot mutatnak a lapillitufa mátrixával. Gyakran tartalmaznak friss, gyengén mikrohólyagos kőzetüveget, muszkovitkristályokat, kvarctöredékeket. A kisebb zárványok (<0,1 mm átmérő) finomszemcsés homokkőre emlékeztetnek azok szöveti képe alapján. Ezen üledékes zárványok csak ritkán fordulnak elő az átlátszó szideromelán kőzetüvegekben. A szideromelán kőzetüvegek hólyagosság tekintetében igen változatosak. Előfordulnak gyengén mikrohólyagos kőzetüvegek és erősen hólyagos, az üvegszilánk méretéhez képest jelentős méretű hólyagokat tartalmazó kőzetüvegek is. Az erősen hólyagos kőzetüvegek általában mikrolitban szegények, a hólyagok karbonátásványokkal

kitöltöttek. Ezzel szemben a gyengén hólyagos kőzetüveg-szilánkok gyakran erősen irányított, trachitos szövetűek, ami a nagyszámú irányított eloszlású klinopiroxén mikrolitnak köszönhető. Az erősen gabbroid szövetű, szögletes, mikropoikilites, glomerophiros szövetű vulkáni közettöredékek ritkák. A piroklasztit-közetek mátrixa agyagásványokból, muszkovitból, karbonátos kötőanyagból, finomszemcsés kvarctöredékekből áll. Gyakoriak a pirogén kristály- és xenokristály-töredékek, pl. 1) koronaszegélyes klinopiroxén töredékek gyakran kőzetüveg-peremmel, vagy 2) erősen kerekített olivin vagy spinell kristálytöredékek. Az olivinkristályok gyakran erősen karbonátosak, s csak a pseudomorfozójuk ismerhető fel. Fossziliák a piroklasztit-közetekből nem kerültek elő.

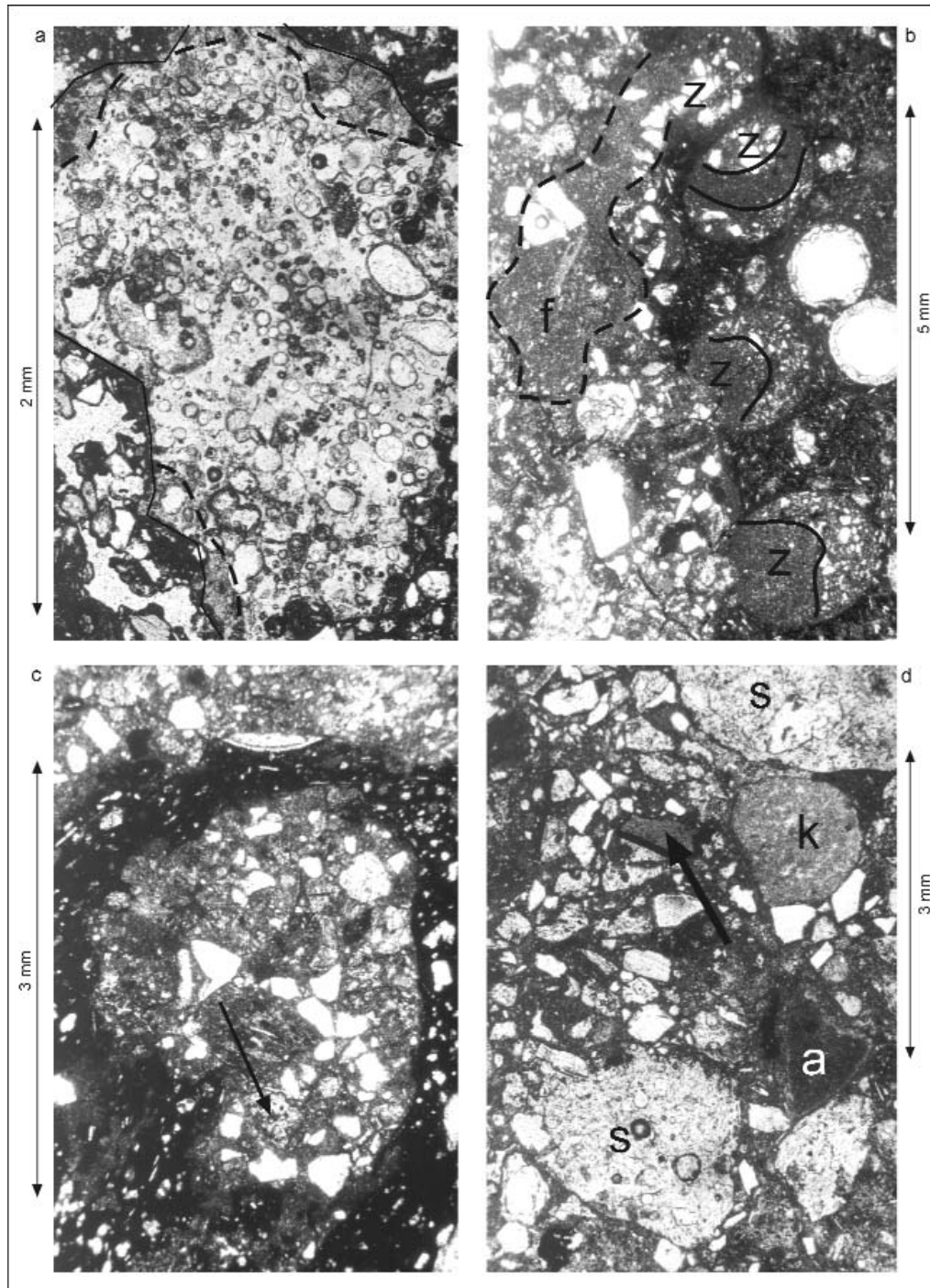
Kereki-hegy (Mindszentkállya)

Helyszín, földtani felépítés

A Kereki-hegy Mindszentkállától kb. 1 km-re DK-re, közvetlenül a zánka–tapolcai országút É-i oldalán, a Káli-medence talpán található. Környezetében a medence 135–140 m-es felszínét alsó-triász karbonátközetek alkotják. Közvetlenül a domb környékén néhány méter vastag felső-pannóniai, homok, abráziós kavics települ. Az É–D irányban megnyúlt alakú domb hossza kb. 200 m, szélessége 120–130 m, csúcsa kb. 40 méterrel emelkedik a medence fölé. A dombot piroklasztit-közetek építik fel (1. táblázat). VITALIS (1911) a K-i csúcson oszlopos elválású bazaltot írt le, de ennek nyomát nem sikerült megtalálnunk. LÓCZY (in VITALIS 1911, p. 23.) a domb DNY-i tövében, az országút és az egykori dűlőút kereszteződésében egy ÉK–DNY-i bazalttelért említ. Ennek nyomát még a néhány éve fektetett gázvezeték árkában sem lehetett látni. A piroklasztit-rétegek a domb felső részén található szálfeltárásokban gyengén, közepesen, illetve vastagon rétegzettek. A rétegdőlés meglehetősen egyveretű, keleties csapású, magas dőlésszög értékekkel (>60°), mely irány erősen különbözik a környezet általános szerkezeti irányaitól és a közvetlen fekvő pannóniai homokkő és kavicsrétegeinek szubhorizontális településétől (BUDAI, CSILLAG 1999). A rétegek hullámos felszínűek mind az alsó, mind a felső réteglapok tekintetében, gyakoriak a kimosási csatornák. Vulkáni bombák okozta bezsákolódásokat nem találtunk. Lapos szögű, gyengén fejlett keresztrétegzés ritkán de előfordul. A domb lábánál törmelékből szerkezetnélküli lapillitufa-darabokat is lehetett találni, amelyek — legalábbis a méteres nagyságrendben — arra utalnak, hogy a Kereki-hegyen a rétegzett meredek dőlésű piroklaszt egységek mellett, szerkezetnélküli lapillitufák is jelen lehettek.

Piroklasztit-közetek

A Kereki-hegyet felépítő piroklasztit-képződmények osztályozatlan finom–durvaszemcsés lapillitufák (2/d ábra). Az összlet osztályozatlan; gradáció nem, vagy enyhe inverz gradáció ismerhető fel. A kőzet sárgás, világosbarna, gazdag juvenilis lapilliben. Ezek nagy része világossárga, enyhén vagy közepesen mikrohólyagos vulkáni



kőzetüveg, szideromelán (4/d ábra). Kisebb arányban (<10 vol. %, vizuális becslés) irányított szövetű lávalapilli is felismerhető, amiben gyakoriak a szövet és összetétel szempontjából a lapillitufa mátrixához hasonló üledékes hólyagüreg-kitöltések. A lapilli méretű járulékos közettörödékek anyaga elsősorban szögletes karbonát-szemcse, kevés permi vöröshomokkő, illetve agyag és homokkő, ritkán márga (4/d ábra). A finomabb szemcsEFRakciókban jelentős mennyiségű a kristálytörödékek, elsősorban piro- és xenokristálytörödékek, klinopiroxének, olivinnek, vagy azok pszeuromorfózái, ritkán barnaamfibol-törödékek. Feltűnően sok (4-5 nagyobb törödékek egy

normál vékonycsiszolatból) spinell kristálytörödékek kerültek elő a tanulmányozott mintákból, gyakran vékony kőzetüveg szegéllyel. A lapillitufa mátrixa és finomszemcsés frakciója egyaránt gazdag kvarc- és alkáliföldpáttörödékekben (4/d ábra). A kvarctörödékek jellegzetes aggregátumokat is alkotnak, s a mátrixban is gyakoriak a csomószerű, enyhén durvább szemcsés területek. Egyes helyeken finomszemcsés mátrixban gazdag területek is azonosíthatók. Szövet és összetétel szempontjából nem látszik különbség a rétegzett, meredeken dőlő piroklasztit egységek és a törmelékből azonosított szerkezetnélküli egységek között. Fosszília nem került elő e helyről sem.

4. ábra. Lapillitufák vékonycsiszolati képe (Hármas-hegy: a–b, Várhegy: c, Kereki-hegy: d)

a = erősen hólyagos sideromelán közetűveg (folyamatos vonal), kezdeti palagonitizációs peremmel a hármas-hegyi lapillitufából (szaggatott vonal) — párhuzamos nikol, b = tachylitszemcse a hármas-hegyi lapillitufából, amely igen gazdag feltépett sziliciklasztikus/vulkaniklasztit zárványokban (z), jelezvén, hogy magma és ezen üledékek a magma szétszakadását megelőzően keveredésbe is kerültek, mikropeperit szerkezeteket hozva létre. E zárványok nagyrésze szöveteileg és összetétel szerint azonos a lapillitufa mátrixával, ami arra utal, hogy a benyomuló magma a kráterkitöltés anyagával lépett kölcsönhatásba — párhuzamos nikol, c = tachylitszemcse magába zárt vulkaniklasztit zárvánnyal a zánkai Várhegy lapilli tufájából. Figyeljük meg a gyengén hólyagos sideromelán üvegtöredéket a zárványban (nyíl), jelezvén, hogy magma a vízdús, kráterkitöltő sárral került kölcsönhatásba, s a magma szétszakadását megelőzően valószínűleg peperit is keletkezett a benyomuló közzettelérek peremén — párhuzamos nikol, d = szögletes kvarctöredékekben (világos szemcsék) gazdag lapillitufa a Kereki-hegyről. Figyeljük meg a kvarctöredékek jellegzetes csoportosulását, jelezvén, hogy azok a kitorrés felhőben és a piroklasztot szállító közegben feltehetően együtt mozoghattak. A lapillitufa ugyancsak gazdag feltépett triász karbonátfragmentumokban (k) és a magma freatomagmás töredezésére utaló gyengén hólyagos, blokk alakú sideromelán üvegszemcsékben (s). A lapillitufa gazdag spinell töredékekben is (nyíl) — párhuzamos nikol

Figure 4. Photomicrographs of the lapilli tuffs (Hármas-hegy: a–b, Várhegy: c, Kereki-hegy: d)

a = highly vesicular sideromelane glass shard (continuous line), with palagonite rim (dashed line) from lapilli tuff of Hármas-hegy — plane-polarized, b = tachylite glass shard-rich siliciclastic/volcaniclastic (z) fragments (Hármas-hegy) which have been tiered up, indicating that magma must have been in contact and being pre-mixed with crater filling slurry prior to phreatomagmatic fragmentation — plane-polarized, c = encapsulated volcaniclastic inclusion in tachylitic glass shard from Zánka, indicating that magma must have been in contact and being pre-mixed with crater filling slurry prior to phreatomagmatic fragmentation. Note the slightly vesicular sideromelane glass shard in the inclusion (arrow) — plane-polarized, d = lapilli tuff from Kereki-hegy rich in angular quartz fragments (light clasts). Note the clot-like grouping of these clasts indicating that these fragments may have traveled together in the transporting agent. The lapilli tuff is also rich in Triassic carbonatic fragments and sideromelane glass shards indicative for phreatomagmatic fragmentation of the magma (s). The lapilli tuff is rich in spinel fragments (arrow) — plane-polarized

A piroklasztitok főelem-összetétele

A tanulmányozott helyszínek mindegyikéről begyűjtött piroklasztit mintákból elektron mikroszondás mérésekkel főelem-összetétel vizsgálatok készültek. A mikroszondás mérések polírozott vékonycsiszolatokon, az Otago Egyetem Geológia Tanszékén, JEOL 8600 típusú elektron-mikroszondával, 15 kV gyorsító feszültség alatt, 5–50 mikrométer elektronsugár átmérő mellett, ZAF korrekcióval készültek. A mérések lehetőség szerint mikrolitmentes, gyengén vagy egyáltalán nem hólyagos, áttetsző, világos színű, világos sárga sideromelán vulkáni üvegtöredéken készültek. A táblázatban közölt adatok egyedi mérések eredményei (2. táblázat). Kizárólag azokat a mérési eredményeket használtuk fel, amelyek esetében a mért komponenseknek legalább 95% volt az összértéke. A tanulmányozott mintákban található vulkáni üvegek nagy része általában e kritériumnak megfelelt, ugyanis az üvegszilánkok többsége feltűnően friss volt. Az üvegszilánkok közötti típusa TAS diagramon ábrázolva (LE BAS et al., 1986) alapvetően a tefrit, fonotefrit mezőbe esik. A tefrit és bazanit elkülönítésére a normatív olivintartalom szolgált (>10% = bazanit; 10% = tefrit).

Következtetés, értelmezés

A vizsgált előfordulások a piroklasztit-közetek jelentős friss juvenilis közetűveg-tartalma és azok finom szövetei képe alapján elsődleges, robbanásos kitorrés termékeinek tekinthetők (FISHER, SCHMINCKE 1984, BULL, CAS 2000). Az öt tanulmányozott helyszínből a Kereki-hegy kivételével meglehetősen hasonló piroklasztit fácies volt azonosítható (1. táblázat), csak enyhe szövetei és összetételbeli különbségek voltak felismerhetők (2. ábra). A tanulmányozott helyszínek jól körülhatárolható, kis átmérőjű piroklasztit előfordulások, amelyek jelentős eróziós és szögdiszkordanciával települnek a különböző prevulkáni

formációkra. Ennek alapján a tanulmányozott piroklasztit-előfordulások kürtőkitöltésként rekonstruálhatók (LORENZ 1986; LORENZ, KURSZLAUKIS 1997, LORENZ 2000b). A következő szempontok szerint:

1. az egyes előfordulások jól lehatárolható, maximum néhány száz méter átmérőjű ellipszoid alakú képződmények;

2. nem létezik közvetlen horizontális kapcsolat közeli vulkáni előfordulásokkal, melyek alapján az említett piroklasztit előfordulások, mint kráter peremet felépítő, az egykori tufagyűrűk piroklasztit sáncának roncsaként lennének értelmezhetőek;

3. horizontális fácies korreláció nem rekonstruálható nagyobb földrajzi léptéken (10 km-es lépték) sem, így közvetlenül nem bizonyítható, hogy a leírt feltárások egy nagyobb területet egykor lefedő piroklasztit-lepelnek a roncsai lennének;

4. továbbá, kizárható, hogy az egyes előfordulások nagyobb kiterjedésű hullott piroklasztit képződmények lepusztulási roncsai lennének, mert:

a) a leírt üledékek szerkezete gravitációs tömegárra, törmelékárra, vagy (visszahullott és) többszörösen felszakított magas szemcsekoncentrációjú tömegárra jellemző fizikai tulajdonságokat hordoz (osztályozatlanság, rétegzetlenség, szerkezetnélküliség, durvaszemcséség, mátrixgazdagság),

b) ezt a terepi prevulkáni fácies kapcsolatok nem támasztják alá egyértelműen (NÉMETH et al. 2001), hisz a fekü minden esetben más korú, más típusú kőzet, melyekre a piroklasztit-képződmények a meglévő fűrészi és térképezési adatok alapján szögdiszkordanciával települnek.

A tanulmányozott piroklasztit-előfordulások minden esetben tartalmazznak olyan kőzet-, vagy ásvány-töredékeket, amelyek arra utalnak, hogy pannóniai és/vagy a vulkanizmussal közel egyidős (pliocén) folyóvízi-tavi rétegeket is át kellett törnie a vulkán kürtőjének, melyek anyaga a keletkezett piroklasztit-rétegekbe került. Ez azt jelenti, hogy ezeken a területeken, annak ellenére, hogy

2. táblázat. Elektron mikroszkondás főelem-analízis eredményei a tanulmányozott piroklasztit-képződmények friss, lehetőség szerint hólyagüreg- és mikrolitmentes kőzetüveg-szilánkjai alapján
A kékküti mintákból nem sikerült megbízható adatot nyerni a minták erősen palagonitosodott volta miatt

Table 2. Summary table of representative, individual electron microprobe analyses on fresh, vesicle- and microelite-poor volcanic glass shards from the studied pyroclastic locations.

Note that there was an unsuccessful attempt to obtain good results from samples of Kékkút due to extensive palagonitisation of the chilled glass shards

Sample:	V-816	V-821	V-824	Harmas-847	Harmas-848	Harmas-851	ZV-830	ZV-831	ZV-832	K-835	K-838	K-841
Oxide wt%	trachybasalt tephrite?	trachybasalt tephrite?	trachybasalt tephrite?	tephrite	tephrite	tephrite	phono- tephrite	phono- tephrite	phono- tephrite	phono- tephrite	phono- tephrite	phono- tephrite
SiO ₂	50,69	49,82	49,77	47,4	47,47	48,68	48,94	48,73	50,06	49,69	49,17	49,52
TiO ₂	2,72	2,54	2,28	2,64	2,69	2,72	2,59	2,63	2,62	2,26	2,55	2,45
Al ₂ O ₃	15,56	15,28	16,17	16,26	16,36	16,4	16,09	16,39	15,1	16,19	16,03	15,93
Fe ₂ O ₃	2,11	1,95	1,86	2,12	2,1	2,15	2,04	2,02	2,03	1,71	1,72	1,67
FeO	7,03	6,49	6,21	7,06	6,99	7,17	6,8	6,75	6,78	5,71	5,74	5,58
MnO	0,14	0,13	0,09	0,11	0,05	0,13	0,05	0,18	0,15	0,11	0,11	0,11
MgO	3,37	4,02	3,86	4,06	4,08	4,1	3,72	3,68	3,45	3,71	3,8	3,67
CaO	8,26	8,88	9,09	10,2	10,27	10,23	9,71	9,6	9,57	9,33	10,01	9,58
Na ₂ O	3,61	4,19	4,08	4,61	4,66	4,73	4,64	4,71	4,51	4,77	4,72	4,62
K ₂ O	3,02	2,69	2,36	2,5	2,51	2,54	3,03	3,07	3,01	3,17	3,09	3,17
Total	96,51	95,99	95,77	96,96	97,18	98,85	97,61	97,76	97,28	96,65	96,94	96,30
Na ₂ O+K ₂ O	6,63	6,88	6,44	7,11	7,17	7,27	7,67	7,78	7,52	7,94	7,81	7,79
Mg#	0,48	0,55	0,55	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,50	0,56	0,56	0,56
D. I.	47,27	46,18	44,54	42,01	42,18	43,63	46,1	46,3	47,47	48,45	46,55	47,6
anX100/(ab+an)	38,12	38,23	42,07	55,00	55,54	51,41	48,34	50,21	38,06	43,91	48,02	44,27
CIPW norm												
Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
or	17,82	15,90	13,95	14,77	14,83	15,01	17,93	18,12	17,81	18,73	18,27	18,71
ab	28,18	24,14	25,92	13,33	13,06	15,13	15,10	14,41	19,63	17,12	14,55	16,83
an	17,36	14,94	18,82	16,29	16,31	16,01	14,13	14,53	12,06	13,40	13,44	13,37
ne	1,27	6,14	4,67	13,91	14,29	13,48	13,07	13,77	10,03	12,60	13,73	12,06
di	19,43	23,74	21,46	28,06	28,28	28,41	27,88	27,09	29,08	26,77	29,37	27,74
wo	9,87	12,16	10,98	14,33	14,46	14,50	14,22	13,81	14,80	13,73	15,11	14,27
en	5,24	7,09	6,34	8,09	8,30	8,18	7,96	7,67	8,02	8,14	9,26	8,70
fs	4,33	4,50	4,13	5,64	5,52	5,72	5,70	5,61	6,27	4,89	4,99	4,78
ol	4,23	3,48	3,93	2,51	2,26	2,52	1,63	1,90	0,76	1,27	0,22	0,51
fo	2,21	2,05	2,29	1,42	1,30	1,42	0,91	1,05	0,41	0,77	0,14	0,32
fa	2,02	1,43	1,64	1,09	0,95	1,10	0,72	0,85	0,35	0,51	0,08	0,19
mt	3,06	2,82	2,70	3,07	3,04	3,12	2,96	2,93	2,95	2,48	2,49	2,43
il	5,17	4,83	4,34	5,01	5,11	5,17	4,91	5,00	4,98	4,28	4,84	4,65
Total	96,51	95,99	95,77	96,96	97,18	98,85	97,61	97,76	97,28	96,65	96,92	96,30

Mg# = magnesium number, D. I. = differentiation index, Q = quartz, or = orthoclase, ab = albite, an = anorthite, ne = nepheline, di = diopside, o l = olivine, mt = magnetite, il = ilmenite, 15kV acceleration voltage, ZAF correction method. Analyses were carried out on JEOL 8600 Superprobe at the Geology Department of the University of Otago.

jelenleg nem ismertek ilyen rétegeknek (Véndek-hegy, zánkai Várhegy és Kereki-hegy) (BUDAI, CSILLAG szerk. 1999), a vulkanizmus idején a pliocénben még jelen kellett lenniük, csak azóta lepusztultak.

A tanulmányozott piroklasztit-előfordulások mindegyike — a jelentős, enyhén hólyagos közetüveg-tartalom alapján — magma és külső víz kölcsönhatására bekövetkezett, freatomagmás robbanásos kitörés maradványa (HEIKEN 1972, FISHER, SCHMINCKE 1984, HEIKEN, WOHLTZ 1991, WHITE 1991, DELLINO 2000). A közetüvegek változatos hólyagossága ugyanazon piroklasztit-közetben arra utal, hogy a kitörési centrum környékén:

1. változatos mértékben kigázósodott magma került külső vízzel vagy víztartalmú üledékekkel kölcsönhatásba (WHITE 1991, HOUGHTON et al. 1999),

2. az egyes robbanások során a robbanás bekövetkeztét és határfokát szabályozó fedőrétegek vastagsága időben gyorsan változhatott (WHITE 1996a),

3. a tanulmányozott üledék maga egy többszörösen újra feldolgozott piroklasztit-aggregát, amelyben a korábban keletkezett és az épp keletkező piroklasztit-töredékek keveredhettek egymással (WHITE 1996a), illetve a magma/víz és/vagy vízdús üledék kölcsönhatása során a magma változó nedvességtartalmú üledékekkel került kölcsönhatásba (WHITE 1996b, WHITE 2001).

A kétféle szöveti képű juvenilis töredékek (mikrolit-gazdag, irányított szövetű lávatöredék és mikrohólyagos

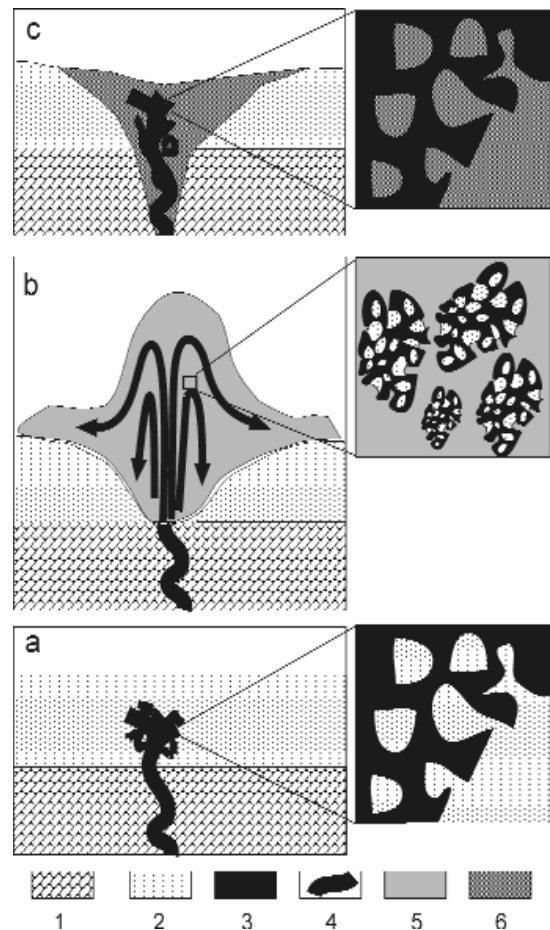
szideromelán), különböző arányban ugyan, de mindegyik helyszínen felismerhetők és azonosíthatók voltak. A két típus együttes jelenléte arra utalhat, hogy az üledék valóban összetett gyűjtőhelye volt azon piroklasztitoknak, amelyek (1) még akkor keletkeztek, amikor kellő mennyiségű víz volt jelen ahhoz, hogy magma/víz kölcsönhatás jó hatásfokú freatomagmás robbanásokban fejeződjék ki (gyengén hólyagos, tiszta szideromelán közetüvegek), illetve (2) amelyek már a gyengébb hatásfokú magma/víz kölcsönhatás felé mutatnak (orientált lávatöredékek). A szinte minden esetben azonosított üle-dékes zárványok az irányított szövetű lávatöredékekben arra utalnak, hogy ezek a lávadarabok víztelített üledékekkel kerültek kapcsolatba (5. ábra), s a sárszerű üledéket magukba gyűrve keveredtek ezen üledékekkel (KOKELAAR 1982, LORENZ, ZIMANOWSKI 1984, KOKELAAR 1986, LEAT, THOMPSON 1988, WHITE 1996a, ORT et al. 1998, LORENZ 2000a). A nagyobb fragmentumokon mikropeperit szövet ismerhető fel az irreguláris határfelületű, erősen, hirtelen hűlt lávafragmentumok és a finomszemcsés üledék kontaktusán. Az egyes üledékes hólyagkitöltések és a lapillitufa mátrix szöveti képének hasonlósága arra utal, hogy az irányított szövetű lávadarabok, az eredeti magma, valószínűleg a korábban (néhány óra, nap) keletkezett freatomagmás, sárszerű tefrába nyomulhatott, majd gyenge (kis energiájú, kis hatásfokú) freatomagmás széttöredezést szenvedett (5. ábra). A töredékek jelenléte úgy is értelmezhető, hogy ezek a fragmentumok in situ töredékei egy gyenge, elfojtott

5. ábra. Egyszerűsített modell a tanulmányozott piroklasztit-előfordulások keletkezésére

a = a benyomuló tefritmagma a vastag, laza és vízdús pannóniai sekélytengeri, folyóvízi-tavi sziliciklasztikus üledékekkel robbanás nélkül keveredik, ugyanis az üledék súlya megakadályozza robbanások bekövetkeztét, visszafajtja a magma/víz kölcsönhatásából származó mechanikai energiát. E keveredés eredményeként a benyomuló közzettelérek mentén peperit alakul ki, s a piroklaszt-töredékek sziliciklasztikus zárványokat zárnak magukba, b = további magmabenyomulással és a felszín felé történő vándorlással az üledék súlya már nem lesz elegendő a robbanásos kitörés lefojtásához, a magma pillanatszerű freatomagmás szétszakadást szenved. A kitörési felhő gazdag lesz olyan töredékekben, amelyek a korábbi elő-keveredésre utaló szöveti jeleket viselnek. Az ismétlődő robbanások során a piroklaszt újra és újra visszahullik a kráter/kürtő-zónába, sárszerű anyaggal kitöltve azt. c = további magma benyomulással a magma a kürtő/kráter-kitöltő piroklaszt-gazdag sárral kerül kölcsönhatásba, s elő-keveredésben vesz részt, mindaddig, amíg a freatomagmás töredezés nem következik be. E folyamat a vulkáni működés során akár több százszor is bekövetkezhet percnyi, órányi időskálán mérve. 1 — Triász vagy idősebb alaphegység, 2 — Pannóniai sziliciklasztikus üledékek, 3 — vulkáni piroklasztok, 4 — közzettelérek, 5 — kitörési felhő, 6 — kürtő/kráter-kitöltő piroklaszt-gazdag sár

Figure 5. Simplified eruption model for the development of the pyroclastic units of the studied area

a = intruding tephritic magma pre-mixes with the unconsolidated, water-rich shallow marine, fluvio-lacustrine Pannonian siliciclastic sediments due to the high confining pressure of these sediment suppressing the possibility of phreatomagmatic fragmentation. Along dykes peperitic margin develops with captured sediments in the lava fragments, b = when the confining pressure drop below the limit to suppress phreatomagmatic fragmentation, magma disruption and vent development take place. The eruption column is rich in clasts derived from the pre-mixed peperitic zones of dykes. The repeated explosions cause intense reworking in the vent/conduit site, fulfilling them with muddy, pyroclast-rich slurry, c = each intruding melt will interact, and probably pre-mixes with the progressively more pyroclast-rich slurry in the vent/conduit zone, prior to phreatomagmatic fragmentation. 1 — Triassic or older basement, 2 — Pannonian siliciclastic units, 3 — volcanic pyroclasts, 4 — dykes, 5 — eruption cloud, 6 — vent/conduit-filling pyroclast-rich slurry



freatomagmás robbanásnak, ami magában a krátert kitöltő piroklaszt-gazdag sárban történt (5. ábra). E folyamatot valószínűleg elősegíthette a kráterkitöltő piroklaszt-gazdag „zagy” súlyából származó visszafajító erő azon időszakokban, amikor kisebb gáztartalmú (kigázósodott) magma nyomult a kiszáradó kráterkitöltésbe (WHITE 1991) (5. ábra). A tiszta, hirtelen hülésre és magma/víz kölcsönhatásra utaló szideromelán kőzetüveg-töredékek kisebb arányban, de ugyancsak tartalmaztak üledékes zárványokat. Ugyan szöveti képen nem dönthető el egyértelműen e zárványok eredete, de a vulkanogén eredetű szemcsék (pl. vulkáni üveg) hiánya arra utal, hogy e zárványok a konszolidálatlan, nedves prevulkáni üledéket képviselhetik. Ez alapján arra lehet következtetni, hogy a freatomagmás robbanások kezdeti szakaszában is a magma és vízdús, laza, folyóvízi-tavi üledékek játszhatták a főszerepet (5. ábra). A benyomuló magma az üledék súlya miatt — a freatomagmás robbanások bekövetkeztét megelőzően — a nedves, laza üledékkel keveredett (előkeveredés), majd további magmabenyomulás hatására és annak a felszín felé való migrációja következtében — miután a rétegoszlop súlyából származó nyomást leküzdötte — freatomagmás töredekezést szenvedett (WHITE 1991). A kiobbantott finomhomok-gazdag anyag keveredett a széttöredezett, hirtelen lehűlt kőzetüveg-darabokkal, mely folyamat nagy anyagkoncentrációjú, ebből kifolyólag alacsony kitorési felhőt produkáló egyedi kitoréseket keltett. E kitorési felhő(k) jelentős része a kürtő/kráter környezetébe, vagy magába a kráterbe „hullott” vissza, sárszerű, piroklaszt-gazdag zaggal kitöltött kiszélesedő kürtőt hagyva maga után (5. ábra). A folyamat mindaddig ismétlődhetett, amíg volt magmautánpótlás. A kitorések előrehaladtával jelentős vízmennyiség használódhatott el, ami egyre inkább csökkentette a későbbi kitorések hatékonyságát, és „elfojtott” freatomagmás magma/nedves üledék (kráter/kürtőkitöltő zagy) kölcsönhatáshoz, ezáltal „mikropeperit” szerkezetek kialakulásához vezethetett (5. ábra).

A tanulmányozott piroklasztit kőzetek osztályozatlan, durvaszemcsés, de mátrix-gazdag szöveti képe arra utal, hogy többszörösen felszakított, kidobott és újra visszahullott piroklaszt-töredékek ülepedhettek le a folyamatosan változó geometriájú kráterben, illetve kürtőben (WHITE 1991, HOUGHTON, SMITH 1993, WHITE 1996a). Az ismétlődő, újra és újra felújuló egyedi freatomagmás kitorések felszín alatt következhetnek be, és a freatomagmás robbanások magma és felszín alatti vízforrások kölcsönhatásából származhattak. Erre a piroklasztit-kőzetek jelentős (akár 75 vol. %, vizuális becslés) járulékos kőzettöredék tartalmából következtettünk (LORENZ 1985, LORENZ 1986). A lapillitufák mátrixa szinte teljes egészében a prevulkáni pannóniai üledékből feltépett fragmentumokból áll. Mindez arra enged következtetni, hogy e rétegek valószínűleg konszolidálatlanok és vízdúsak voltak, s a nedves üledék fontos szerepet játszhatott a freatomagmás robbanások kialakulásában. A mindig jelenlévő triász és perm fragmentumok azt jelzik, hogy 1) a robbanások fészke időnként mélyebb szintre is vándorolhatott, ezáltal mélyebb eredetű felszín-

alatti vizek (pl. karsztvíz) is szerepet játszhattak a freatomagmás robbanások bekövetkeztében, illetve 2) a kürtőfal geometriája az ismétlődő robbanások hatására folyamatosan változott, a kitorés időbeli előrehaladtával szélesedett (SHANTSER 1983, DOUBIK, HILL 1999). A gyakori alakatlan, csomószerű agyagásványokban, töredezett kvarckristályokban és muszkovitban gazdag szerkezetek keletkezése azzal hozható kapcsolatba, hogy az egyes robbanások a sárszerű zagyot egy darabban, összefüggő massa formájában is kidobhatták a kürtőből és ez a zagy a repülése során együtt maradhatott, megőrizve eredeti „sárszerű” szerkezetét (WHITE 1991).

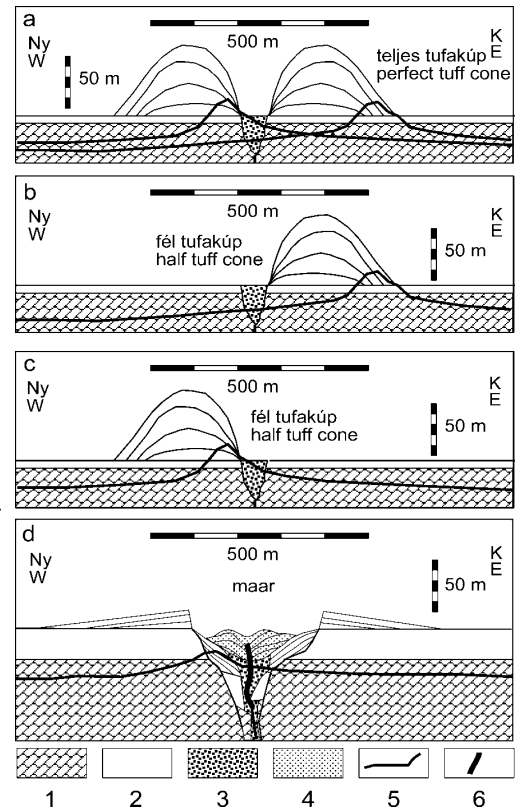
A Kereki-hegyen leírt meredek dőlésű, vastagon rétegzett piroklasztit összlet kráterperemeken lerakódott, majd leomlott, freatomagmás kitorések során keletkezett piroklaszt-sűrűségárak (pl. alapi torlóár) és freatomagmás hullott piroklaszt sorozatok rétegsoraként értelmezhető. A meredek keleties csapású rétegdőlés ($>60^\circ$) az egész piroklasztit-domb jelentős kibillentett helyzetére utal, ugyanis ilyen magas dőlésszögértékek alig ismertek monogenetikus vulkánokkal kapcsolatban (FISHER, SCHMINCKE 1984). Hasonlóan magas, de még mindig lényegesen alacsonyabb piroklasztit dőlésszög-értékek (pl. 30°) ún. nedves, freatomagmás tufakúpok vízből kiemelkedő, kürtő közeli vulkáni felépítményi részein ismertek, pl. White Island, Új Zéland (HOUGHTON, NAIRN 1991) vagy Ilchulbong tufakúp, Dél-Korea (SOHN, CHOUGH 1992). Azonban a tufakúpok piroklaszt-kőzetei gazdagabbak juvenilis fragmentumokban (pl. szideromelán), kevesebb járulékos kőzettöredéket tartalmaznak — utalva a robbanások felszínközelségére — és igen gyakoriak a csúszási, suvadási vagy egyéb, nedves, laza üledék mozgására utaló jelek, melyek egyike sem azonosítható meggyőzően a Kereki-hegy piroklasztitjaiban. A meredek keleties rétegdőlés arra utalna — amennyiben egy tufakúpot rekonstruálnánk — hogy a vulkán krátere a Kereki-hegy csúcsától keletre vagy nyugatra helyezkedne el, attól függően, hogy a megőrzött piroklasztit-sorozatot külső vagy belső kúppalást részeként képzeljük el (6. ábra). Mivel a Kereki-hegytől nyugatra (kilométeres léptéken) nincs nyoma egykori kráter maradványnak, így tufakúp modellel a Kereki-hegy kürtője a domb keleti oldalán képzelhető el ebben a modellben (6. ábra). Azonban a piroklasztit-kőzetek szöveti jellege sokkal inkább arra utal, hogy a freatomagmás explóziók felszín alatt következhetnek be, jelentős menyiségű járulékos litikus kőzetanyagot feltépvé. A kráterperemeknek időnként akár egész darabjai beomolhatnak az ismétlődő robbanások hatására (HEARN 1968, HEIKEN 1971, LORENZ 1971, LORENZ 1975, MITCHELL 1986, VESPERMANN, SCHMINCKE 2000). Ezek a sárszerű kráter- és kürtőkitöltő piroklaszt-üledékben meredeken dőlő tömbökként mélyre süllyedhetnek. A Kereki-hegy esetében a pontos rekonstrukció a kutatások jelen állapotában nem adható meg teljes biztonsággal, mely egyben rávilágít a hasonló vulkáni szerkezetek komplex kutatásának szükségességére és idő-szerűségére (6. és 7. ábrák). Mindez annál is inkább fontos lenne, mert a kérdés eldöntése alapvető geomorfológiai következtetésekre veze-

6. ábra. Lehetséges vulkáni felépítmény rekonstrukciók a Kereki-hegy meredeken dőlő, szigetehegyszerű piroklasztit-előfordulása alapján

a = teljes tufakúp szerkezet. A két vastag vonal a két lehetséges eróziós maradványt mutatja meredeken keletré dőlő piroklasztit-rétegekkel, b = aszimmetrikus tufakúp. A megőrzött meredeken dőlő piroklasztit-rétegek az egykori tufakúp külső palástját alkotják, c = aszimmetrikus tufakúp. A megőrzött meredeken dőlő piroklasztit-rétegek az egykori tufakúp belső, kürtöközeli palástját alkotják, d = maar/tufagyűrű vulkán, kráterbe szakadt egykori kürtöközeli tömbökkel, melyek jelentős meredek rétegdőléssel rendelkezhetnek. A Kereki-hegy piroklasztit-képződményeinek jelentős járulékos közettörmelék-tartalma és a piroklasztit-sorozat szedimentológiai jellegei inkább alátámasztani látszanak a Kereki-hegy, egykori kürtöbe szakadt kráterperem eredetét, mint a tufakúp modelleket, bár a kutatások jelen fázisában pontosabb rekonstrukcióra nincs lehetőség. Fontos megjegyezni, hogy a térség átfogó tektonikai elemzése is szükséges ahhoz, hogy az esetleges utólagos kibillenéseket nyomon lehessen követni. Jelmagyarázat: 1— triász alaphegység, 2— pannóniai homok- és kavicsrétegek, 3— kürtökitöltő piroklasztit, 4— salakkúp, 5— erózió szintje, jelenkori felszín, 6— köztetlér

Figure 6. Possible theoretical volcanic edifice reconstruction from the Kereki-hegy according to the available field data, highlights the complexity of variables must be considered even in a smallest size volcanic remnants

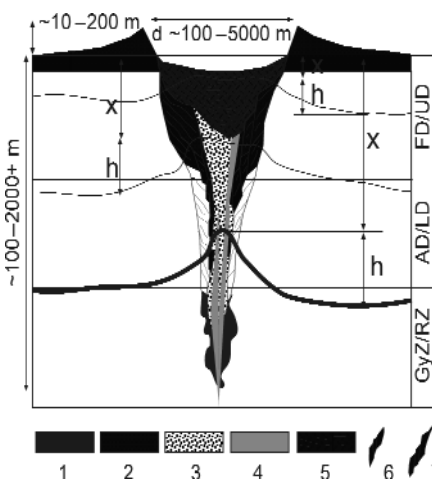
a = complete tuff cone. The thick lines represent the erosion remnant outlines may indicated by the steep eastward dipping of the pyroclastic units of Kereki-hegy, b = incomplete tuff cone in west. The preserved pyroclastic units of Kereki-hegy are remnants of an outer crater rim. c = incomplete tuff cone in east. The preserved pyroclastic units are remnants of an inner crater rim. d = maar-tuff ring volcano with near-vent crater rim blocks collapsed and subsided into the vent. The subsided blocks have steep dipping toward the centre of the volcano. The high amount of accidental lithic fragments and the general textural characteristics of the pyroclastic rocks of the Kereki-hegy rather suggest that it is a remnant of a vent zone of a maar-tuff ring volcano choked with collapsed and subsided pyroclastic blocks collapsed and subsided from the crater rim. However, Kereki-hegy highlights the complexity and the variety must be considered in relation with erosion and geomorphologic evolution of a monogenetic intracontinental volcanic field. Annotations: 1— Triassic basement, 2— Pannonian sand and gravel beds, 3— vent-filling pyroclastic deposits, 4— scoria cone, 5— erosion line, present surface, 6— dyke.



thet, mely mind a térség, mind általában a Balaton-felvidékhez hasonló, lepusztult vulkáni területek kutatásának egyik kulcseleme.

Összefoglalva megállapítható a leírt piroklasztit-képződmények szöveti jellegei, elterjedési és települési viszonyai alapján, hogy a tanulmányozott piroklasztit előfordulások egykori kürtö-kitöltés roncsok (7. ábra). Az eróziót követően, mint különböző diatréma piroklasztit-fáciések kerültek napvilágra, amelyek magukba zárják azokat a pre-vulkáni egységekből származó kőzetfragmentumokat is, amelyek az egykori kürtőfalat alkották (7. ábra). A kutatások jelen fázisában azonban komoly további kérdések is felmerültek. Mint látható volt a Kereki-hegy esetében, további részletes vizsgálatok, pl. 1) sekély-mélységű kutatófúrás

telepítése vagy 2) áttekintő jellegű regionális léptékű tektonikai és/vagy feüképződmény településviszony-vizsgálat szükségesek ahhoz, hogy biztosabban eldönthető legyen, hogy a meredeken dőlő magányos, szigetehegyszerű piroklasztit-előfordulások a Balaton-felvidéken (mint amilyen a Kereki-hegy, vagy a szigligeti dombok, I. NÉMETH et al. 2000) valóban egykoron kráterperemet alkotó, de utólagosan a kráterbe leszakadt mega-tömbök (száz méteres lépték), vagy (2) eredeti helyzetben álló kürtöközeli piroklasztit-fáciési tufakúpok vízből kiemelkedő felépítményeinek vagy (3) utólagos, jelentős tektonikai mozgások eredményei. A kérdés tisztázása jelentősen hozzájárulhat Nyugat-Magyarország miocén/pliocén geomorfológiai fejlődéstörténet megismeréséhez.



7. ábra. Egy maar/diatréma vulkán egyszerűsített szerkezeti modellje a különböző eróziós fázisok és a vulkán felszín alatti szerkezeti elemeinek kiemelésével

A vastag vonal a tanulmányozott helyszínek értelmezését jelzi. FD/UD = felső-diatréma, AD/LD = alsó-diatréma, GyZ/RZ = gyökér zóna, 1 — kráterperem piroklasztitok, 2 — kontakt breccsák, 3 — piroklaszt-gazdag, intenzíven újrarendelt kürtökitöltés, 4 — köztetlerek, 5 — post-vulkáni maar kráter üledékek (törmelék árok, turbiditok, szuszpenzióból lerakódott laminitok, betelepülő piroklasztitok más vulkáni forrásokból stb.), 6 — beszakadt és melyre süllyedt pre-vulkáni kőzetblokkok, 7 — beszakadt és melyre süllyedt egykori kráterperem piroklasztitok, h = magasságkülönbség az eróziós maradvány és a környezet között, x = becslendő magasság érték az eróziós maradvány és felszínhez mért lepusztulására

Figure 7. Simplified structure of a maar/diatreme volcano highlighting the subsurface structure of the volcano and the different erosional stages

The thick line represent the erosional stage and reconstructed structure of the studied sites. FD/UD = upper diatrème, AD/LD = lower diatrème, GyZ/RZ = root zone, 1 — contact breccias, 2 — crater rim pyroclastics, 3 — pyroclast-rich, intensively reworked conduit filling units, 4 — dykes, 5 — post-volcanic crater-filling deposits (debris flows, turbidites, suspension deposited laminites or interbedded primary pyroclastics from different sources), 6 — collapsed, slide and subsided in pre-volcanic rock blocks, 7 — collapsed, slide and subsided in former crater rim pyroclastic units, h = elevation difference between erosional remnants and background, x = estimated elevation difference between top of erosional remnant and syn-volcanic paleo-surface

Köszönetnyilvánítás

A cikk megírásához szükséges támogatást a T 032 866 és az F 43346 számú OTKA téma, a MÖB–DAAD Magyar–Német Kutatócsere (MÖB 4616-2001) program

és a Magyar Állami Földtani Intézet Térképezési Főosztálya biztosította. Külön köszönet Dr. Budai Tamásnak a kézirat előzetes javításáért. Dr. Karátson Dávid kritikai észrevételei, gondolatébresztő javaslatai jelentősen emelték a kézirat színvonalát.

Irodalom

- BENCE G. 1974a: A Tapolca (Tpt)–2 fúrás rétegsora. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár.*
- BENCE G. 1974b: A Tapolca (Tpt)–1 fúrás rétegsora. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár.*
- BENCE G., PEREGI ZS. 1988: *Sáska, fedetlen földtani térkép* (A Bakony hegység földtani térképe 20 000-es sorozat) — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa
- BENCE G., BIHARI D., LANTOS M. 1990: Bazaltvulkáni kúrtök kimutatása mágneses módszerrel a Balaton-felvidéken. (Abstract: Geomagnetic measurements to detect basalt volcanic vents in the Balaton Highland.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1988-ról I.*, pp. 363–369.
- BUDAI T., CSILLAG G. (szerk.) 1999: A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000 — Geology of the Balaton Highland. Explanation to the Geological Map of the Balaton Highland, 1:50 000 Magyarország tájegységi térképsorozata — Magyar Állami Földtani Intézet, Alkalmi kiadvány 197. Budapest, 310 p.
- BUDAI T., CSILLAG G., DUDKO A., KOLOSZÁR L. (szerk.) 1999: *A Balaton-felvidék földtani térképe, M=1:50 000. Geological map of the Balaton Highland, scale: 1:50 000.* — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa
- BULL, S. W., CAS, R. A. F. 2000: Distinguishing base-surge deposits and volcanoclastic fluvial sediments: an ancient example from the Lower Devonian Snowy River Volcanics, south-eastern Australia. — *Sedimentology* 47, pp. 87–98.
- DELLINO, P. 2000: Phreatomagmatic deposits: fragmentation, transportation and deposition mechanisms. — *Terra Nostra* 2000/6, pp. 99–105.
- DOUBIK, P., HILL, B. E. 1999: Magmatic and hydromagmatic conduit development during the 1975 Tolbachik eruption, Kamchatka, with implications for hazards assessment at Yucca Mountain. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 91(1), pp. 43–64.
- FISHER, R.V., SCHMINCKE, H.-U. 1984: *Pyroclastic Rocks.* — Springer, Heidelberg, 474 p.
- HEARN, B. C. J. 1968: Diatremes with kimberlitic affinities in North-Central Montana. — *Science* 159, pp. 622–625.
- HEIKEN, G., WOHLTZ, K. 1991: Fragmentation Processes in Explosive Volcanic Eruptions. — In: *S.f.S. Geology (Editor) Sedimentation in Volcanic Settings.* SEPM Special Publication, pp. 19–26.
- HEIKEN, G. H. 1971: Tuff rings: examples from the Fort Rock-Christmas Lake Valley Basin, South-Central Oregon. — *Journal of Geophysical Research* 76(23): 5615–5626.
- HEIKEN, G. H. 1972: Morphology and petrography of volcanic ashes. — *Geological Society of America Bulletin* 83, pp. 1961–1988.
- HOUGHTON, B., WILSON, C., SMITH, I. 1999: Shallow-seated controls on styles of explosive basaltic volcanism: a case study from New Zealand. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 91, pp. 97–120.
- HOUGHTON, B. F., NAIRN, I. A. 1991: The 1976–1982 Strombolian and phreatomagmatic eruptions of White Island, New Zealand: eruptive and depositional mechanisms at a ‘wet’ volcano. — *Bulletin of Volcanology* 54, pp. 25–49.
- HOUGHTON, B. F., SMITH, R. T. 1993: Recycling of magmatic clasts during explosive eruptions: estimating the true juvenile content of phreatomagmatic volcanic deposits. — *Bulletin of Volcanology* 55, pp. 414–420.
- JÁMBOR Á. 1980: A Dunántúli-középhegység pannóniai képződményei. — *Földt. Int. Évk.* 62, 259 p.
- JÁMBOR Á., PARTÉNYI Z., SOLTÍ G. 1981: A dunántúli bazaltvulkanitok földtani jellegei. (Abstract: Geological features of the basalt volcanics in Transdanubia.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1979-ről*, pp. 225–239.
- JUGOVICS L. 1971: A Balaton-felvidék és a Tapolcai-medence bazaltterületeinek felépítése. (Abstract: Über den Bau der Basaltgebiete des Balatonhochlandes und des Tapolcaer Beckens.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1968-ról*, pp. 223–243.
- KARÁTSON D. 1998: *Vulkanológia I.* — ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 237 p.
- KOKELAAR, B. P. 1982: Fluidization of wet sediments during the emplacement and cooling of various igneous bodies. — *Journal of the Geological Society of London* 139, pp. 21–33.
- KOKELAAR, P. 1986: Magma-water interactions in subaqueous and emergent basaltic volcanism. — *Bulletin of Volcanology* 48, pp. 275–289.
- LE BAS, M. J., LE MAITRE, R. W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B. 1986: A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. — *Journal of Petrology* 27 (3), pp. 745–750.
- LEAT, P. T., THOMPSON, R. N. 1988: Miocene hydrovolcanism in NW Colorado, USA, fuelled by explosive mixing of basic magma and wet unconsolidated sediment. — *Bulletin of Volcanology* 50, pp. 229–243.
- LÓCZY L. ID. 1913: A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése. — *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei I/I.*, 617 p.
- LÓCZY L. ID. 1920: *A Balaton-tó környékének részletes geológiai térképe. M=1:75 000* — A Magyar Földrajzi Társaság Balaton-Bizottsága, Budapest.
- LORENZ, V. 1971: Collapse structures in the Permian of the Saar-Nahe area, Southwest Germany. — *Geologische Rundschau* 60, pp. 924–948.

- LORENZ, V. 1975: Formation of phreatomagmatic maar-diatreme volcanoes and its relevance to kimberlite diatremes. — *Phys. Chem. Earth* 9, pp. 17–27.
- LORENZ, V. 1985: Maars and diatremes of phreatomagmatic origin: a review. — *Transactions of the Geological Society of South Africa* 88, pp. 459–470.
- LORENZ, V. 1986: On the growth of maars and diatremes and its relevance to the formation of tuff rings. — *Bulletin of Volcanology* 48, pp. 265–274.
- LORENZ, V. 2000a: Formation of maar-diatreme volcanoes. — *Terra Nostra* 2000/6, pp. 284–291.
- LORENZ, V. 2000b: Formation of the root zones of maar-diatreme volcanoes. — *Terra Nostra* 2000/6, pp. 279–284.
- LORENZ, V., KURSZAUKIS, S. 1997: On the last explosions of carbonatite pipe G3b, Gross Brukkaros, Namibia. — *Bulletin of Volcanology* 59, pp. 1–9.
- LORENZ, V., ZIMANOWSKI, B. 1984: Fragmentation of alkali-basaltic magmas and wall-rocks by explosive volcanism. — *Annales Science University of Clermont-Fd.II*, 75, pp. 15–25.
- MAGYAR, I., GEARY, D., MÜLLER, P. 1999: Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. — *Palaeo Palaeo Palaeo* 147 151–167.
- MITCHELL, R. H. 1986: *Kimberlites: mineralogy, geochemistry and petrology*. — Plenum Press, New York, 422 p.
- NÉMETH K., CSILLAG G. 1999: Tapolcai Bazalt Formáció. Tapolca Basalt Formation. — In: BUDAI T, CSILLAG G. szerk: *A Balaton-felvidék földtana. Geology of the Balaton Highland*. Magyar Állami Földtani Intézet, Alkalmi kiadvány 197. Budapest, pp. 114–122, and pp. 213–217.
- NÉMETH K., MARTIN, U. 1999a: Large hydrovolcanic field in the Pannonian Basin: general characteristics of the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field, Hungary. — *Acta Vulcanologica* 11(2), pp. 271–282.
- NÉMETH K., MARTIN, U. 1999b: Late Miocene paleo-geomorphology of the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field (Hungary) using physical volcanology data. — *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.* 43 (4), pp. 417–438.
- NÉMETH, K., KORBÉLY, B., KARÁTSON, D. 2000: The Szigliget maar/diatreme, Bakony – Balaton Highland Volcanic Field (Hungary). — *Terra Nostra* 2000/6, pp. 375–383.
- NÉMETH, K. 2001. Deltaic density currents and turbidity deposits related to maar crater rims and their importance for paleogeographic reconstruction of the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field (BBHVF), Hungary. In: KNELLER, B., MCCAFFREY, B., PEAKALL, J., DRUITT T. (Eds): *Sediment transport and deposition by particulate gravity currents*. International Association of Sedimentologist Special Publication. — *Blackwell Sciences, Oxford*, vol. 31, pp. 261–277.
- NÉMETH, K., MARTIN, U., HARANGI, SZ. 2001. Miocene phreatomagmatic volcanism at Tihany (Pannonian Basin, Hungary). — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 111, pp. 111–135.
- NÉMETH K., MARTIN, U. 2001: Gyakorlati vulkanológia. Practical volcanology. — *Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary*, 201. Geological Institute of Hungary, Budapest, 142 p.
- NÉMETH K., MARTIN, U., CSILLAG G. 2001: Erosion calculation on Pliocene monogenetic volcanoes of the Bakony – Balaton Highland (Pannonian basin, Hungary) — *The Stephen Müller Topical Conference of the European Geophysical Society: Quantitative neotectonics and seismic hazard assessment: New integrated approaches for environmental management, Balatonfüred, Sept. 22–26, 2001*, p. 11.
- ORT, M. H., DALLEGE, T. A., VAZQUEZ, J. A., WHITE, J. D. L. 1998: Volcanism and sedimentation in the Mio-Pliocene Bidahochi Formation, Navajo Nation, NE AZ. — In: DUEBENDORFER, E. (ed.): *Geologic Excursions in northern and Central Arizona. Field trip Guidebook for Geological Society of America Rocky Mountain Section Meeting, Arizona*. Geological Society of America, Flagstaff, Arizona, pp. 35–57.
- SHANTSER, A. Y. 1983: Basement xenoliths in the eruption products of the New Tolbachik Volcanoes and the problem of the formation of magma conduits in the upper crust. — In: FEDOTOV, S. A., MARKHININ, Y. K. (Eds): *The Great Tolbachik Fissure Eruption*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 72–82.
- SOHN, Y.K., CHOUGH, S.K. 1992. The Ilchulbong tuff cone, Cheju Island, South Korea: depositional processes and evolution of an emergent, Surtseyan-type tuff cone. — *Sedimentology* 39, pp. 523–544.
- VESPERMANN, D., SCHMINCKE, H.-U. 2000: Scoria cones and tuff rings. — In: SIGURDSSON, H. HOUGHTON, B. F., MCNUTT, S. R., RYMER, H., STIX J (eds): *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, San Diego, pp. 683–694.
- VITÁLIS I. 1911: A balatonvidéki bazaltok. — *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei I/I.*, Geol. Füg. II. 169. p.
- WHITE, J. D. L. 1991: Maar-diatreme phreatomagmatism at Hopi Buttes, Navajo Nation (Arizona), USA. — *Bulletin of Volcanology* 53, pp. 239–258.
- WHITE, J. D. L. 1996a: Impure coolants and interaction dynamics of phreatomagmatic eruptions. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 65 pp. 1–17.
- WHITE, J. D. L. 1996b: Pre-emergent construction of a lacustrine basaltic volcano, Pahvant Butte, Utah (USA). — *Bulletin of Volcanology* 58, pp. 249–262.
- WHITE, J. D. L. 2001: Eruption and reshaping of pahvant Butte volcano in Pleistocene Lake Bonneville. — In: WHITE, J. D. L., RIGGS, N. R. (eds): *Volcaniclastic Sedimentation in Lacustrine Settings*. Blackwell Sciences, Oxford, pp. 61–80.
- WHITE, J. D. L., MCCLINTOCK 2001: Immense vent complex marks flood-basalt eruption in a wet, failed rift: Coombs Hills, Antarctica. — *Geology*, pp. 935–938.

A nyugat-mecseki neogén kavicsüledékek genetikája és hasznosítási lehetőségeik

Genetics and utilization of gravel deposits in the Western Mecsek Mts

CHIKÁN GÉZA

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: Mecsek hegység, miocén, kavics, betonipari felhasználás

Keywords: Mecsek Mts, Miocene, gravel deposits, utilization for concrete

Összefoglalás

A Mecsek hegység fő tömegét alkotó paleozoos és mezozoos kőzeteket a peremeken és a belső medencékben neogén (miocén, pliocén és kvarter) üledékek borítják. E neogén üledéksorban több szintben találunk kavicsrétegeket, amelyek kialakulása a hegység fiatal fejlődéstörténetének és szerkezetalakulásának ismeretében érthető. E kavicsüledékek építőipari nyersanyagként történő hasznosítására többször történtek kísérletek, a hasznosíthatóság földtani szempontú, összefoglaló vizsgálatára ezideig nem került sor. A cikk a hegység nyugati részének kavicsüledékeit tekinti át genetikai és hasznosíthatósági szempontból.

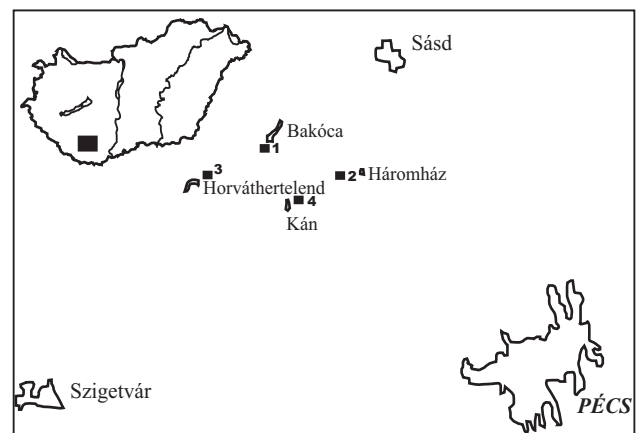
Abstract

Geological formations of Mecsek consist of Paleozoic granite, metamorphite and sandstone, Mesozoic limestone, sandstone, coal, Cenozoic sedimentary rocks. The main part of Tertiary rocks was deposited in Miocene and belongs to three sedimentary cycles. The first cycle is characterized by terrestrial deposits: fluvial clastic sediments, in some places limnic coal bearing strata. The second cycle begins with fluvial deposits and in the end of the cycle marine deposits came into being. Only marine and brackish strata of third cycle occur in the area. These young sedimentary rocks contain some layers of aggregates. Some of the gravel deposits are useful to make concrete.

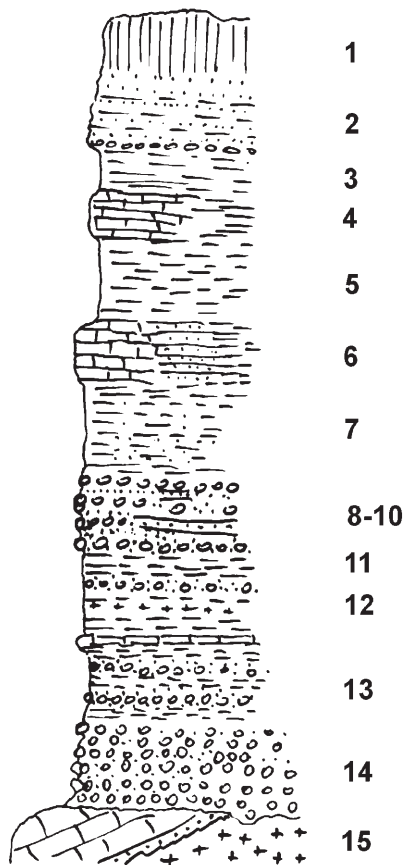
Bevezetés

A Mecsek hegység fő tömegét alkotó paleozoos és mezozoos kőzeteket a peremeken és a belső medencékben neogén (miocén, pliocén és kvarter) üledékek borítják. E neogén üledéksorban több szintben találunk kavicsrétegeket, amelyek kialakulása a hegység fiatal fejlődéstörténetének és szerkezetalakulásának ismeretében érthető. E kavicsüledékek építőipari nyersanyagként történő hasznosítására többször történtek kísérletek, a hasznosíthatóság földtani szempontú, összefoglaló vizsgálatára ezideig nem került sor. A cikk a hegység nyugati részének (1. ábra) kavicsüledékeit (2. ábra) tekinti át genetikai és hasznosíthatósági szempontból.

A mezozoikum végén megkezdődött hosszú szárazulati időszak után újabb jelentős területre kiterjedő



1. ábra. A terület elhelyezkedése
Figure 1. Investigated area



2. ábra. A nyugat-mecseki neogén elvi rétegoszlopa

1 — Negyedidőszaki lösz, lejtőtörmelék, 2 — Felső-pannóniai Dunántúli Formációcsoporthoz tartozó (homok, kavics), 3 — Alsó-pannóniai Peremartoni Formációcsoporthoz tartozó (agyagmárga), 4 — Szarmata Kozárdi és Tinnyi Formáció (agyagmárga, mészkő), 5 — Felső-badeni Szilágyi Formáció (agyagmárga), 6 — Alsó-badeni Pécsszabolcsi Formáció (mészkő), 7 — Kárpáti-alsó-badeni Tekerese Formáció (slír), 8 — Kárpáti Fóti Formáció (homok, homokkő), 9 — Kárpáti Keresztúri Formáció (lejtőtörmelék), 10 — Kárpáti Budafai Formáció Mánfai Tagozat (kavics, homok), 11 — Kárpáti Budafai Formáció Komló Tagozat (agyagmárga, kavics), 12 — Kárpáti Tari Formáció (dácittufa), 13 — Ottnangi Szászvári Formáció Mecseknádasdi Tagozat (agyagmárga, homokos kavics), 14 — Ottnangi Szászvári Formáció Mázai Tagozat (kavics, homokos kavics), 15 — Paleozoos-mezozoos alaphegység

Figure 2. Stratigraphic column of Neogene in Western Mecsek

1 — Quaternary loess, debris, 2 — Upper Pannonian Dunántúli Group (sand, gravel), 3 — Lower Pannonian Peremarton Group (claymarl), 4 — Sarmatian Kozárd and Tinnye Formation (claymarl, limestone), 5 — Upper Badenian Szilágy Formation (claymarl), 6 — Lower Badenian Pécsszabolcs Formation (limestone), 7 — Karpatian-Badenian Tekerese Formation (schlieren), 8 — Karpatian Fót Formation (sand, sandstone), 9 — Karpatian Keresztúr Formation (debris), 10 — Karpatian Budafa Formation Mánfa Member (gravel, sand), 11 — Karpatian Budafa Formation Komló Member (claymarl, gravel), 12 — Karpatian Tari Formation (dacite tuff), 13 — Ottnangian Szászvár Formation Mecseknádasd Member (claymarl, sandy gravel), 14 — Ottnangian Szászvár Formation Mázai Member (gravel, sandy gravel), 15 — Palaeozoic-Mesozoic basement

üledékképződés a miocénben kezdődött a területen. A miocén elejére a szerkezeti mozgások hatására kialakult hosszanti törések mentén a hegységtől D-re eső területrészen kiemelkedett, hosszú időn keresztül lepusztulási háttérként szerepelve a Nyugati-Mecsek területén kialakult üledékgyűjtő számára. Ekkor — a miocén elején — túlnyomó-

részt D-ről É-felé irányuló anyagszállítás mellett folyóvízi durvatörmelék üledékképződés folyt (Szászvári Formáció Máza Tagozat), amelyet az „alsó-riolittufa” szórásával járó vulkáni működés szakított csak meg. További tektonikai folyamatok hatására a hosszanti törések feldarabolódtak, harántvetők alakultak ki, melyek mentén árkos beszakadásokkal kisebb-nagyobb részmedencék jöttek létre. E részmedencékben tovább folyt a D-ről érkező anyag lerakódása, a csendesebb vizű, sodorvonaltól távolabbi területén pedig pangóvízi üledékképződési viszonyok jöttek létre, szenes agyag, agyagos kőszén betelepülésekkel (Mecseknádasdi Tagozat). Az ottnangi emeletet e két képződménycsoport egymás melletti jelentkezése zárja, s hasonló a helyzet a kárpáti elején is (HAMOR 1970).

Ekkor azonban a Bükkösdől Ny-ra eső terület egy része is szárazra került, s lejtőtörmelék-felhalmozódásra is lehetőség nyílt (Keresztúri Formáció). A kárpáti elején a területen jól elkülönülnek az egyes speciális kifejlődések: Bükkösdől Ny-ra száraztérzsinai üledékek, Hetvehely környékén folyóvízi, Abaliget–Mecsekrákos környékén parti és medencebelseji, pangóvízi-lagúnás üledékek jöttek létre. Ez volt a helyzet a kárpáti emeletben lezajlott tufaszórás idején is, e képződményekbe települ a Tari Formáció dácittufája. A medence belsejében és a peremeken az É–ÉNy-ről érkező transzgresszió jeleként egyre több tengeri beütés figyelhető meg, részben a Komló Tagozat, részben a Mánfai Tagozat üledékei között. E transzgresszió kiteljesedését a kárpáti végén, a Tekerese Formáció üledékeinek lerakódása jelzi. Ekkor slírjellegű üledékegyüttes jött létre.

A kárpáti végén, az újstájer fázishoz kapcsolódó kiemelkedés kapcsán a területen részleges regresszió figyelhető meg. Helyenként a Fóti Formáció jellegzetes regressziós képződményei is megtalálhatók, a kiemelkedést azonban máshol csak az új, badeni transzgressziót jelző meszes-törmelék, lajtamészko típusú üledékek peremi jellegű kifejlődésének rendkívül nagy elterjedése mutatja (Pécsszabolcsi Formáció). A kiemelkedés következtében a badeni transzgresszió D-i határa a kárpáti tengerpart határánál néhány km-rel É-abbra tolódott, Sikonda, Magyarhertelend, Kovácsszénája, Husztót vonalában húzható meg. A Ny-i területén csak ebből az időszakból vannak a badeni tengeri üledékképződésre vonatkozó adataink.

A badeni folyamán a nyílt tengeri viszonyok kialakulása a jellemző (Szilágyi Formáció), a K-i Mecsekből ismert, regressziót jelző Hidasi Formáció képződményei a területen nem ismertek, s a felső-badeni képződmények közt is csak két kis foltban sikerült parti képződményeket kimutatni. A tengeri üledékképződés a szarmatában tovább folytatódott, Bodolyabér környékén sekélyebb (Tinnyi Formáció), Magyarhertelend és Magyarhertelend környékén mélyebb vízi (Kozárdi Formáció) kifejlődésben. Alsó-pannóniai üledékek (Peremartoni Formációcsoporthoz tartozó) csak elszigetelt foltokban találhatók a területen; valószínűleg a folyamatos kiemelkedés során képződésükre csak itt volt lehetőség.

A felső-pannóniai képződmények (Dunántúli Formáció-csoport) keletkezése idején már jelentős szintkülönbség alakult ki a hegység központi része és a peremek között. A folyamatos kiemelkedés bizonyítékai a Pécs környékén több szintben található abráziós parti üledékek, valamint a hegység központi részéhez közelebb kialakult részmedencék, melyekben viszonylag csendesebb vizű üledékgyűjtők jöttek létre (Bodolyabér, Kishajmás, Kán–Hetvehely). A szerkezetalakulás hatására ekkor alakult ki a területen a bodolyabéri szinklinális, a kishajmási és husztóti antiklinális, s a korábbi vetőrendszerek jelentős része is felújult.

A gazdasági-társadalmi fejlődés egyre gyorsuló tempója mind több és több természeti erőforrás igénybevételével jár. Az építőipari ásványi nyersanyagok iránt is egyre növekszik az igény, így a mind több és több beton felhasználásával járó beruházások, az építkezések, útpítések volumenének növekedése felértékelte a beton egyik alapvető alapanyagának tekintett kavicsot is. A miocén rétegösszlet több szintje tartalmaz jelentősebb mennyiségű kavicsanyagot. Ezek általában igen vegyes szemnagyságú képződmények, anyagi összetételük is erősen változó, ezért általában nem tekintik hasznosítási anyagnak, az építőipari nyersanyag-kataszterben sem szerepelnek a mecseki kavicselőfordulások. Ugyanakkor területi elterjedésük, vastagságuk mindenképpen indokoltá teszi, hogy megvizsgáljuk: nem lehetséges-e, hogy az ország egyre csökkenő minőségi kavicskészletének egy részét kiváltsuk ezen kavicsanyag felhasználásával. A kavicsokon elvégzett technológiai vizsgálatok (CHIKÁN et al. 1986) azt bizonyítják, hogy egyes szintek, ha minőségi beton előállítására nem is alkalmasak, helyi, kisebb teherbírású építmények és építőelemek előállítására felhasználhatók.

Az alábbiakban ismertetésre kerülnek az egyes, kavicsokat tartalmazó rétegtani szintek technológiai vizsgálati eredményei. A szintek elnevezésénél a rétegtanban jelenleg elfogadott egységneveket használjuk (GYALOG 1996, CSÁSZÁR 1997). A technológiai vizsgálatok során a legfontosabb tényezőkként a kavicsok alaki sajátosságait, méretét és anyagi összetételét szokás alapul venni. A legkedvezőbb az ép, kerekített, túlnyomórészt kvarcból álló, kevés savoldható elegyrészt és finom (homoknál kisebb szemcseméretű) alkotót tartalmazó kavicsanyag. A szemcseösszetételben a magas agyag- és kőzetliszttartalom kedvezőtlen, az anyagi összetétel szempontjából általában előnytelen a metamorfit anyagú, illetve a homokkőből vagy karbonátos kőzetekből álló kavicsanyag jelenléte.

Miután kavicsot csak felszíni bányászkozással érdemes termelni, csak azokkal a szintekkel foglalkozom, amelyek felszínen, vagy csak kis vastagságú negyedidőszaki fedővel borítva találhatóak.

Szászvári Formáció Mázai Tagozat

A területen felszínen található legidősebb miocén képződmény, amelynek legjellegzetesebb képződménye agyagos, homokos, polimikt, kötőanyag nélküli kavics, ez utóbbi helyenként agyagos-meszes kötőanyagú kong-



3. ábra. A Mázai Tagozat egy tipikus feltárása Hetvehely közelében
Figure 3. Typical outcrops of Máza Member at Hetvehely

lomerátum-betelepüléseket tartalmaz (3. ábra). A kavicsok mérete eléri a 70-80 cm-t is. A kavicsanyag erősen változó anyagi összetételű, a kvarc mennyisége átlagosan csak 12%. A változó méretű és anyagi összetételű képződmények kavicsanyaga építőipari nyersanyagként való felhasználásra nem tűnik alkalmasnak, bár Pécssett, a Szigetvári úton valaki a 60-as évek elején házának lábazatát az ebből a formációból származó, 15–30 cm-es „úsztatott” kavicsokkal rakta ki, ami igen mutatós látvány; tehát e célra felhasználható.

Szászvári Formáció Mecseknádasdi Tagozat

Az ottngi emelet idején folyó folyóvízi üledékképződés során jelentős mennyiségű kavicsanyag került a hegység déli előteréből a miocén üledékekbe. Ennek egy része metamorf, más része üledékes eredetű. Elterjedésére jellemző, hogy elsősorban a Bükkösi-völgy környékén és attól É-ra található ezek a kifejlődések; ettől K-felé már pangóvízi üledékképződés folyt.

A tagozat képződményeire jellemző, hogy 4-6 m-es kavicsszintek váltakoznak homok és homokos kőzetliszt rétegekkel. Ez a felhasználhatóságot erősen rontó tényező.

A kavicsanyagra vonatkozóan korábban nem végeztek hasznosíthatósági vizsgálatokat, a vizuális megfigyelések alapján általában nem minősítették hasznosítási anyagnak. A kérdés eldöntéséhez mérési eredményekkel járultunk hozzá azzal, hogy az előfordulások közül három helyen megmintáztuk az anyagot, s ezeken technológiai vizsgálatokat végeztünk (1. táblázat).

Az első mintát (1) Bakóca közelében, útbévágásból vettük. A vizsgált minta folyamatos szemcseeloszlású, de kevés finomrészt tartalmazó, főleg zömök szemcsekből álló közettörmelék. Kevés kvarc mellett jelentős mennyiségű egyéb kőzetet és márványt is tartalmaz, ezért minőségi beton gyártására nem javasolható. Javasolt felhasználási terület: töltőanyag, másodrendű beton.

A (2) minta származási helye Háromház. A vizsgált minta folyamatos szemcseeloszlású, főleg zömök szemcsekből álló közettörmelék. A kb. 50% törött szemcsét

1. táblázat. Kavicsminták technológiai vizsgálati eredményei

Table 1. Results of technological investigations

Technológiai jellemzők/ technological data		Mintaszám/Sample			
		1	2	3	4
Szemcseösszetétel/Grain size frequency distribution (mm)%	63 felett	3,5	10,5	11,25	27,71
	63–31,5	13,65	18,0	20,0	3,51
	31,5–16	20,6	18,0	14,25	5,74
	16–8	12,5	15,5	8,5	4,52
	8–4	7,25	9,5	5,5	4,1
	4–4	5,5	5,4	4,0	3,46
	2–1	6,1	4,8	4,5	4,31
	1–0,5	8,3	3,2	10,24	6,53
	0,5–0,25	10,2	3,4	10,24	5,28
	0,25–0,125	4,6	2,8	7,04	2,33
	0,125–0,063	3,45	2,6	1,28	0,47
0,063 alatt	4,35	6,3	3,2	32,04	
Szemcsealak/Form of grain	zömök/ squat: 76	zömök/ squat: 89	zömök/ squat: 83	zömök/ squat: 82	
Savoldható elegyrészek/ soluble in acid	7,2	2,5	9,2	0,5	
Kőzetliszt- és agyagtartalom/silt, clay and dust content	4,5	6,5	2,1	32,0	

tartalmazó, különböző kőzetanyagból álló szemcsehalmozat, kevés kvarckavicsot tartalmaz. A minta kedvező szemcse szerkezete és alak tulajdonságai, továbbá a kevés szennyezőanyag-tartalma ellenére, heterogén anyagösszetétele következtében minőségi beton gyártására nem alkalmas. Javasolt felhasználási terület: közönséges beton.

A (3) jelű minta lelőhelye egy Horvát-hertelend közepében lévő, időszakosan működő kavics- és homokfejtő (4. ábra). Ez a minta is folyamatos szemcse szerkezetű, főként zömök szemcsékből áll. Kevés kvarckavicsot tartalmaz, a szemcséknek több mint 50%-a törött. A heterogén anyagi összetétel miatt közönséges beton készítésére alkalmas.



4. ábra. A Mecseknádasdi Tagozat kavicsfeltárása Horvát-hertelendnél

Figure 4. Gravel outcrops of Mecseknádas Member at Horvát-hertelend

A vizsgálatokat összesítve megállapítható, hogy a Mecseknádasdi Tagozat kavicsanyaga csak közönséges beton készítésére használható fel, így nagyipari méretű fejtése nem jöhet számításba, viszont helyi igények kielégítésére felhasználása megfontolandó.

Budafai Formáció Komlói Tagozat

A Bükkösdi-völgy és É felé eső torkolata még a kárpáti emelet idején is folyóvízi üledékképződés színtere volt. Ekkor ugyan a reliefenergia már jelentősen csökkent, ezzel együtt a szemcse méret átlaga is jóval kisebb, mint az idősebb miocén törmelékes üledékeké, de még mindig számottevő mennyiségű kavicsbetelepülést tartalmaznak a tagozat képződményei. Egyre több azonban a homokos-kőzetlisztes és agyagos betelepülés. Nagyobb esélye a kavicsfelhasználás szempontjából azért lehet, mert feltehető az érettebb (magasabb kvarctartalmú) kavics-előfordulások gyakorisága, mivel a kőzetanyag nagy része a korábbi kavicsüledékekből származik, így a könnyebben málló alkotók részaránya jelentősen csökken. Vizuális megfigyeléseinket, azt, hogy valóban kevesebb a savoldható alkotórész, az ide vonatkozó agyagvizsgálatok bizonyították. A Kántól D-re vett reprezentatív mintán elvégzett technológiai vizsgálat azonban kimutatta, hogy olyan sok kisméretű szemcsét tartalmaz az anyag, hogy betonipari célokra nem használható fel (1. táblázat, 4).

A vizsgált minta folyamatos szemcse szerkezetű, főként zömök szemcsékből áll, kevés savoldható komponenst tartalmaz, de igen nagy agyagtartalma következtében betonipari hasznosítása nem jöhet szóba. A kavicsot csak költséges technológiai berendezésekkel és műveletekkel lehetne megszabadítani agyagos szennyeződésétől. Javasolt felhasználási terület: töltés.

A vizsgált kőzetminta jellemzőnek tekinthető a Komlói Tagozat kavics-előfordulásaira, így ennek a szintnek betonipari hasznosítása nem gazdaságos.

Fiatalabb litosztatigráfiai egységek

A miocén üledékek magasabb szintjei közül a legtöbb kavicsot a Budafai Formáció Mánfai Tagozata tartalmazza.



5. ábra. A Mánfai Tagozat felhagyott kavicsfejtője Bános mellett

Figure 5. Abandoned gravel pit of Mánfa Member at Bános

A kavicsanyagban azonban uralkodó a hegység déli előteréből származó mezozoos törmelék, így sok a savoldható alkatrész. Szemcseszerkezete nem túl kedvező, s a helyenként, változatos horizontális és vertikális kiterjedéssel elhelyezkedő, karbonátos kötőanyagú konglomerátum-padok és szintek nehezítik a felhasználást. Bános közelében időszakosan fejtettek is egy előfordulást (5. ábra), azonban a változó anyagminőség és a szabványtól való eltérések miatt hasznosítása nem oldható meg.

Szintén tartalmaznak bizonyos mennyiségű kavicsanyagot a Pécsszabolcsi Formáció és a Dunántúli Formációcsoport képződményei. A permii antiklinális déli szegélyén a hatvanas években működött néhány helyi jelentőségű alsó- és felső-pannóniai kavicsot termelő „sóderbánya”. Ezek voltak a legjobb kavicsok ezen a vidéken, de még ezek sem feleltek meg sem mennyiségi, sem minőségi szempontból a hasznosíthatóság kritériumainak.

Irodalom

- CHIKÁN G. 1991: A Nyugati-Mecsek kainozóos képződményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 72. 281 p.
- CHIKÁN G., CHIKÁN G.-NÉ, KÓKAI A. 1986: A Nyugati-Mecsek hasznosítható ásványi nyersanyagainak prognózisa. — *Kézirat*, Magyar Geológiai Szolgálat, Budapest
- CSÁSZÁR G. szerk. 1997: *Magyarország litosztatigráfiai alap-egységei*. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, 114 p.
- GYALOG L. szerk. 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa* 187. Budapest, 171 p.

Üledékképződés és közettéválás a dél-budai Kiscelli Agyag Formációban, a IV. sz. metró nyomvonalán mélyült fúrásokban

Sedimentation and lithification in the Kiscell Clay Formation from South Buda, in the boreholes deepened in the pathway of the (projected) IVth Metro Line

KALMÁR JÁNOS, SZURKOS GÁBOR és KOVÁCS-PÁLFFY PÉTER

Magyar Állami Földtani Intézet, H-1143 Budapest, Stefánia út 14.



Tárgyszavak: Budapest, Dél-Buda, oligocén, Kiscelli Agyag Formáció, metró, agyagásványok, közetliszt, márga, karbonátok üledékképződés, szingenezis, diagenézis, hidrotermális érkitöltés.

Keywords: Budapest, South Buda, Oligocene, Kiscell Clay Formation, Metro, clay minerals, silt, marls, carbonates, sedimentation, syngenezis, diagenesis, hydrothermal vein filling.

Összefoglalás

A IV. metró nyomvonalán lemélyült dél-budai fúrások a középső-oligocén korú Kiscelli Agyag Formáció felső részét harántolták. A magmintákon végzett szedimentológiai, ásványtani-közzetani, kémiai és paleogeotermometriai analízisek alapján megvizsgáltuk az üledékes kőzetek (zömében közetlisztes márgák) képződésének és evolúciójának körülményeit. A kőzetben jelen lévő homokszemcsék, köztük a közettörmelékek alapján a lepusztulási területen epi-és mezometamorf, vasas-karbonátos törmelékes és karbonátos-biogén, kis mennyiségben vulkáni kőzetek léteztek, egy kis reliefenergiájú területen. A törmelékes komponensek mellett a kőzetösszlet képződésében fontos szerepet játszott a biogén karbonát: az algás eredetű mikro-pelletek, különböző vázak és váztöredékek. A kémiai adatok feldolgozásából kitűnik, hogy az üledékben az alterációs folyamatok nem fejeződtek be, az kőzetben jelen vannak a földpátok, a vas-és magnézium-szilikátok és az üde csillámok is.

Az üledéklerakódás 200–400 m mélységben, egy csendes vizű, részben áramlásmentes tengerfenéken történt. A betemetődést követően az üledékből eltávozott a víz egy része, az illit részben montmorillonitá, a biotit kloritá változott és a karbonátok kis mértékben oldódtak. A diagenézis során az agyagásványokban megkezdődött a szerkezeti átrendeződés, a karbonátokban pedig a mikropátitos átkristályosodás. A foraminifera-vázak üregeibe pirit és sugaras-lemezes ortopátit rakódott le amelyből mikronos nagyságrendű dolomitkristályok különültek el. A paleogeotermometrikus mérések szerint a diagenetikus folyamatok 58–70°C-os hőhatással jártak. Végül a jelenleg is aktív mélységi oldatokból a kőzet repedéseibe opál, kalcedon, kalcit és mangán-tartalmú kalcit, ill. dolomit rakódott le, 122–138°C-os felmelegedéssel.

Abstract

The boreholes, deepened along the pathway of the IVth Metro Line crosscut the upper part of the Middle Oligocene aged Kiscell Clay Formation. Based on sedimentological, mineralogical-petrographical, chemical and palaeogeothermometrical analyses, we examined the conditions of the formation and evolution of this sedimentary (mainly silty-marly) rocks. We identified the origin of the sedimentary material, examining the sand grains, mainly the rock fragments: its are coming from a low energy relief landscape, where some epi- and mesometamorphic, iron and carbonate cemented clastic and carbonatic rocks, and few volcanic igneous ones outcrop. Together with the clastic components, the carbonatic ones play an important role in the formation of this rocks. The petrochemical calculation of the chemical data emphasized, that the processes of surface alteration were not finalised: the rocks contain feldspars, Fe-Mg silicates and fresh micas, too.

The sedimentation was accomplished at 200–400 m depth, on a quiet, partly streamless sea floor. After the burial, part of pore water was eliminated, the illite passes (partially) in montmorillonite, and the biotite, in chlorite, too. The organic and clastic carbonate grains suffered a weak solubilisation. During diagenesis, on the clay minerals, the formation of ordered lattice structure begun, and in the carbonate grains, the microsparitic recrystallisation took place, too. The voids of the Foraminifera tests were filled with framboidal pyrite and radiar-lamellar ortosparr calcite (with separation of micronic dolorhomb). The palaeogeothermometric measurements indicate 58–70 °C temperature for diagenetic processes. Finally, we identified the opal, calcedone, calcite, Mn-calcite and Mn-dolomite epigenetical vein filling. Locally recrystallisation of the groundmass happened at 122–138 °C, as the effect of hypogenetic hot-water circulation, which is active until present days.

Bevezetés

A Kiscelli Agyag Formáció, amint azt RAINCSÁK megjegyezte (2000), a főváros és környéke legmegkutatottabb földtani képződménye, főleg a metróvonalak tervezésével és kiépítésével kapcsolatos fúrások és alagutak adatainak ismeretében. SZABÓ J. (1858) és HANTKEN (1868) úttörő munkái után, Budapest és környéke földtani megismerésével párhuzamosan számos tanulmány jelent meg a Kiscelli Formációval kapcsolatban, így SZTRÓKAY (1932), RÁSKY (1943), LELKES (1970), MONOSTORI (1973), BÁLDI (1974, 1983) és mások tanulmányai.

A földalatti vasúti közlekedés kezdeményezésében a nemzetközi élvonalhoz tartozó Budapesten csak a negyvenes években merült fel a *mélyvasút*, azaz a metró építésének a szükségessége. Habár a földtani adottságok nagy vonalakban már ismertek voltak, a tervezéshez elengedhetetlen volt a nyomvonalak pontos földtani feltárása, ami 1943-ban meg is kezdődött. A háború és az azt követő nehéz évek dacára 1949-ig 280 db, 15–40 m-es kutatófúrás mélyült le. Sajnos azonban e fúrásanyag — szakszerű geológiai leírás hiányában — igen kevés földtani információt szolgáltatott. 1950–1953 között (HAJÓS 1955) és az 1963-as újrakezdést követően a harántolt kőzetanyag megfelelő kezekbe került és napjainkig is folyik tudományos szintű feldolgozása (BABICS 1978, HEGYI et al. 1981; AUJESZKY et al. 1985; KORPÁS et al. 2002) a főváros és környéke földtani ismeretességének kiterjedésével párhuzamosan (JÁMBOR et al. 1966; KISDINÉ BULLA et al. 1984).

A fent idézett publikációk a Kiscelli Agyagot, ill. márgát kizárólag őslénytani-rétegtani-faciológiai oldalról közelítik meg, az üledékközzetani-geokémiai vonatkozások minimálisak és csak a budai előfordulások északi csoportjára szorítkoznak, ott, ahol a téglagyárak rézsűjeiben és az útbevágásokban megfelelő rétegsor állt a kutatók rendelkezésére. Igaz, hogy az ásványtani összetétel már a múlt század előtt megjelenik SZABÓ (1879), HORUSITZKY (1898) és KALECSINSZKY (1906), tanulmányaiban (in: VENDL 1932). VENDL (1932) 13 szemcseeloszlást, 12 ásványtani leírást és 5 vegyi elemzést mutat be és behatóan foglalkozik az üledékes kőzet színváltozását okozó oxidációs folyamatokkal, a gipsz keletkezésével és a karbonátok javarészt áthalmazott szemcsékhez köti. BÁLDI (1983, pp. 51–55.) a Kiscelli Agyag Formáció üledékföldtani jellemzéséhez egy agyag-kőzetliszt-homok háromszög-diagramot mellékel 30 (nem azonosított) minta adataival (uo., 1. ábra), a kőzeteket agyagmárgás aleurit és aleuritos agyagmárgaként határozta meg és egy átlagos ásványi összetételt is közölt, DUDICH et al. (1976, in: BÁLDI 1983) meghatározásai alapján.

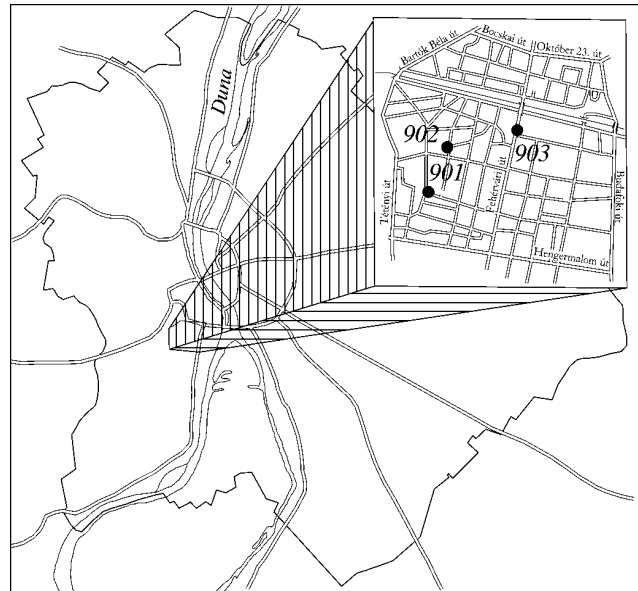
További vegyi elemzésekről és a kerámiai tulajdonságok laboratóriumi vizsgálatáról ILLÉS (1953a, b; 1954) jelentéseiből vannak információk, az eredmények megjelentetése nélkül. Mindezek az adatok az óbudai és a

Budától északra fekvő 9 téglagyár nyersanyagára vonatkoznak. A dél-budai területre csak a Gellért hullámfürdő két mintája esik, melyek VENDL (1932) tanulmányában szerepelnek.

Ezek után jelen tanulmány célkitűzése a dél-budai fúrásokban feltárt középső-oligocén (rupeli) korú agyag-karbonátos kőzetek litológiai és kémiai jellegének részletes ismertetése, az üledékképződés és az ezt követő folyamatok követése, a modern (főleg karbonátos) üledékközzetani eszközeinek igénybevételével.

Anyag és módszer

A vizsgálatainkhoz szükséges mintaanyag a IV. metró dél-budai nyomvonalán 1999-ben lemélyített 3 db 30 méteres mélységű, B-901, B-902 és B-903 jelű fúrásból származik (1. ábra, SZURKOS 1999). A terület megkutatottságára jellemző, hogy csak a nyomvonalszakasz 100



1. ábra. A fúrások helyzete Budapest és a IX. kerület területén

Figure 1. Location of the boreholes in territory of Budapest and of the IX. district

m-es sávjában 135 db korábbi, építkezésekhez mélyült talajmechanikai fúrás található. Ugyanakkor a Fehérvári úttól a Tétényi úti megállóig terjedő szakaszon 30 m-nél mélyebb fúrás csak kettő van, a B-901 és a B-902 jelű.

A fúrómagokból 7 db állt rendelkezésünkre (1. táblázat). Mindegyikből két 50×50 mm-es fedetlen vékonycsiszolatot készítettünk, a (helyenként csak feltételezett) rétegfelületre merőleges és vele párhuzamos síkban (2. táblázat). Két, opak ásványokban dúsabb mintából (1 és 2. sz.) felületi csiszolatokat csináltunk, az 1. és 4. sz. mintából pedig SEM-felvételeket. Négy mintán készültek röntgendiffrakciós és termikus vizsgálatok (3. táblázat), az 1. és 4. mintán nyomelemvizsgálatot (4. táblázat) és teljes kémiai analízist (5. táblázat), valamint dilatometriai méréseket végeztettünk.

1. táblázat. Vizsgált minták helyzete a dél-budai fúrásokban

Table 1. Location of examined samples in the boreholes of Dél-Buda

Minta sz.	Fúrás jele	Mélység	Tszf. mélység	Kőzet
		m		
1	B 901	21,90–22,15	82,51–82,76	Aleuritos márgakő
2	B 901	25,10–25,20	79,46–79,56	Aleuritos márgakő
3	B 902	18,35–18,50	86,10–86,25	Márgás aleurolit
4	B 902	23,25–23,40	81,20–81,35	Méshmárga
5	B 902	27,80–27,85	76,75–76,80	Aleuritos márgakő
6	B 903	19,70–19,85	84,76–84,91	Aleuritos márgakő
7	B 903	27,55–27,95	76,66–77,06	Márgás aleurolit

2. táblázat. Minták mikroszkópos ásványtani összetétele (%)

Table 2. Mineralogical composition of the samples (determined by microscope)

Minta sz.	A csiszolat a rétegsíkra	Törmelékes ásványok					Kőzet-törmelék	Karbonátok			Váz- és váztorodék	Pelletek, lumps-ok	Opak komponensek	Alapanyag	Kalcidón-opál
		kvarc	muszkovit	biotit	földpát	járulékos		kalcit	dolomit	sziderit					
1a	merőleges	10	7	jelen*	2	Gr, Tit	3	5	1	jelen	10	12	6	45	
1b	párhuzamos	13	2			Ky?	jelen	5	jelen	jelen	5		2	70	3
2a	merőleges	25	10	jelen	1	Gr, Zr	jelen	10	jelen		10	jelen	6	35	3
2b	párhuzamos	28	12		2	Gr, Z, Ru	jelen	8		jelen	6	jelen	4	38	2
3a	merőleges	40	13		2	Ky, Ep?	jelen	2			5	3	5	30	
3b	merőleges	35	10		3	Ap, Ky, Zr	1	10		3	8	2	2	25	1
4a	merőleges	10	6	jelen	jelen	Gr, Zr, Ap		18	1	2	5	4	jelen	52	2
4b	párhuzamos	7	4	jelen*		Gr, Ru		15	jelen	1	7	3	1	65	1
5a	merőleges	13	9			Tit, Ru		10	1	jelen	2	jelen	1	65	
5b	párhuzamos	15	10		2	Gr, Ap, Tit	3	14		1	12	2	1	39	1
6a	merőleges	10	7		jelen	Gr, Tit	2	12		2	10	3	3	50	
6b	párhuzamos	8	5		2	Zr, Gr, Tit	5	8		2	15	1	2	52	jelen
7a	merőleges	11	12		jelen	Gr, Ru, Zr		5	2	3	9		3	55	
7b	párhuzamos	25	17	jelen	2	Gr, Zr, Tit	1	5			3		2	45	

Járulékos ásványok: Ap = apatit; Ep = epidot; Gr = gránát; Ky = disztén; Ru = rutil; Tit = titanit; Zr = cirkon. *A biotit kloritosodott. — Accessory minerals: Ap = apatite, Ep = epidote, Gr = garnet, Ky = kyanite, Ru = rutile, Tit = titanite, Zr = zircon. *Chloritised biotite.

3. táblázat. Minták röntgendiffrakciós és DTA vizsgálata

Table 3. X-ray diffractometric and DTA analyses of the samples

Ásványok %	Minta száma							
	1		3		4		7	
	Rx	DTA	Rx	DTA	Rx	DTA	Rx	DTA
Montmorillonit	4	8	5	6	5	7	5	8
Illit/montmorillonit	8		4		7		6	
Illit	17	15	18	14	15	17	24	19
Kaolinit	2		2		3		5	
Klorit	8	<19	8	15	6	4	9	20
Kvarc	20		22		14		26	
Káliföldpát			3		2			
Plagioklász	8		5		4		6	
Kalcit	23	22	23	28	39	37	2	2
Dolomit	3	3	2	3	1		8	8*
Sziderit	5	<10	3	5			5	10
Pirit	1		1		1			
Amorf fázis	3	3	4	2	3	3	4	2

*Mangántartalmú karbonát. — *Mn-bearing carbonate.

Az ásványtani vizsgálatok elsődleges célja az üledékes kőzetek összetételének, ezen belül egyes ásványi komponensek eredetének megismerése volt. Az ásványi komponensek egymáshoz való térbeli viszonya a keletkezésük és elváltozásuk időrendjét hivatott megismertetni. A Kiscelli Agyag Formáció nagy részét

4. táblázat. Minták nyomelem-vizsgálata

Table 4. Trace element analyses of the samples

Elem ppm	Minták	
	1	4
Co	6	10
Cu	20	15
Cr	16	20
Cd	0,2	0,5
Ba	400	310
Mn	1800	5000
Ti	5500	4500
Mo	0,4	0,8
Ni	12	20
Be	10	15
Pb	8	15
Zn	120	145
Zr	100	150
Sr	550	640

5. táblázat. Minták vegyi elemzése

Table 5. Chemical analyses of the samples

Minta száma Komponensek	1	4
	%	%
SiO ₂	41,20	34,80
TiO ₂	0,634	0,532
Al ₂ O ₃	13,30	12,30
Fe ₂ O ₃	4,51	2,30
FeO	2,11	2,21
MnO	0,335	0,755
CaO	13,20	19,30
MgO	2,92	2,25
Na ₂ O	1,00	0,56
K ₂ O	2,73	2,35
H ₂ O ^{+105°}	3,73	3,54
H ₂ O ^{-105°}	1,45	1,19
CO ₂	12,40	16,30
P ₂ O ₅	0,094	0,101
SO ₃	0,27	0,72
Ba	0,0338	0,0288
Sr	0,0495	0,0549
Összesen	99,97	99,29

Készült a MÁFI laboratóriumában

alkotó finomszemcsés kőzeteknél a kvantitatív ásványi meghatározás fő eszköze a röntgendiffrakciós és termikus elemzés (3. táblázat). Az eredmények összehasonlíthatók a kémiai elemzésekben számított normatív ásványok részarányával (6. táblázat) és a különbség alapján az üledék érettségi fokára lehet következtetni. Az illit és a klorit kristályossági foka a diagenézis intenzitásának

6. táblázat. Normatív ásványok

Table 6. Normative minerals

Ásvány %	Minták	
	1	4
Rutil	0,38	0,33
Apatit	0,09	0,09
Cölesztin	0,09	0,09
Pirit	0,14	0,57
Albit	7,52	4,19
Illit	22,23	18,97
Klorit	6,25	4,24
Montmorillonit	27,98	22,56
Kaolinit	6,81	13,72
Rodokrozit	0,47	1,04
Dolomit	3,97	4,90
Kalcit	17,21	26,06
Limonit	3,50	1,37
Kvarc	0,94	0,44
Szerves CO ₂	2,43	1,43
Összesen	100,00	100,00

függvénye (7. táblázat). A dilatometriai mérések alapján megismerhetők a kőzetet ért hőhatások.

Mindezek alapján — nem figyelmen kívül hagyva az őslénytani-rétegtani-faciológiai megfigyelések ered-

7. táblázat. Agyagásványok félérték-élességi értékei

Table 7. Half value intensities of some clay minerals

Tartomány	H _b illit (001) °2 theta	H _b klorit (002) °2 theta
Diagenézis	>0,5	>0,275
1. és 4 sz. minták	0,4	0,3–0,4
Anchimetamorfizmus	0,3–0,5	0,22–0,275
Epimetamorfizmus	0,3	<0,22

ményeit — a szerzők megkísérelték rekonstruálni a dél-budai rupeli üledékgyűjtőben és a felhalmozódott üledékben, üledékes kőzetben időrendben történt folyamatokat.

A terület földtani felépítése

Úgy morfológiai, mint földtani szempontból a vizsgált terület a Budai-hegység közvetlen déli előteréhez, a Duna alluviális síksága dunántúli kiszögelléséhez tartozik.

A terület alaphegységi mélyfeküje a Dunántúli-középhegység keleti végét képező Budai-hegység felső-triász karni emeletébe tartozó Sashegyi Dolomit Formáció (KORPÁS 2002), amely számban a Gellért-hegyen, valamint a IV. metró nyomvonalán a Duna mederkitöltése alatt jelenik meg, erősen tektonizált helyzetben (PRÓNAY et al. 2000). Az 1943-ban lemélyített, Tétényi Úti Kórház mélyfúrásában a triász dolomitot a felszín alatt 520–530 m között harántolták (RAINCSÁK 2000).

A késő-**ecén** korú képződmények — bázisbreccsa, kavics, homok (Kosdi Formáció), majd a nummuli-

teszes–lithothamniumos mészkő (Szépvölgyi Mészkő Formáció) a földolomit karsztosodott felszínére települnek. Az utóbbit a Budai Márga Formáció vékony rétegei fedik. A IV. metró nyomvonalán ez utóbbi jelenik meg, szintén a Duna medre alatt.

A Budai Márgából folyamatosan fejlődik ki az alsó-**oligocén** korú Tardi Agzag Formáció, vékony homokkő betelepülésekkel, amelyet szintén fokozatos átmenettel fed a középső-oligocén Kiscelli Agzag Formáció. Ennek vastagsága Kelenföld környezetében 250–400 m, de a Gellért-hegy előterében kiemelt helyzete miatt erősen lepusztult.

A Kiscelli Agzag Formációt egy 3–20 m vastag, bontott, fellazult, helyenként breccsás mállási kéreg fedi, amelyre a 3–25 m vastag, kvarter (**késő-pleisztocén–holocén**) korú hegylábi, illetve folyami üledékek települnek. Ezek a Duna alluviális síkságát képezik (2. ábra).

A Kiscelli Agzag Formáció

Budapest környékén az oligocén korú üledékek több fáciesben jelennek meg, amelyek megannyi üledékképződési környezetet tükröznek. Így a rupeli emeletnek megfelelő időszakban Buda ÉNy-i részén a durvatörmelékes Hárshgyi Homokkő található, Óbudától, a Moszkva téren és a Móricz Zsigmond körtéren át Nagytétényig. A pesti Belváros és a Csepel-sziget északi része alatt a Kiscelli Agzag Formáció fejlődik ki. Északkeletre a formáció a Szécsényi Slír alá kerül, Budaörs és Nagytétény között a Hárshgyi Homokkővel együtt a Törökbálinti (agzagos-homokos) Formáció fedi (BÁLDI 1983). Itt meg kell jegyezni, hogy egy ilyen hirtelen fáciesváltozás, a sekélyvízi-partközeli durvatörmelékes képződményektől a mélységi, finomszemcsés üledékekig, ily kis távolságon egy jelentős térrövidülést feltételez, ami összhangban is van a terület tektonikai fejlődésmodelljével (WEIN 1977).

A Kiscelli Agzag Formáció egy 250–400 m vastag, kinézetre homogén, finomszemcsés, kőzetlisztes, agzagos-karbonátos rétegösszlet, üde állapotban jellegzetes szürke színű, vastagpados, gyakran rétegmentes. Az összlet felső harmadában vékony, max. 0,5 méteres, homokos betelepülések, finoman rétegzett kőzetlisztes szintek jelennek meg, a MAJZON (1943) féle II. és I. biozónának megfelelően.

Az általunk megvizsgált három fúrás (2. ábra), a rétegek 5–8°-os dőlését is figyelembe véve, ezt a felső intervallumot tárja fel, így a következtetések is erre a részre érvényesek.

A vizsgálatok eredményei

A három fúrás mintaanyagán szerkezeti-szöveti, ásvány-kőzettani, kémiai és paleogeotermometriai vizsgálatokat végeztünk a kőzet keletkezésének és időbeli evolúciójának részletes megismerése céljából.

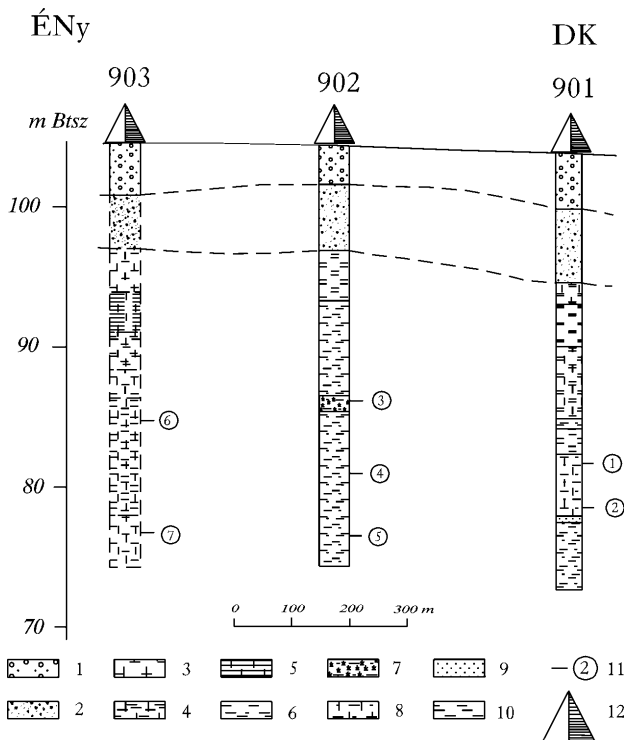
Ásvány-kőzettani vizsgálatok

Szemcseeloszlás, szerkezet, szövet

A vizsgált minták törmelékes, üledékes kőzetek; tömeges megjelenésük és kemény, kőszerű állaguk miatt nem tartottuk indokoltnak az „üledék” megnevezés használatát.

Magas karbonát tartalma miatt a mintaanyag vízben nem iszapolható, a savas kezelés pedig megváltoztatja a szemcseösszetételt és esetenként az ásványi összetételt is. Ezért a szöveti-szerkezeti megfigyeléseket csak mikroszkópos vizsgálatok alapján végeztük.

Így megállapítható, hogy a finom, agzagos (0,002 mm alatti) frakció mellett a kőzetlisztes frakciónak jelentős, két esetben domináns szerepe van (1. táblázat, 5. oszlop). A karbonátot az összes mintában úgy ásványtanilag, mint



2. ábra. A három fúrás oszlopszelvénye

1 — Kvarter kavics és homok; 2 — A Kiscelli Formáció mállási kérgé: fellazult, breccsás sárga agzag; 3 — Agzagos kőzetliszt, 4 — Kőzetlisztes agzag; 5 — Agzag és kőzetliszt-rétegek váltakozása; 6 — Agzag; 7 — Kovás agzag; 8 — Kőzetlisztes márga, 9 — Homokkő; 10 — Márga; 11 — Minták helye; 12 — Fúrás.

Figure 2. Lithologic column of the three boreholes

1 — Quaternary pebbles and sands; 2 — The weathered crust of the Kiscelli Formation: loosened, breccified yellow clay; 3 — Clayey silt; 4 — Silty clay; 5 — Alternance of clay and silt levels; 6 — Clay; 7 — Silicified clay; 8 — Silty marl; 9 — Sandstone; 10 — Marl; 11 — Location of samples; 12 — Borehole.

vegyi módszerekkel közetalkotó mennyiségben mutattuk ki, tehát a közetek márgás jellegűek.

A szerkezetük szabad szemmel rétegzetlennek látszik, de vékonycsiszolatban mindegyik mintában egy jól kifejezett irányítottság látható, amit a csillámok, kvarc-szilánkok stb. helyzete ad. Ha ehhez a szemcseeloszlás változása is társul, úgy egy finoman osztályozott, réteges, esetenként szabad szemmel is látható közetszerkezet jelenik meg (5. és 7. sz. minta).

A közet szövete pélitomorf-mikroklasztos, illetve mikroklasztos-pélitomorf, a mészben gazdag részek mikrites-mikropátitos szövetűek.

Itt kell megemlíteni az egyes mintákban szórványosan megjelenő, elnyújtott lencsés vagy tojásdad alakú, 1-2 mm átmérőjű, kalcittal cementált finom-apró homok(kő)-betelepüléseket (I. tábla, 1. kép), amelyek mennyiségileg elenyészők, de jelenlétük az üledékképződéssel kapcsolatban komoly problémákat vet fel.

Ásványi összetétel

A közetminták ásványos összetételének, az ásványok sajátosságainak megismerése céljából mikroszkópos, röntgen és termikus vizsgálatokat végeztünk. A vizsgálatok eredményeit a 2. és 3. táblázatban összesítettük.

Az ásványok szempontjából a mintaanyag meglehetősen egyveretű, úgy a fő komponensek, mint a járulékos ásványok tekintetében. A mikroszkópos vizsgálat során megkülönböztethetők: a törmelékes ásványok, a közettörmelékek, a karbonátos (részben törmelékes, részben autigén) ásványok, a vázak és váztöredékek, a pelloidok, az opak komponensek (törmelékes és autigén eredetűek), a finomszemcsés alapanyag és az epigenetikus képződmények (kalcit-, kalcedon- és opalerek, lencsék).

TÖRMELÉKES ÁSVÁNYOK

Kvarc. A törmelékes ásványok többségét a kvarc képezi, amely kevés, gyengén koptatott, gyakorta többkristályos, hullámos kioltású nagyobb méretű (<0,2 mm) szemcséket és főleg szilánkos, nem koptatott, rendszerint irányított, kis méretű szemcséket alkot, a finomhomoknak megfelelő 0,1 mm-től a mikronos méretig, amely az alapanyag jelentős részét adja (ezért a röntgen-felvételeken nagyobb a kvarc részaránya, mint a mikroszkópban látható kvarcé). A pásztázó elektron-mikroszkópos felvételeken számos, 4–12 mm-es, kagylós törésű, ék- és túskealakú, csipkézett, korróziós élű kvarcselem látható; a kioldási rajzolatok és kicsapódási gumók ritkák. A hullámos kioltás, a nagyobb szemcsékben jelen lévő csillám, rutil, titanit, apatit és cirkon-zárványok jelenléte metamorf vagy mélymagmás eredetre utal.

Csillámok. A 10%-ot is meghaladó részarányban megjelenő, igen tág szemcseeloszlású fehér csillám csak a nagyobb lapocskák esetében azonosítható a muszkovittal; ez esetben is gyakori a gyenge kettőtörésű (hidromuszkovitos?) szegély. A kisméretű csillámok, főleg az alapanyag nagy részét adó mikronos nagyságrendű

lapocskák mind gyenge kettőtörésűek; valószínű, hogy ezeket a röntgendiffrakciós vizsgálat illitként azonosította. A SEM-felvételeken jelen vannak a nagyobb (12–15 mm-es), sík vagy hajlított muszkovit-lemezkek és az őket körülvevő, vagy szabad, pikkelyszerű, 0,2–0,5 mm-es, gyengébb visszaverőképességű illit is. Három mintában jelen van a biotit is, illetve a biotit-reliktumokat és cirkonzárványokat tartalmazó, tehát biotitből keletkezett klorit (pennin) 0,2–0,3 mm-es lemezkeokban (I. tábla, 2. kép).

Földpátok. A homokos, illetve aleuritos frakcióban szórványosan megjelenik az üde, rácsikres mikroklin és az ikerlemezes, gyengén bontott savanyú plagioklász is, szegletes, gyengén koptatott szemcsékben vagy lemezes töredékekben. A földpátok a röntgendiffrakciós elemzés szerint az alapanyagban is jelen vannak.

Járulékos ásványok. A közet 0,1 mm alatti szemcsefrakciójában — a törmelékes ásványokban dúsabb részekben — azonosítható volt néhány járulékos ásvány: apatit, cirkon, disztén, epidot, gránát, rutil és titanit.

Közzetörmelék. A homokfrakcióban szórványosan jelennek meg, 0,3–0,4 mm átmérőig. A koptatott, lekerekített szemcsék anyaga főleg opak ásványokkal impregnált, deferrizált köpenyű, kovás vagy meszes homokkő (I. tábla, 3. kép); kisebb szemcseméretben és mennyiségben jelen van a csillámkvarcit, szericites-kloritos pala, bontott vulkáni közet és vasas agyagpala. Az egyik SEM-felvételen egy ~40 µm-es, gömbölyded aleurolit-szemcse látható, 5–10 mikronos méretű kvarctöredékekkel, amelyek romboéderekes, jól reflektáló, valószínűleg vastartalmú kalcitba vannak ágyazva.

KARBONÁTOK

A karbonátos szemcsék genetikai szempontból heterogén csoportot képeznek. Jelen van a törmelékes, kissé koptatott pátos kalcit, a sárgás árnyalatú dolomit és mikropátitos mészkőtörmelék mellett a hintett és diffúz, vagy lehatárolható, szabálytalan foltokba tömörülő, igen apró, gömbszerű szemcsés kalcit (3–5 mm-es romboédereket, kerekded végű pácikákat, poliédereket képezve a SEM-felvételeken), a foraminiferák és esetenként a növénymaradványok üregeit kitöltő („void filling”) ortopátit, igen apró dolomit-kristályokkal. A törmelékes karbonát szemcséket valamint a váztöredékeket gyakorta egy üde túlnövéses szegély övezi. A karbonátban dús részekben, pl. a 4. mintában megfigyelhető a kalcit mikropátitos átkristályosodása. Üde, pátos kalcit tölti ki az (egyébként elég ritka) kalcitereket. Végül (a 3. minta kivételével) mindenütt jelen van a sziderit, amely apró, gumós, többkristályos-mikrites szemcséket alkot és az alapanyag egy jelentős részét is képezheti (1. és 7. sz. minta: ~10%).

VÁZAK ÉS VÁZTÖREDÉKEK

A bioklasztok három mintában a 10%-ot is elérik. A Kiscelli Aggag Formáció e szintjére jellemző a kis méretű Globigerinák jelenléte, gyakran ép, érintetlen kamrákkal, finom, 0,5–0,8 µm-es rostos válaszfalakkal, belsejük kalcittal vagy opak ásvánnyal kitöltve. Szintén ép vázakkal

jelennek meg az agglutinált foraminiferák (II. tábla, 4. kép). A fal anyaga kalcittal cementált kvarcsemce; a kamra kalcittal, piritrel vagy márgás alapanyaggal van kitöltve. A váztörmelékek között felaprózott Globigerina-héjakat, Ostracoda-dermosclerit töredékeket valamint 0,2–0,5 mm-es, koptatott, opak ásvánnyal impregnált foraminiferarészeket (II. tábla, 1. kép) és kagylószilánkokat is találunk. Megjegyzendő, hogy a váztöredékek szilánkosak, kopásmentesek, ami arra utal, hogy nem a hullámtérben, hanem valószínűleg az eredeti szervezeteket fogyasztó lények tápcsatornájában darabolódtak szét (erre vonatkozóan I. WILSON 1975; p. 422).

PELLOIDOK

A vizsgált márgás kőzetek nem túl gyakori, de jellemző alkotói a pelletek és a lumpsok: alakzatba tömörülő, a környezetüktől szemcseméretben, összetételben és színezetben eltérő 0,05–0,3 mm-es képződmények. A pelletek gömbölydedek vagy hengeresek, barnás hártáival bevonva, valószínűleg iszapfaló lények fekáliái („kopropelletek”). A lumpsok lencsés, vagy szabálytalan alakú, a rétegződéshez viszonyítva konkordáns képződmények, amelyek a lencsevégeken gyakran fokozatosan mennek át az alapanyagba. Eredetük lehet szervetlen (helyi jellegű anyagfelhalmozódás vagy diagenézis) vagy szerves (bakteriális akkrécio). Esetenként szintekben jelennek meg (4. minta), vagy a homokszemcséket is tartalmazó elemi rétegek alján (2. minta). A kopropelletek a leülepedett iszapban élő benthosra utalnak, a homokos szintekben való feldúsulásuk az üledék helyi, kismértékű áthalmozódását jelentik.

OPAK KOMPONENSEK

Genetikai szempontból ez szintén egy heterogén csoport, amely az alapanyagban jelen lévő, hintett opak

portól a málnaszerű („*framboidal*”) piriten át az idiomorf, valószínűleg epigenetikus szulfidokat, valamint a gyakori növényi töredéket: szenesedett leveleket, szártöredéket sejtes belső szerkezettel (II. tábla, 2. kép), szegletes, szélein vörösesbarna-áttetsző széntörmeléket foglalja magába. Valószínű, hogy a röntgendiffrakciós mérések amorf komponensét javarészt e maradványok adják.

A felületi csiszolatokban megjelenik a szivacsos, helyenként sugaras szerkezetű, foraminiferákat kitöltő pirit, gyakori, 2–5 mm-es markazitszegéllyel. A 2. minta egyik foraminifera-kitöltésében a piritben zöldes, anizotrop markazit-reliktumok jelennek meg, ezek szerint a kitöltés eredetileg markazit volt, azután változott át piritté, végül a pirit újból markazitosodott.

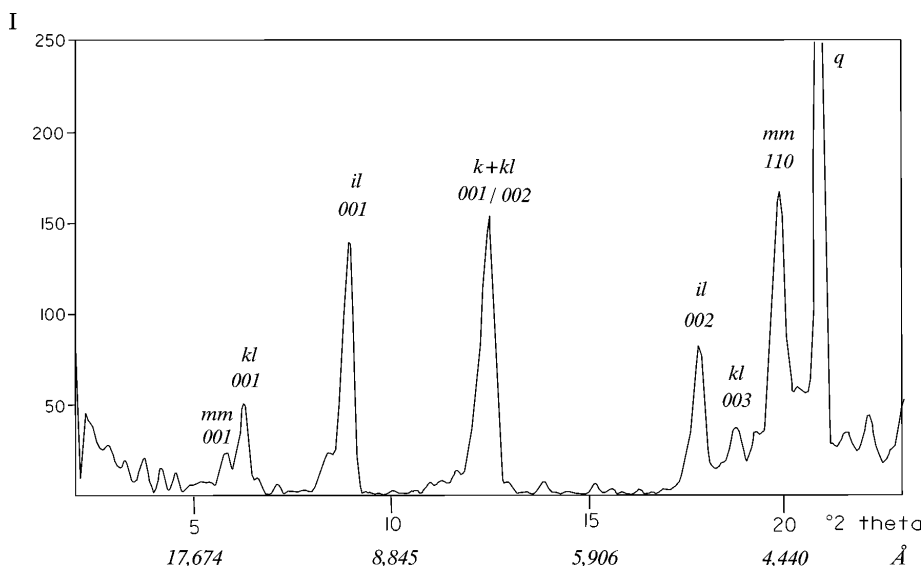
A mintákban jelen vannak a szegletes, idiomorf, igen jól csiszolható piritkristályok is. Egy vékony ér mellett egy 12–20 µm széles és 0,5 mm hosszú fűrészszegély jelenik meg, amelyben a piriten kívül két 5 µm átmérőjű *szfalerit*mező is látható.

Az 1. mintában a kvarcsemcsékhez tapadva kékesfehér, rubinvörös szegélyű hematitlapocskák, valamint kerekded, gyengén reflektáló, likacsos limonitszemcsék láthatók.

Mindkét mintában felismerhetők a barna szélű, közepes fényvisszaverő képességű, szaruszerű, vagy sejtes szerkezetű szénült növényi maradványok, gyakori 2–4 µm-es piritsemcsékkel szegélyezve.

ALAPANYAG

A mikroszkóppal, még nagy felbontásban is azonosíthatatlan szemcsékből álló „*groundmass*” — a kőzet 25–70%-át kitevő része — összetételére a röntgendiffrakciós, a termikus analízis (3. ábra) és a pásztázó elektronmikroszkóp ad információt. Ezek



3. ábra. A 7. minta agyagásványai (röntgendiffrakciós felvétel)

mm = montmorillonit; kl = klorit; k = kaolinit; il = illit, q = kvarc, a reflexiók csúcsok indexeivel

Figure 3. X-ray pattern of the clay minerals of the sample no. 7

mm = montmorillonite; kl = chlorite; k = kaolinite; il = illite; q = quartz, with the crystallographic index of the reflexion peaks

szerint az alapanyag főleg agyagásványokból áll (39–49%, 3. táblázat), jelentős kvarc, földpát és karbonáttartalommal.

Az agyagásványok közül az illit dominál, amely közepesen rendezetlen szerkezetű ($H_b/001 = 0,4 \cdot 2\theta^\circ$), azzal a megjegyzéssel, hogy a [001]-csúcsban kummulálódik a mikroszkópban látható muszkovit és a diszperz illit bázisreflexiója. Ezt a fentebb említett módon az elektronmikroszkópos vizsgálat is igazolja.

A (Ca-)montmorillonit ugyancsak rendezetlen szerkezetű, a bázisreflexiója kis intenzitású, diffúz és szinte egybeolvad a jelenlévő illit/montmorillonit kevertszerkezetű ásvány bázisreflexiójával. A SEM képeken a montmorillonit diffúz pelyheket, elektronokat gyengén visszaverő, felhőszerű képződményeket alkot, amely kellő nagyítással 0,01–0,05 μm -es vastagságú, max. 0,7 μm -es fátyolokra, drapériaszerű összenövésekre bomlik. MEHRING (1975) szerint ez a megjelenési forma az autigén montmorillonitra jellemző.

A klorit ugyanúgy kis mértékben rendezett ($H_b/002 = 0,4\text{--}0,5 \cdot 2\theta^\circ$). Kissé magasabb visszaverő képességű, szabálytalan, hajlított lemezeket, 1–6 μm -es foltokat képez.

Kis mennyiségben jelen van a kaolinit is.

A nem-agyagásványok közül a plagioklász albit-összetételű. A 7. minta kivételével a karbonát „tisztá” (sztöchiometrikus) kalcit, kisebb mennyiségben dolomit,; ugyancsak max. 10% részarányban a sziderit is jelen van.

Az alapanyag finomszerkezetét a lemezes ásványok, főleg az illit-lapocskák elhelyezkedése szemlélteti. A minták többségében ezek a réteglapok szerint irányítottak, ezért keresztezett nikolok között az alapanyag anizotrop közegként viselkedik (PETTIJOHN 1975). Ugyanakkor a csiszolatokban több milliméteres szélességű sávok, lencsék jelennek meg, ahol sejtesugaras kioltású részek figyelhetők meg, az ásványok véletlenszerű („kártyavár”) elhelyezkedéséből adódóan (RÉVÉSZ et al. 1991). A SEM vizsgálatok azt mutatják, hogy az elemi ásványszemcse szintjén ez utóbbi, kártyavárszerű elrendezés a jellemző, mégpedig úgy, hogy a nagyobb szemcsék (kvarc, muszkovit, földpát, karbonátok) közötti üregeket az agyagásványok pelyhei, pikkelyei és egy-egy kis kvarc- vagy karbonáttöredék tölti ki, ezért az ásványok közötti pórusok igen kis méretűek és a kőzet aránylag kemény.

EPIGENETIKUS KÉPZŐDMÉNYEK

A kőzetet számos szabálytalan erecske szeli át, amelyeket halványsárga opál, vagy kezdeti kristályosodási fázisban lévő kalcedon tölt ki. Az ereket gyakran egy 0,2–0,5 mm széles, világosabb színű, átkristályosodott kalcitot tartalmazó szegély veszi körül. Az erekben vagy közvetlen közelükben idiomorf opak ásvány-szemcsék (valószínűleg pirit, l. fentebb) jelennek meg. Esetenként 0,1–0,2 mm széles kalciterék is láthatók, úgyszintén átkristályosodott szegélyekkel.

Kémiai vizsgálatok

A mintákon a karbonáttartalmat kémiai módszerekkel határoztuk meg (8. táblázat), elkülönítve a könnyen oldható (kalcit) és a nehezen oldható karbonátot (dolomit, sziderit) A Köhn-eljárás során a porított kőzetmintához N/2 töménységű sósavat adagolnak és mérik az 1 perc és a tíz perc alatt keletkező széndioxid mennyiségét. Az első a könnyen

8. táblázat. Minták karbonáttartalma

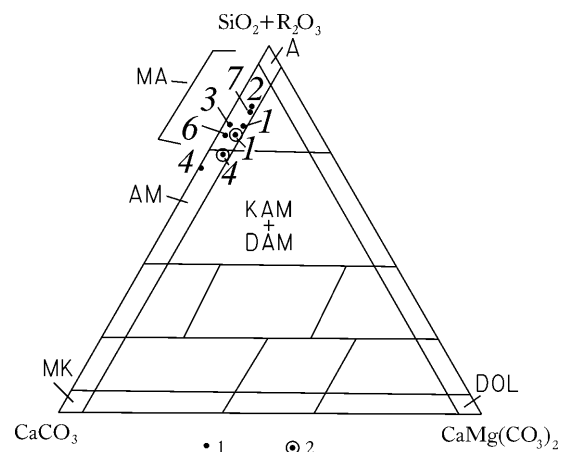
Table 8. Carbonate contents of the samples

Minta sz.	Kalcit	Dolomit
	%	
1	21	5
2	13	4
3	21	2
4	34	1
6	22	4
7	14	5

oldható karbonát (kalcit), a második a nehezen oldható karbonát (dolomit ± sziderit) mennyiségével arányos.

Elvégeztük két minta teljes kémiai analízisét is (5. táblázat). Az analitikai adatok alapján megállapítottuk a kőzetek petrográfiai jellegét, valamint információt kaptunk az üledékben, illetve a kőzetben létrejött kémiai-ásványi egyensúlyállapotról.

A kalcit, dolomit és a savban nem oldható maradék (ill. a $\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) háromszög-diagramba való vetítése (4. ábra) a vizsgált mintákat a „meszes agyag” és a „agyagmárga”



4. ábra. A kalcit – dolomit – oldhatatlan maradék háromszögdiagram (RUCHIN 1958)

A = agyag; MA = meszes agyag; AM = agyagmárga; KAM+DAM, kalcitot és dolomitot tartalmazó agyagmárga; MK = mészkő; DOL = dolomit. 1 — karbonátok meghatározása savas kioldással; 2 — normatív karbonátok a vegyi elzmés alapján

Figure 4. Ternary diagram Calcite-Dolomite-Insoluble residue (after RUCHIN 1958)

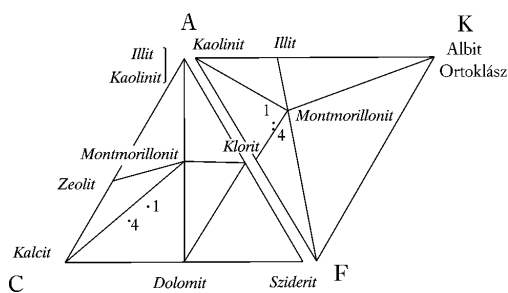
A = Clay; MA = limy clay; AM = Clayey marl; KAM+DAM, calcitic and dolomitic clayey marl; MK, limestone; DOL, dolomite; 1 — carbonates determined by acide leaching; 2 — normative carbonate by chemical analyse

mezőkbe helyezi (RUCHIN 1958), ami nagyjából megfelel az ásványtani vizsgálatok eredményeinek, azzal a megjegyzéssel, hogy a két teljes kémiai elemzés adatait használva, a pontok a magasabb kalcit- és dolomittartalom irányába tolnak el. Ennek nyilvánvalóan az az oka, hogy a vegyi elemzésben kimutatott CaO és MgO nem csak a karbonátokban, hanem a szilikátokban kötött kalciumra, ill. magnéziumra is vonatkozik, pl. a montmorillonit köztes Ca²⁺-ionjaira vagy a klorit magnéziumtartalmára is.

A vegyi elemzés alapján a RUCHIN (1958) által ajánlott módszerrel kiszámított normatív ásványok az adott összetételű üledék ideális ásványtani asszociációját tükrözik, feltételezve, hogy a mállási folyamatok teljes mértékben végbementek. Összehasonlítva a 6. táblázat ásványait a mikroszkópos (2. táblázat) és a röntgendiffrakciós vizsgálat (3. táblázat) eredményeivel, látható, hogy ugyanazok az ásványok jelennek meg, de részarányuk lényegesen különbözik. A különbségek szembeütők és éppen ezért szignifikánsak a kvarc és a négy agyagásvány esetében. Ezek szerint az üledékbe a mállás előrehaladt, de korántsem végleges termékei kerültek; a tetemes mennyiségű kvarc mellett az illit (és a még üde muszkovit) dominál és nem a montmorillonit; a kaolinit pedig jóval kisebb mennyiségben jelenik meg, mint az a számításokból adódik. Ugyancsak megjegyzendő, hogy a Fe³⁺ nem csak mint limonit jelentkezik, hanem valószínűleg beépül a szilikátok (montmorillonit, klorit) szerkezetébe.

A normatív számítás eredményében egy jelentős CO₂-főlösleg jelentkezik, ami a kőzetben a szerves komponensnek, a szenesedett növénymaradványoknak a jelenlétére vezethető vissza.

Az elemzési adatokat az ACF-A'KF diagramba vetítettük (5. ábra). E diagram, amely KRUMBEIN (1978) szerint jól használható a finomszemcsés-karbonátos



5. ábra. ACF-A'KF diagram, a lehetséges ásványasszociációkkal, az 1. és 4. sz. minta vetületével

Figure 5. ACF-A'KF diagram, with the possible mineral association and with the projection of the samples no. 1 and 4

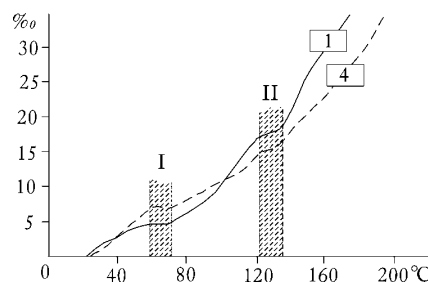
kőzetek kémiai egyensúly-állapotának leírására, jelzi azt az ásványasszociációt, amelynek kialakulása az adott vegyi összetételnél, felszíni körülmények között a legvalószínűbb. Valójában a Ca²⁺ és Mg²⁺ (és részben a Fe²⁺ és Mn²⁺) ionok egy jelentős része karbonátban van lekötve, ezért az ACF-diagramban a kiszámított és az észlelt ásványasszociáció között jelentős a különbség, míg az A'KF diagramban jól fedik egymást.

A mintákon végzett nyomelemvizsgálat (4. táblázat) az agyagos üledékek esetében megszokott összetételt eredményezett. Jelen vannak a savanyú magmás kőzetek jellegzetes elemei (Cu, Mn, Mo, Be, Zr), a bázikus magmás kőzeteké (Co, Cu, Ni, Cr), a biogén elemek közül a Sr, és a hidrotermális oldatok által szállított Cu, Cd, Zn, Pb és Ba. Ezek közül érdekes megemlíteni, hogy a vegyi és nyomelemvizsgálat egyaránt kimutatja az ásványtani vizsgálatok által nem észlelt, de feltételezett cölesztint, amely a Globigerina-váz gyakori komponense. A nyomelem vizsgálatokban kimutatott cink az ásványtani vizsgálatok folyamán említett felületi csiszolatban szfaleritként jelenik meg.

Paleogeotermometriai vizsgálatok

Az üledékes kőzetek képződésének termikus viszonyai megismerése céljából két márgamintán dilatometrikus méréseket végeztünk, a Bukaresti Műszaki Egyetem Ásványi Nyersanyagkutató Laboratóriumában (*Laboratorul de Materii Prime Minerale, Institutul Politehnic București*), dr. VASILE MANILICI és dr. ILEANA PARASCHIV jóvoltából.

A módszer lényege az, hogy a kőzeteket képező ásványszemcsék, kristályos és főként anizotrop természetűből kifolyólag a hő hatására különböző módon és irányban változtatják meg a méretüket. Amikor a hőhatás megszűnik, az ásványszemcsék összehúzódnak és a szemcsék között üregek, pórusok maradnak. Ha ismét felmelegítjük a kőzetet, egy bizonyos hőfokon felül a minta hossznövekedése megáll, mindaddig, míg az ásványi szemcsék újból kitöltik az összehúzás során keletkezett üregeket, pórusokat. Ezért, ha a lineáris dilatációt a hőmérséklet függvényébe vetítjük, egy emelkedő, helyenként vízszintes „pihenőkkel”, vagy töréspontokkal megszakított görbét kapunk, az ún. dilatogramot. A vízszintes szakaszok, ill. a töréspontok a (már megszilárdult) kőzetekben végbement termikus történéseket jelzik.



6. ábra. Paleogeotermometriai vizsgálat: az 1. és 4. sz. minta dilatogramja
I — Diagenetikus hő kibocsátás (58–70 °C); II — Mélységi hőhatás (122–138 °C)

Figure 6. Palaeogeothermometric measurements: the dilatogram of the samples no. 1 and 4.

I — Diagenetic heat emission (58–70 °C); II — Hypogenetic thermic event (122–138 °C)

A 6. ábrán bemutatott dilatogramokon két ilyen termikus történést jelenik meg: az első az 58–70 °C fokok tartományban, a második 122–138° között.

A Kiscelli Agyag Formáció genetikája és elváltozásai

A fenti adatok alapján betekintést nyerhetünk a vizsgált üledékes kőzet képződésének körülményeire és a kőzetben végbement változásokra.

Az üledékanyag származása

A törmelékes üledékanyag származására a kis részarányban jelen lévő kőzettörmelékek és járulékos ásványok alapján lehet következtetni. Ezek szerint a lepusztulási területről epi- és metamorf kőzetek (kloritos-szericites palák, csillámpalák), mélymagmás kőzetek (mikroklinos, biotitos granitoid), azonosítatlan (bontott) vulkáni kőzet, vasas és karbonátos kötőanyagú homokkővek és agyagpalák, pátitos mészkő és dolomittörmelékek kerültek az üledékbe. A nagyszerkezeti rekonstrukciókat figyelembe véve, a Dunántúli-középhegységnek, a Velencei-hegységnek a jelenkorban számban is megjelenő kőzetei jöhetnek szóba, vagy az oligocénben részben fedetlen felvidéki metamorfikum. Egyes homokkőszemcsék deferrizált szegélye arról tanúskodik, hogy a szállítás lassú volt, hosszan tartó szünetekkel, savas kémhatású (mocsaras) epizódokkal, valószínűleg egy lapos, kis szintkülönbségű területen.

A finomszemcsés frakció — a kvarc- és dolomittörmelékek és a csillámpalák alakjából és a SEM-felvételeken a kioldási rajzolatok, kicsapódási gumók ritkaságából is ítélve — legalább is részben, eolikus úton került az üledékgyűjtőbe, úgyszintén a szenesedett növénymaradványok is.

Az üledékképző anyag, amint a kémiai adatokból is kiderül, hosszantartó, az érettséghez közel álló ásványi együttest képez. Az ásványok összetételét a továbbiakban a szín- és diagenetikus folyamatok csak kis mértékben változtatták meg.

A karbonátos komponensek egy része törmelékes eredetű (mészkő- és dolomittörmelék), de a finomszemcsés, diszperz karbonát valószínűleg az alga-plankton tevékenységével hozható összefüggésbe. Erre utal a karbonát hintett jellege, a karbonát mikroszemcsék SEM-felvételeken látható alakja, a kőzetben gyakori mikropelletek jelenléte, a karbonátdús és kevésbé karbonátos elemi rétegek váltakozása (MILLIMAN 1974).

Üledékképződés

Amint azt előzetesen, a fáciesek és a paleontológiai adatok elemzése alapján megállapították, a Kiscelli Agyag Formáció lassú ütemű üledékfelhalmozódás eredményeként jött létre (BÁLDI 1974), amelynél a becsült szedimentációs ráta 10 cm/ezren év alatt

volt, egy áramlások által körülölelt holtterületén (BÁLDI 1983).

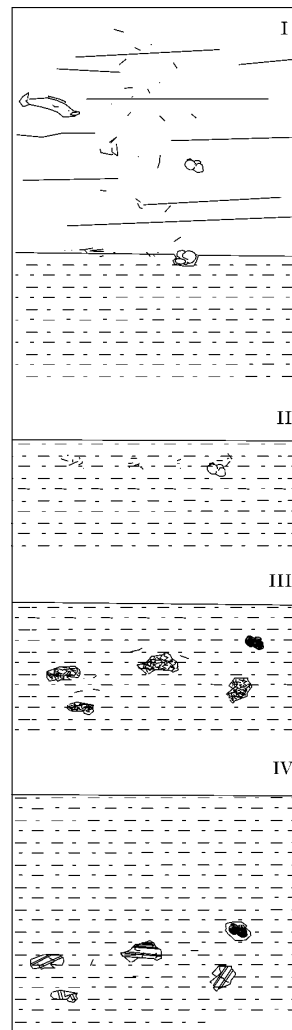
A mi vizsgálataink is azt mutatják, hogy a dél-budai területen az üledékgyűjtőbe a szárazföldről főleg pélistes-aleuritos anyag került, minimális homok-részarányal, esetleg vékony homokkő-rétegekkel (B–901 jelű fúrás), a Kiscelli Formáció felső része tipikus kifejlődésében.

A szerkezeti-szöveti sajátosságok alapján feltételezhető, hogy az üledéklerakódás helyszínén az abszolút mozdulatlan, statikus állapot váltakozott — időben és térben — a zagyszerű iszap enyhe áramlásával. Az előbbi folyamán irányított szerkezet keletkezett, a lapjaira fekvő csillámokkal, agyagásványokkal, az utóbbi esetében az (agyag)ásványok véletlenszerű („kártyavár”) felhalmozódása ment végbe.

A tizedmilliméteres nagyságrendű, enyhén osztályozott elemi rétegek (laminák) és a homokszemcsékkel együtt (helyileg) áthalmazott kopropelletek is ezekre a kis intenzitású iszapmozgásokra utalnak.

A milliméteres nagyságrendű, szórványosan megjelenő homoklencsék, amelyeket körülvesz, beágyaz az aleuritospélistes környezet, feltételezhető, hogy esetenként uszadék növényrészekhez tapadva kerültek az üledékbe.

Az üledékfelszín mélységére a nem túl gyakori bentosz



7. ábra. Karbonátképződés és átalakulás a Kiscelli Agyag Formációban

I. — Az üledékre alga-eredetű mikropelletek és váztöredékes karbonátszemcsék hullanak; II. — A véletlenszerűen szétszóródott, helyenként diffúz halmazokat képező karbonátszemcsék betemetődnek, helyenként gyenge oldást szenvednek; III. — Egyes halmazokban megindul a mikropátitos átkristályosodás; a foraminiferakamrák kitöltődnek markazittal vagy/és pirittel és utána, ortopátittal; IV. — A mikropátitos szemcsék egy része pátittá kristályosodik; a klasztos karbonátszemcsék, váztöredékek, vázak körül megjelennek a túlnövési szegélyek

Figure 7. Carbonate formation and transformation in the Kiscelli Clay Formation

I — On the sediment surface, algal micropellets and organoclasts fall. II — After burial, randomly dispersed carbonate grains form local, diffuse agglomerations and suffer a slightly dissolution; II — In some carbonate agglomerations the microsparitic recrystallisation begin; and the filling of foraminifera chambers with marcasite and/or pyrite and ortospar, too. IV — A part of microsparitic grains crystallises as sparitic ones; around of the clastic and bioclastic carbonate grains, the overgrowth rims appear

(molluszka, ostracoda és agglutinált foraminiferák) alapján VARGA (in: BÁLDI 1983) 200–400 métert feltételez, a diszfotikus, batiális zóna felső határán. Vizsgálataink ezt annyiban pontosítják, hogy (i) az említett váztöredékek valószínűleg egyes úszó vagy fenéklakó lények tápcsatornájában aprózódtak fel, nincs nyoma a hullámtérben való felaprózódásnak; (ii) a finomszemcsés, mikronos nagyságrendű karbonátszemcsék jelenléte az üledékfelszín mindenképpen a telítettségi szint fölé teszi, amely a jelen tengerekben szintén 200–400 m között van (BALOGH, HAAS 1991, p. 314.).

A frissen leülepedett üledékben, a mintákban talált agglutinált foraminifera-vázakon, ritka, vékonyhájú, élethelyzetben eltemetett kagylóhéjakon (7. minta) és ostracodákon kívül jelen voltak az iszapfaló lények is, habár a bioturbáció nem hagyott jelentékeny nyomokat és csak kis mennyiségben találtunk kopropelleteket. Mindezek azt is bizonyítják, hogy az $O_2 = 0\%$ redox-felület az üledék mélyében helyezkedett el és nem a felszín közelében. A szulfidok, amelyekre VENDL (1932) is hivatkozik, csak később, a diagenézis folyamán keletkeztek, az immár anoxikus üledékben.

A kiscelli tengerfenék tehát egy közel mozdulatlan, stagnáló, majdnem vízszintes, iszapos felület volt, amelyre a felszínközlelől időközönként finomszemcsés karbonát hullott, valamint a elpusztult Globigerinák, más plankton-foraminiferák és egyéb szervezetek egész vagy feldarabolt vázai. Ezek a felületen szétszóródva, véletlenszerű felhalmozódásokat képeztek (7. ábra, I.)

Szingenezis

Az üledék lerakódásával egyidejű történéseket PETTIJOHN (1975) szerint a „lokomorf” folyamatok jellemzik, amelyek során a laza üledék pórusaiból megkezdődik a köztes víz eltávolítása, a ránehezülő üledékoszlop súlya alatt, mindaddig, amíg létrejön a szemcsék ásványi anyagának a közvetlen érintkezése. Ezért a szingenetikus fázisban főleg az agyagásványokban jelentkeznek változások. A Kiscelli Agzag Formáció esetében a röntgendiffrakciós és SEM felvételek azt mutatják, hogy ebben a fázisban a muszkovit és a csillámszerű, jól kristályosodott illit (hidromuszkovit) jelentős mértékben degradálódott, a csillámlapok köpenyében és a lapok szélén illitpikkelyek és végtermékként montmorillonit keletkezett. A köztes állapot az illit-montmorillonit véletlenszerűen kevert szerkezetű agyagásvány, amely szintén jelen van. A biotit bontásából képződött kloriton (penninen) kívül (III. tábla, 3. ábra) az előbbihez hasonló módon keletkezett 7 Å -os klorit is megjelenik. Az illit→montmorillonit degradáció és a klorit úgyszintén vizes oldat jelenlétét feltételezi, megfelelő Ca^{2+} - és Mg^{2+} -ion koncentrációval (MEHRING 1975). A pásztázó elektronmikroszkóppal látható redőnyös-drapériszerű montmorillonit-alakzatok jellemzőek az üledékben helyben keletkezett (tehát nem áthalmazott) agyagásványra.

Az illit→montmorillonit degradáció folyamán cellánként egy SiO_2 válik le. Mivel az ásványtani vizsgálatok során nem találtunk se autigén kovát, se kvarcot (még a SEM-felvételeken sem), feltételezhető, hogy a fölös kova a lúgos kémhatású üledékoldatban távozott, amint azt számos karbonátos üledékben tapasztalták (DAPPLES 1959)

Ugyanakkor a betemetett karbonátszemcsék még nem változnak, esetleg a pórusvíz Ca^{2+} -ion koncentrációjának szintentartásáért enyhe oldódást szenvednek (7. ábra, II.). Az üledékoszlop alján megkezdődik a szerves anyag szeszeseése (SWAIN 1971).

Diagenézis

Az agyagos-karbonátos üledékben a diagenézist a „redoxomorf” folyamatok nyitják meg, akkor, amikor az üledék felszíne és a besűrűsödött, tömörödött üledék között megszűnik a hidrodinamikai kommunikáció. A szerves anyag, a maradék pórusvíz növekvő szulfát-tartalma és a jelen lévő vas kölcsönhatása eredményeként megjelennek előbb a vasszulfid-kolloidok, majd ezekből (a S^{2-} koncentráció és a pH függvényében; l. HEMLEY, BURNS 1978, p. 122.) a málnaszerű markazit- vagy pirit-kiválások, amelyek áthágják az elemi rétegfelületeket, csillámokat, kvarcszilánkokat, váztöredékeket zárványolnak, kitöltik egyes foraminiferák kamráit. Ahol az üledékből helyileg hiányzik a kén, apró sziderit-pelletek keletkeznek. Az egymáshoz tapadó mikrites karbonátszemcsék mikropátitos átkristályosodást szenvednek, megjelennek az összefüggő, de agyagos vagy tömrelékes zárványokat tartalmazó karbonát-„szigetek” (7. ábra, III.). Végül a szulfidokkal nem kitöltött foraminiferakamrákat, növényi maradványok sejt-kamráit sugaras vagy lemezes ortopátit tölti ki (II. tábla, 3. kép).

A bioklaszt- és algapelletmentes közetrészekben jelenlévő mikronos nagyságrendű, romboédes karbonátszemcsék arra utalnak, hogy megkezdődött a montmorillonitrács rendeződése, amely azzal is jár, hogy az agyagásvány megszabadul a fölösleges (rácshibákhoz, lemezvégekhez kötődő) adszorbeált ionoktól, így a Ca^{2+} -tól is (MEHRING 1975)

Egy későbbi fázisban a nagyobb méretű, agyagásványmentes mikropátitos kalcit-szemcsék pátittá kristályosodnak; az ezzel járó térfogatnövekedés helyi feszültségeket okoz, amely folytán egyrészt diszlokálódik a körülvevő agyagos-aleurolitos mátrix, másrészt a kalcitban nyomásos ikerlemezek jönnek létre. A váztöredékek, foraminiferavázak, növénymaradványok körül túlnöveses szegélyek keletkeznek (7. ábra, IV.). A karbonátok kristályrácsai rendeződnek, az üregkitöltő ortopátitban megjelennek a mikronos nagyságú, idiomorf dolomitkristályok. E folyamat minden bizonnyal a kalcit „porfiroos neomorfizmusá”-nak jellegzetes megnyilvánulása, amely CHILLINGAR et al. (1967) szerint a diagenézis előrehaladott fázisában a $(\text{CO}_3)^{2-}$ -ion potenciáljának a megnövekedésével magyarázható, de

amelyet a nem karbonátos ásványok jelentős mértékben lefűkeznek.

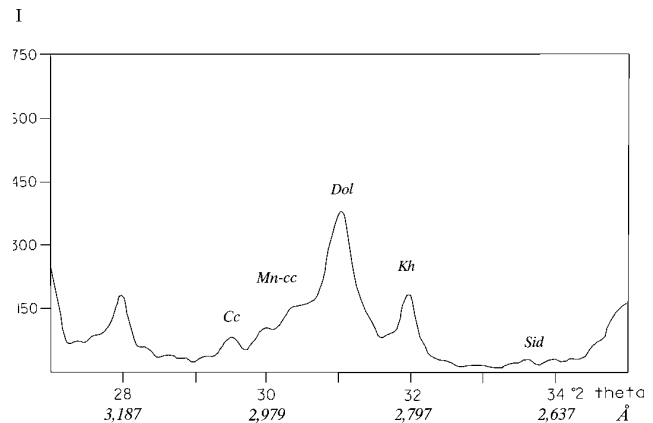
Ugyancsak ehhez a fázishoz köthető az agyagásványok fent említett átrendeződése, ugyanis a félérték-szélességi adatok azt bizonyítják, hogy az illit és részben a klorit már a diagenézis tartományának felső határában található (ÁRKAI et al. 2001; 4. táblázat). Itt szükséges megjegyezni, hogy az illit esetében a kis, már az anchimetamorf tartományba mutató félérték-szélesség ($H_b/[001]$) annak tulajdonítható, hogy a mintában jelentős mennyiségű, finomszemcsés, de áthalmazott muszkovit is található.

A paleogeotermometriai értékek ismeretében a diagenézis során a hőmérséklet 58–70° között volt, ami megegyezik számos paleogén korú üledékes kőzeteken mért értékekkel (MANILICI, PARASCHIV 1993). A diagenetikus felmelegedés oka jelenleg még nem tisztázható; az idézett szerzők a szerves anyag bomlásával, a hidratációs hőkibocsátással, illetve a mélybe süllyedés és (a máramarosi és kelet-kárpáti flis esetében) a tektonikai mozgások által generált hővel magyarázzák e folyamatot. A Pannon-medence esetében a mélybe való süllyedés a magas geotermikus grádiens miatt jelentős felmelegedést eredményezhetett.

Epigenézis

A már megszilárdult, törékeny kőzetben utólagos ásványképződés nyomai észlelhetők: opál- és kalcedon-, illetve kalcit-érkitöltés, idiomorf pirit és egyéb szulfidok lerakódása, az alapanyag átkristályosodása az erek, repedéskitöltések mentén (II. tábla, 4. kép). A kovával kitöltött repedések helyenként sűrű hálózatot képeznek, behálózhatnak egy egész réteget (2. ábra, B–902 jelű fűrés).

A 7. mintában egy kalcedonér mentén pár cm vastag, sárgásrózsaszínű, karbonátban dús zóna húzódik, amelyben a röntgendiffrakciós és a termikus vizsgálatok, normális kalcit és dolomit mellett egy átmeneti karbonátot mutattak ki, Mg-kalcittal, illetve Mg–Mn-kalcittal. Itt ugyanis a dolomit [104] reflexiója a csökkenő 20° irányában aszimmetrikusan elnyúlik, a 30–31° értékek között (8. ábra). A mangán-karbonát jelenléte az oligocén kőzeteket átszelő repedések kitöltésében nem egyedi példa; számos hasonló repedésben találtak rózsaszínű kalcitot, aragonitot, gipszet, baritot, szulfidokat és kalcedont, a budapesti metró alagútjaiban és egyéb mélyépítkezések során (VENDL 1932; ALFÖLDI 1968; RAINCSÁK 2000).



8. ábra. Karbonátok a 7. sz. mintában

Cc = kalcit, Mn-cc = mangánkalcit; Dol = dolomit; Kh = kutnahorite; Sid = sziderit (röntgendiffrakciós diagram része)

Figure 8. Carbonates from the sample no. 7

Cc = calcite; Mn-cc = manganocalcite; Dol = dolomite; Kh = kutnahorite; Sid = siderite (segment of the X-ray pattern)

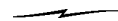
A paleogeotermometriai méréseink során regisztrált 122–138°-os hőmérséklet valószínűleg ezen epigenetikus (hidrotermális) ásványképződéssel van kapcsolatban és összefügg a jelen korban is aktív hévízáramlással, amely számos helyen okozott kőzetelváltozásokat a térségben (SCHLECHT 1928; ALFÖLDI 1968). Ezek szerint a Kiscelli Agyag Formáció dél-budai előfordulása nem mentes hidrotermális elváltozásoktól (KORPÁS 2002, p. 71.).

A Kiscelli Agyag Formációt egy felázott, fellazult, piszkossárga, helyenként breccsás köpeny fedi. Színéből és állagából ítélve, a kőzetben (egy hosszantartó szárazra kerülést követően) kilúgozódott a karbonát javarésze, a pirit és egyéb vastartalmú ásványok limonitosodtak. Ez egyértelműen egy mállási kéregben végbement hipergenitikus folyamatsorra utal, valószínűleg a pleisztocén idején.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ez úton mondanak köszönetet a DBR Metró Projektnek, hogy hozzájárultak e tanulmány közléséhez, dr. VASILE MANILICI professzornak és dr. ILEANA PARASCHIV előadónak a dilatometrikus mérések elvégzéséért és dr. SZENTPÉTERY ILDIKÓNAK, akivel folyamatosan konzultáltunk.

Külön köszönet illeti meg dr. SZTANÓ ORSOLYA kolleginát, e tanulmány lektorálása alkalmával tanúsított szakértelemért és objektivitásért.



Irodalom

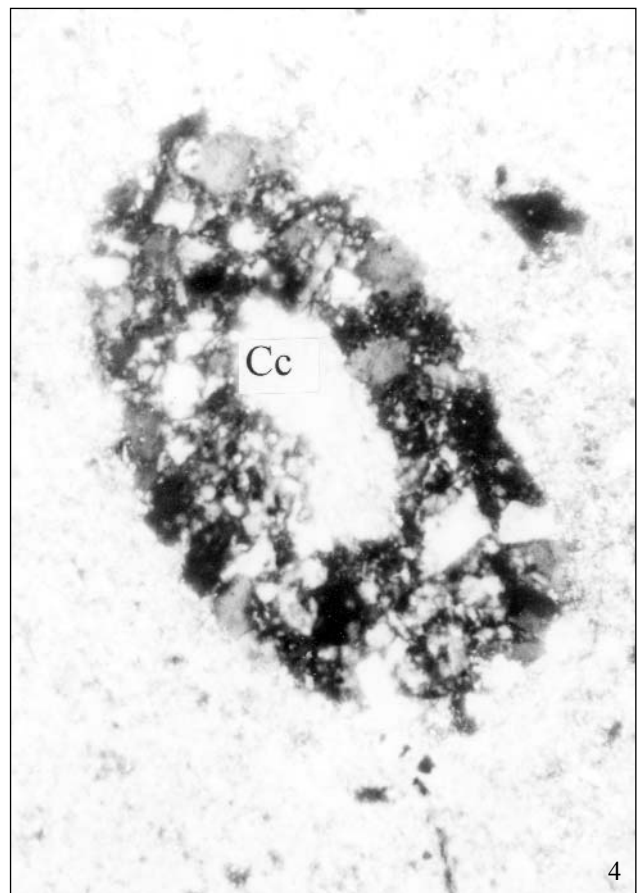
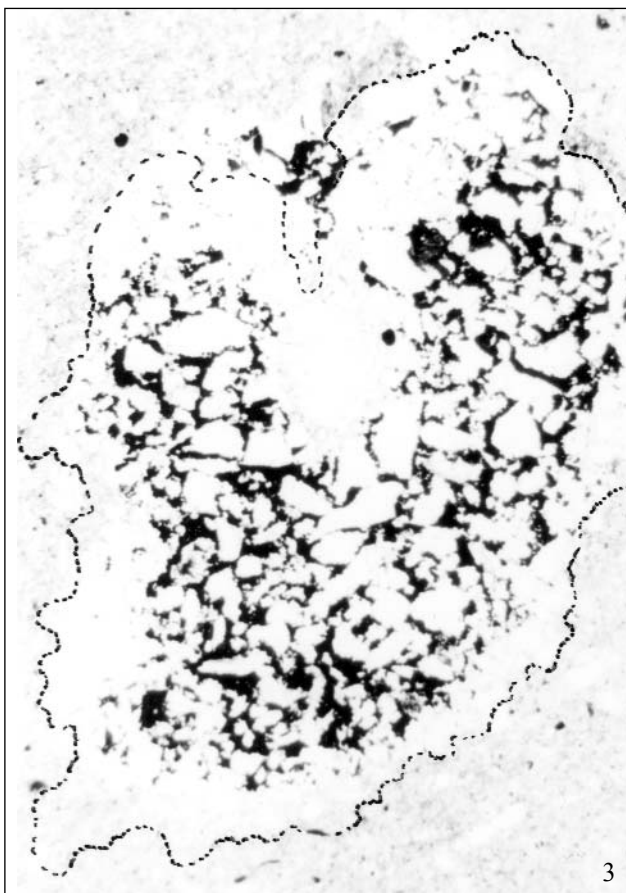
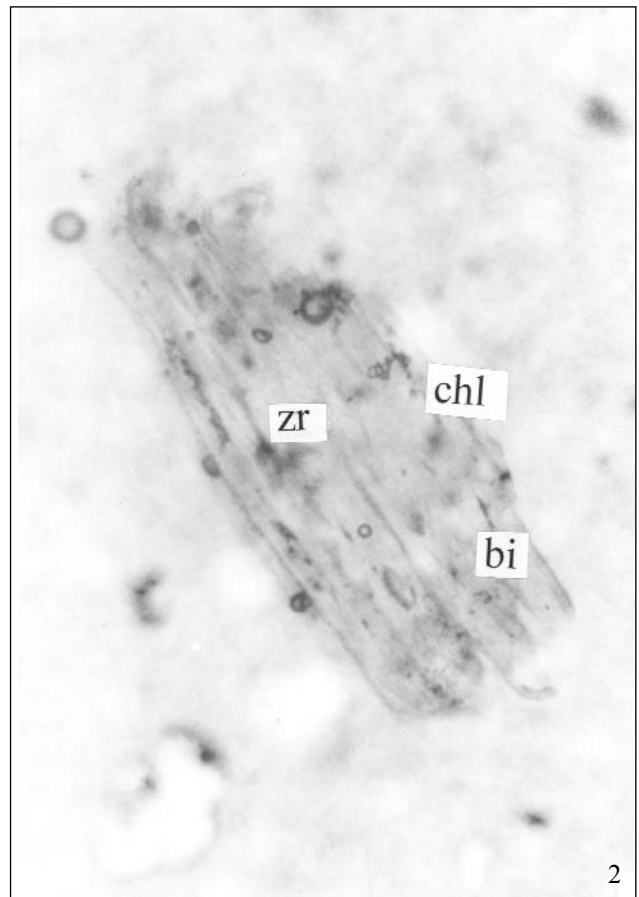
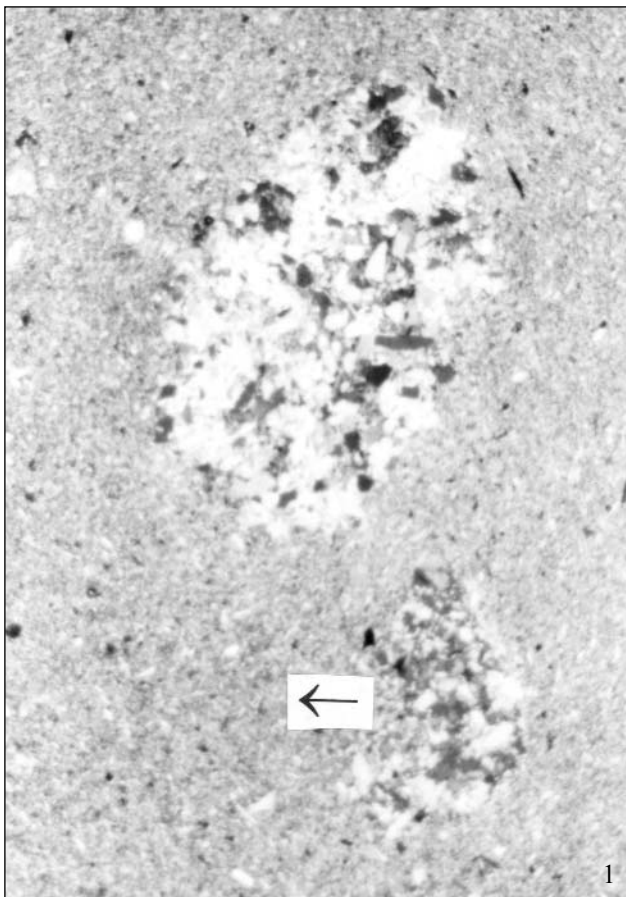
ALFÖLDI L. (szerk.) 1968: *Budapest hévizei*. — VITUKI kiadvány. pp. 2–225.
 ÁRKAI P., CHRISTIDIS, G., MANUTSOGLU, E., HORVÁTH P. 2001: Preliminary results on the phyllosilicate reaction progress in

the Permo-Triassic Ravdoucha (Tyros) beds of the external hellenides (Crete, Greece). — *Mid-European Clay Conference '01, Conference of the Mid-European Clay Groups. Abstr. Stará Lesna*, pp. 3–4.

- AUJESZKY G., SCHEUER GY., SZIGETI P. 1985: A 4. metróvonal Duna alatti átvezetésének mérnökgeológiai vizsgálata. — *Földtani Közöny* 115 (1), pp. 163–172.
- BABICS I. 1978: A budapesti metróépítés földtani eredményei. — *Mérnökgeológiai Szemle*, 21, pp. 5–87.
- BÁLDI T. 1974: A kiscellien, egerien és eggenburgien paratípusaként javasolt Budafok–2 szelvénye és makrofaunája. — *Földtani Közöny* 104 (1), pp. 40–59.
- BÁLDI T. 1983: *Magyarországi oligocén és alsómiocén formációk*. — Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BALOGH K., HAAS J. 1991: A tengeri üledékképződés. — In: BALOGH K. (szerk.): *Szedimentológia*. Akadémiai Kiadó, I. 10., pp. 303–364.
- CHILLINGAR, G. V., BISSSEL, H. J., WOLF, K. H. 1967: Diagenesis of Carbonate Rocks. — In: LARSEN, G., CHILLINGAR G. V. (eds): *Diagenesis in Sediments*. Elsevier Publ. Amsterdam, pp. 179–322.
- DAPPLES, E. C. 1959: The behaviour of silica in diagenesis. — *SPEM Special Publications, Tulsa* 7, pp. 36–54.
- HAJÓS L. 1955: A földalatti vasút Déli Pu. és Kossuth L. tér közötti szakaszának földtani felépítése. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1953. évről*, pp. 3–27.
- HANTKEN M. 1868: A kiscelli tályog foraminiferái. — *Földtani Társulat Munkálatai* 4, pp. 75–96.
- HEGYI L., KISS E., SZLABÓCZKY P. 1981: Általános földtani eredmények a budapesti METRO vonalak földtani kutatásaiból. — *Általános Földtani Szemle* 16, pp. 5–24.
- HEMLEY, J., BURNS, I. 1978: Iron Sulphides. — In: BURNS I. (ed.): *Hydrothermal Ore Deposits*. Springer, Berlin, London, Toronto, pp. 118–142.
- HORVÁTH T. 2000: A tervezett Budapest 4. sz. metróvonal mentén végzett földtani vizsgálatok. Bevezetés. — *Földtani Kutatás* 37 (2), pp. 3–4.
- ILLÉS GY. 1953a: Előzetes jelentés az Óbuda és Solymár területén végzett téglá- és cserépipari agyag célkutatásáról. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár*, pp. 1–11.
- ILLÉS GY. 1953b: Jelentés az Óbuda, Csillaghegy és Solymár területén végzett téglá- és cserépipari anyag célkutatásáról. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár*, pp. 1–21.
- ILLÉS GY. 1954: Szakvélemény az Újlak I téglagyár új agyagbányájával kapcsolatban. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár*, pp. 1–11.
- JÁMBOR Á., MOLDVAY L., RÓNAI A. 1966: *Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához. L-34-11 Budapest*. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, 358 p.
- KALECSINSZKY S. 1906: *A Magyar Korona országainak megvizsgált agyagjai*. — A Magyar Királyi Földtani Intézet kiadványa, 52 p.
- KISDINÉ BULLA J., RAINCSÁKNÉ KOSÁRY ZS., SZABÓNÉ DRUBINA M. 1984: *Budapest területének földtani, vízföldtani, építéskalkulációs térképei*. M=1:40 000. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa.
- KORPÁS L., FODOR L., MAGYARI Á., DÉNES GY., ORAVECZ J. 2002: A Gellért-hegy földtana, karszt- és szerkezetfejlődése. — *Karszt és Barlang* 1998–1999 (2002), I–II., pp. 57–93.
- KRUMBEIN, G. 1978: Chemistry of some fine grained offshore sediments, Eastern Mediterranean Basin. — *XIth. Sedimentology Conference, Jerusalem, Abstr., I*, pp. 178–179.
- LELKES GY. 1970: A szépvölgyi „kiscelli agyag” foraminifera faunájának vizsgálata. — *Öslénytani Viták* 16. pp. 23–31.
- MANILICI, V., PARASCHIV, I. 1993: Condițiile termice ale diagenezei unor roci sedimentare de vârstă paleogenă (Bazinul Maramureș, Pânza de Tarcău, Pîntenul de Homorăciu, Bazinul Getic). — *Studii și Cercetări de Geologie, Geofizică, Geografie, Seria Geologie* 40 (1–2), pp. 23–42. București.
- MAJZON L. 1943: Oligocén és miocén foraminifera faunák kiértékelése. — Beszámoló a Földtani Intézet vitatülésének munkálatairól. 1939. évi jel. (függelék), pp. 24–43.
- MERING J. 1975: Smectites. — In: GIESEKING J. E. (ed.): *Soil components. Vol. II. Inorganic components*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 97–119.
- MILLIMAN, J. D. 1974: *Marine Carbonates*. — Springer, New York, pp. 5–375.
- MONOSTORI M. 1973: Budai márga, tardi fácies, kiscelli agyag a Budai-hegységben. — *Földtani Közöny* 103 (1), pp. 44–49.
- PETTIOHORN, F. J. 1975: *Sedimentary Rocks*. — Harper & Row, New York, pp. 3–628.
- PRÓRAY ZS., TÖRÖS E., HERMANN L. 2000: Szeizmikus mérések a tervezett 4. sz. metróvonal Duna alatti átvezetéséhez. — *Földtani Kutatás* 37 (2), pp. 19–25.
- RAINCSÁK GY.-NÉ 2000: A Budapest 4 sz. metróvonal és környezete földtani felépítése. — *Földtani Kutatás* 37 (2), pp. 4–18.
- RÁSKY K. 1943: Die Oligozäne Flora des Kisceller Tone in der Umgebung von Budapest. I. Szépvölgy und Csillaghegy. — *Földtani Közöny* 73 (4), pp. 503–536.
- RUCHIN, L. B. 1958: Grundzüge der Lithologie. Lehre von den Sedimentgesteinen. — *Akad. Verlag Berlin XIII.*, pp. 112–113.
- RÉVÉSZ I., SZABÓNÉ DRUBINA M., TÓTH K., VICZIÁN I., BALOGH K. 1991: Vízi üleptésű pélitek. — In: BALOGH K. (ed.): *Szedimentológia*. Akadémiai Kiadó, II. 22, pp. 181–223.
- SCHLECHT E. 1928: Hévíforrások okozta kőzetváltozások (hidrotermális kőzetmetamorfózis) a Budai-Pilisi Hegységben. — *Hidrológiai Közöny* 2, pp. 20–75.
- SWAIN, F. M. 1971: Biogeochemistry of sediment samples from Broadkill Marsh, Delaware. — *Journal of Sedimentary Petrology* 42, pp. 516–556., Tulsa.
- SZABÓ J. 1858: *Pest-Buda környékének földtani leírása*. — Princz G. kiad.
- SZTRÓKAY K. 1932: A budai márga közzetani vizsgálata. — *Földtani Közöny* 62 (2), pp. 81–86.
- SZURKOS G. 1999: Budapest 4. sz. metróvonal I. szakasz, Tétényi úti állomás és Móricz Zs. körtér közötti szakasz környezetének földtani felépítése — Szakvélemény, MÁFI Adattár, pp. 1–12.
- VENDL A. 1932: A kiscelli agyag. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* 29 (2), pp. 97–230.
- WEIN GY. 1977: A Budai-hegység tektonikája. — A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, pp. 2–45.
- WILSON, J. L. 1975: *Carbonate facies in geological history*. — Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Sydney, Toronto, p. 422.

I. tábla — Table I

1. kép. Lencsés-tojásdad, kalcittal cementált homokkő-betelepülések, amelyeket a kőzetlisztes-agyagos-karbonátos alapanyag körülölel; az alsó betelepülésnél az átmenet az alapanyagba folyamatos (→). 6. sz. minta, + nikolok, 32×
Photo 1. Lenticular-oval, calcite cemented sandstone inbeddings, which are surrounded by the silty-clayey-carbonate groundmass; below, the sandstone passes gradually in the groundmass (→). Sample no. 6, + nichols, 32×.
2. kép. Biotit-reliktumokat (bi) és pleokróos cirkonzárványokat (zr) tartalmazó klorit (chl). 1. sz. minta, + nikolok, 125×.
Photo 2. Chlorite (chl) containing biotite relics (bi) and pleocroic zircon inclusions (zr). Sample no. 1, + nichols, 125×.
3. kép. Deferrizált köpenyű vasas homokkő-törmelék. 1. sz. minta, || nikolok, 64×.
Photo 3. Iron-bearing sandstone debris with deferrised mantle. Sample no. 1, || nichols, 32×.
4. kép. Agglutináló foraminifera-kamra metszete, ortopátittal (Cc) kitöltve. 1. sz. minta, + nikolok, 32×.
Photo 4. Cross section through an ortospar-filled (Cc), agglutinate Foraminifera test. Sample no. 1, + nichols, 32×.



II. tábla — Table II

1. kép. Koptatott foraminifera-váz (G), a márgás alapanyagba beágyazódva. A kamrák agyagos-karbonátos alapanyaggal (m), ortopátittal (cc) és opak ásványokkal – málnaszerű, részben limonitosan bontott pirittel (py) – vannak kitöltve, amelyek a csatornába és pórusokba is behatolnak. 2. sz. minta, + nikolok, 64×.

Photo 1. Abraded Foraminifera test inbedded in the marly groundmass. The chambers are filled by clayey-carbonate bearing groundmass (m), by ortospar and by dark minerals: framboidal, partly limonitised (l) pyrite, which penetrate into the channels and pores, also. Sample no. 2, + nichols, 64×.

2. kép. Pirittel kitöltött Globigerina-váz (G) és szenesült növénytöredék; a sejtüregekben és körülötte ortopátit (cc). 1. sz. minta, + nikolok, 64×.

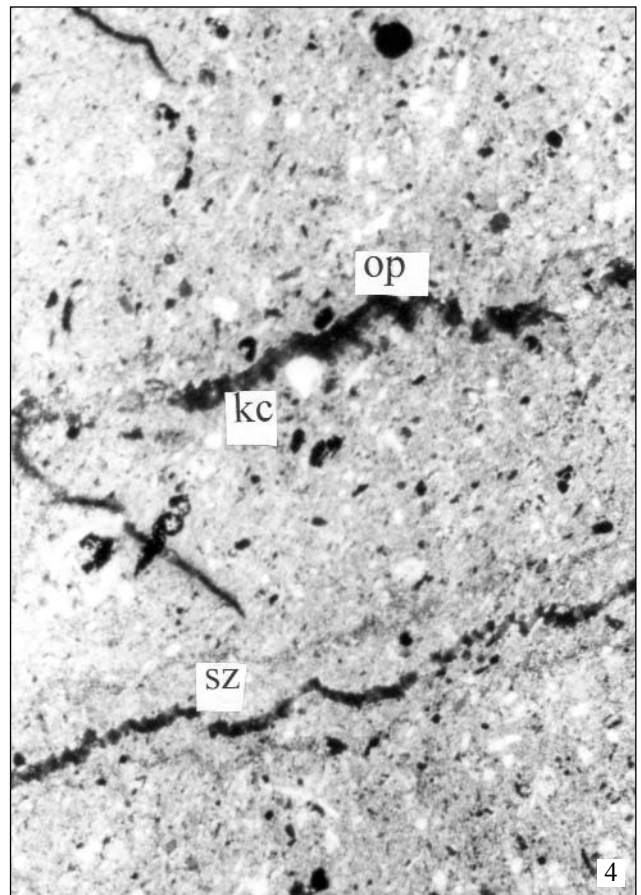
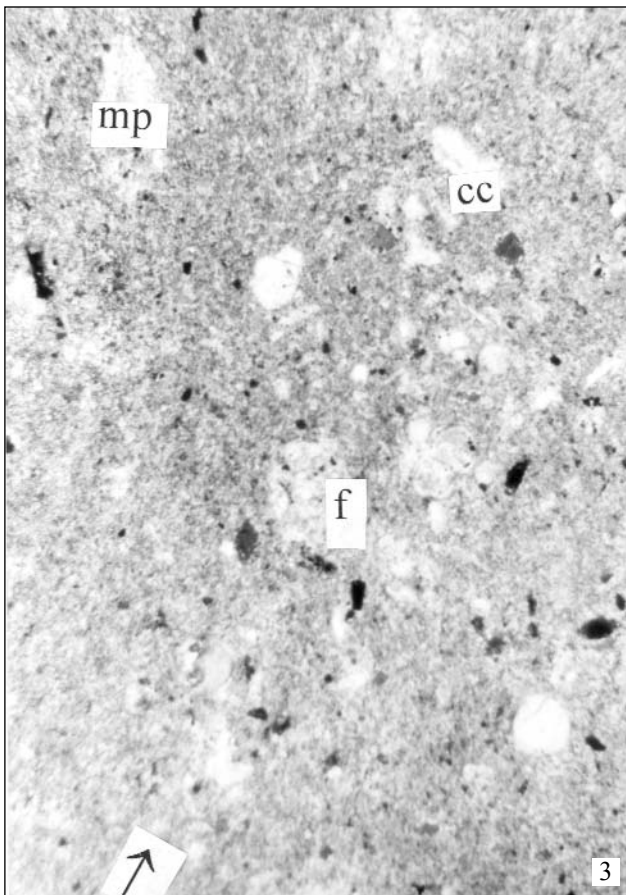
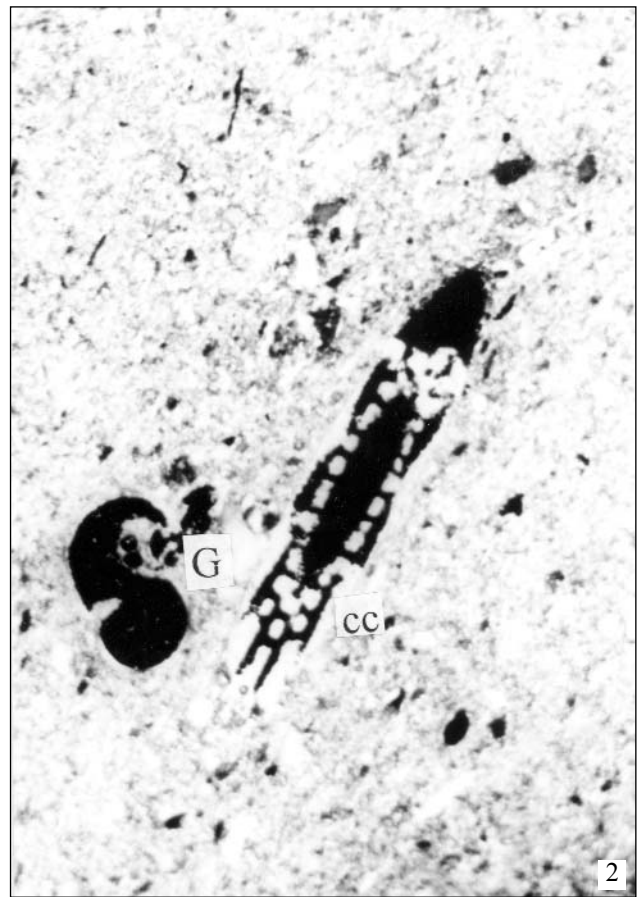
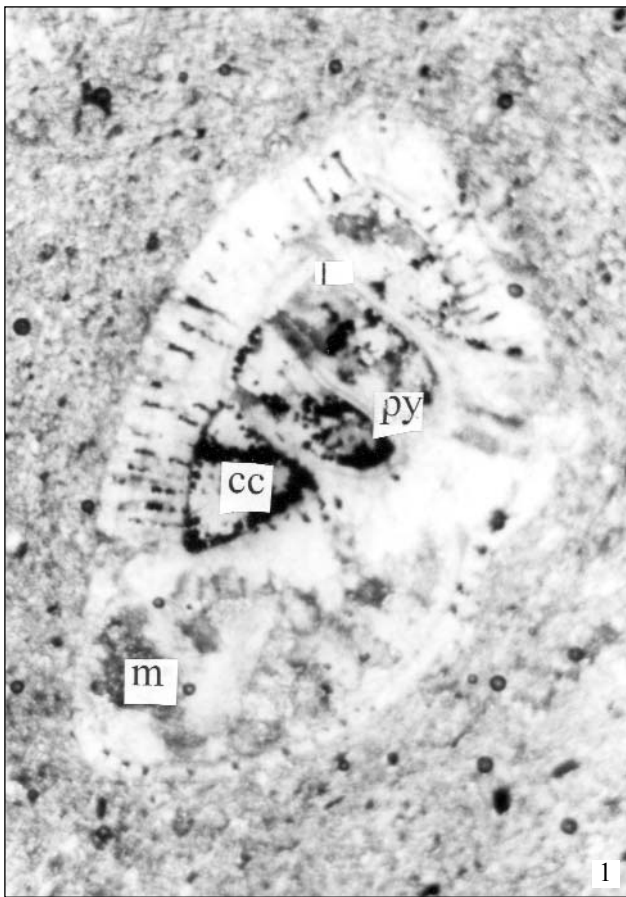
Photo 2. Pyrite filled Globigerina test (G) and carbonised plant debris. In the cell voids and in exterior, ortospar (cc). Sample no. 1, + nichols, 64×.

3. kép. Hintett karbonát-szemcsékben gazdag diffúz sáv (→); mikropátitos karbonátszemcse (mp); pátitos kalcit (cc); ortopátittal kitöltött foraminifera-váz (f), sávos-irányított szövetű alapanyagban. 3. sz. minta, + nikolok, 32×.

Photo 3. Diffuse band rich in dispersed carbonate grains (→); microsparitic carbonate grain (mp), spare calcite (cc) and Foraminifera test filled by ortospar, in banded and oriented groundmass. Sample no. 3, + nichols, 32×.

4. kép. Keresztirányú opál-erek (op), helyenként kalcedonnal (kc), átkristályosodott szegéllyel (sz). 3. sz. minta, + nikolok, 32×.

Photo 4. Transversal opal-filled veins (op), locally with calcedone (kc), with recrystallised rim (sz). Sample no. 3, + nichols, 32×.



Kiegészítő adatok a Mezőföld aljzatának ismeretéhez [A Vajta–3 (V–3, K–13¹) vízkutató fúrás triász szakaszának újraértékelése]

Some supplementary data to the knowledge of the Mezőföld basement

KÓKAI ANDRÁS és SIEGLNÉ FARKAS ÁGNES

Magyar Állami Földtani Intézet, H–1143. Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: alsó-anisusi, Patacsi Aleurit Formáció, Hetvehelyi Dolomit Formáció, Magyarürögi Anhidrit Tagozat, palynologia, flóra provinciák (alpi és germán)

Keywords: Lower Anisian, Patacs Aleurit Formation, Hetvehely Dolomite Formation, Magyarürög Anhydrite Member, palynology, floraprovinces

Összefoglalás

A Mezőföld DNy-i részén 1982-ben mélyült Vajta–3 (V–3, K–13) vízkutató fúrásban feltárt triász képződmények, litosztratigráfiai hasonlóság alapján a Mecsek hegységéből ismert Patacsi Aleurolit és Hetvehelyi Dolomit Formációkkal (Magyarürögi Anhidrit, Viganvári Mészke Tagozatok) azonosíthatók, képződésük kora az előző analógiák alapján az alsó-triász olenyoki emeletébe lett sorolva (KÓKAI, NAGY 1985).

A későbbi összegző rétegtani munkák (CSÁSZÁR, HAAS szerk. 1993, GYALOG 1996, CSÁSZÁR 1997) a Patacsi Aleurolit és Hetvehelyi Dolomit Formációk képződményeit alsó-anisusi korúnak tartják.

A palynológiai adatok a fúrás vizsgálati eredményeinek közlésekor (SIEGL 1983, KÓKAI, NAGY 1985) a maradványegyüttes anisusi korát igazolták.

Jelen munkában az adatokat újra értékelve, a meghatározott sporomorfa-asszociációk az alsó-anisusi (aegei–bithyniai alemeletek) crassa–thiergartii fázisba (VISSCHER, BRUGHMAN 1971) sorolhatók és a képződmények a germán Muschelkalk kifejlődési területek GTr–8 zónájával (HEUNISCH 1999) párhuzamosíthatók.

A Pincehely (Tol–2), Tolnanémedi (Tln–2) és Vajta (V–1, V–3, K–3) közelében a prekainozoos aljzatot feltáró fúrások adatai és a geofizikai mérések eredményei alapján várható volt, hogy Vajta és Németkér környezetében a felső-perm Kővágószőlősi Homokkő Formáció uránérc tartalmú képződményei megtalálhatók.

Az 1984-ben mélyített Vajta–3 sz. fúrás (V–3) a Mecsek hegységénél kisebb vastagságban harántolt középső- (Lapisi Mészke, Rókahegyi Dolomit, Viganvári Mészke^(?)², Hetvehelyi Dolomit és Patacsi Aleurolit Formációk) és alsó-triász (Jakabhegyi Homokkő Formáció) rétegeket. A mecsekihez hasonló kifejlődésű képződmények itteni peremi helyzetét a felső-perm–alsó-triász üledékek (Bodai Aleurolit és Kővágószőlősi Homokkő Formációk) hiánya jelzi. A Baksai Komplexum metamorf képződményeire (V–1, V–3 és Nk–1 fúrások) alsó-perm savanyú piroklasztikum (Gyűrűfü Riolit Formáció) és felső-perm kavicsos homokkő (Cserdi Formáció) települ (V–3 fúrás).

Abstract

Based on the lithostratigraphic analogy of the SW Mezőföld Triassic sediments are identified with the Patacs Aleurolit and Hetvehely Dolomit Formations at Mecsek Mts.

These formations were ranged by the latest lithostratigraphic works to the Lower Anisian age. (CSÁSZÁR, HAAS ed. 1993, GYALOG 1996, CSÁSZÁR 1997)

Palynological data suggested the Anisian age previously (SIEGL 1983, KÓKAI, NAGY 1985) and based on the recent results the mentioned formations are ranged to the Lower Anisian (Aegean–Bithynian) crassa–thiergartii phase (VISSCHER, BRUGHMAN 1971) and correlated with the Muschelkalk GTr–8 zone (HEUNISCH 1999).

By the different geological data it was expected appearance of the Upper Permian uranium-containing Kővágószőlős Sandstone Formation in vicinity of Pincehely, Tolnanémedi and Vajta. The Borehole Vajta–3 cored out Lower Triassic sediments less thickness than in the Mecsek Mts where is missing the Upper Permian and Lower Triassic Boda Aleurolit and Kővágószőlős Sandstone Formation. On top of the metamorphic rocks of the Baksa Complex is deposited the Lower Permian Gyűrűfü Riolit and the Upper Permian Cserdi Formation.

¹ Magyarország mélyfúrású kútjainak kataszterében szereplő jel és szám.

² A kézirat leadásának időpontjában még csak javasolt formáció.

Előzmények

A Mezőföld D-i részének és a vele Ny-ról határos (Tolnai) Hegyhát prekainozoos aljzatáról csak szórványos fúrási (V-1, Tol-2, Tln-2, Te-1) és geofizikai (szeizmikus, gravitációs, mágneses) kutatási eredmények alapján alkothattunk képet.

A Vajta-1 (V-1) fúrás paleozoos, enyhén metamorfizálódott dolomitot (Jámbor, Mártonné 1974), a Tengelic-1 (Te-1) a Mecseki Kőszén Formáció képződményeit tárta fel. Pincehely határában a Tolnanémedi-2 (Tol-2) néven mélyített szénhidrogén kutató fúrásból felső jura–alsó-kréta világos szürke mészkő, agyagos mészkő (Márévári Mészkő Formáció), míg a szintén Tolnanémedi-2 (Tln-2) elnevezéssel mélyült fúrásból az alsó-, ill. középső-jura Komlói Mészmárga, Óbányai Aleurolit és Hosszúhetényi Márga Formáció képződményeit ismertük korábban.

Az 1982-ben mélyült Vajta-3 (V-3, K-13) fúrás a Mecsek hegységéből ismert, akkor még alsó-triász korúnak tartott képződményekben (Patacsi Aleurolit Formáció) állt le. Várható volt, hogy nagyobb mélységben a felső-perm Kővágószőlősi Homokkő Formáció uránértartalmú

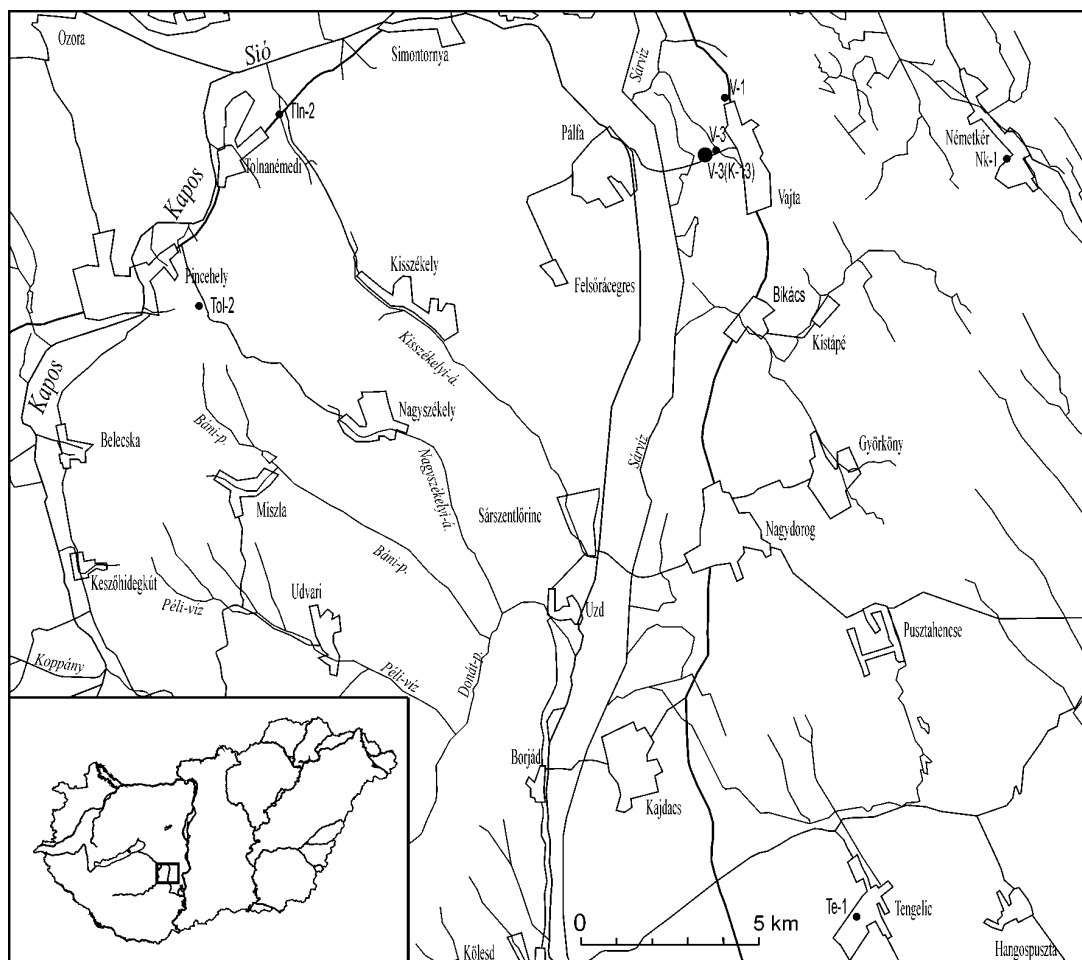
képződményei is megtalálhatók az aljzatban. Ezért 1984-ben a Mecseki Ércbányászati Vállalat a közelben, szintén Vajta-3 (V-3) néven 1512,0 méteres és Vajtától K-re Németkér község mellett 546,6 méteres (Nk-1) fúrást mélyített (1. ábra).

2001-ben megkezdődött a Mezőföld földtani térképezése, a szokásos gyakorlatot követve a korábbi kutatási adatok és eredmények összegyűjtésével valamint átértékelésével. A feltárt képződményeket, egységesen, a rétegtani egységek legújabb leírasi kritériumai (GYALOG 1996, CSÁSZÁR 1997) alapján minősítjük.

Ezért szükségesnek tartjuk a korábbi litosztratigráfiai besorolás (CSÁSZÁR, HAAS 1983) alapján publikált (KÓKAI, NAGY 1985) Vajta-3 (V-3, K-13) vízkutató fúrásban feltárt triász képződmények biosztratigráfiai helyzetének felülvizsgálatát.

Földtani környezet

A Vajta-3 (1400,2–1512,0 m) és a Németkér-1 (504,0–546,6 m) fúrásokban feltárt különböző ásványos összetételű gneisz, csillámpala és amfibolit váltakozásai



1 ábra. Prekainozoos képződményeket feltáró fúrások a Mezőföld DNy-i és a Hegyhát É-i részén
Figure 1. Boreholes cropping out Precainozoic formations at vicinity of Mezőföld and Hegyhát

(LELKESNÉ FELVÁRI 1985.) a paleozoos Baksai Komplexumot (SZEDERKÉNYI 1996 in GYALOG 1996.) képviselik. Valószínűleg ide sorolható a Vajta-1 fúrás 873,0–896,0 m között feltárt szürke, mikrokristályos, gyűrt, a réteglapokon vékony szericitpala bekéregzést, helyenként apró kristályos piritet tartalmazó dolomit is (JÁMBOR, MÁRTON 1974.).

A metamorf képződményekre (V-3, 1276,2–1400,2 m) valószínűleg az alsó-perm Gyűrűfüi Riolit Formációval azonosítható savanyú piroklasztit (riolittufa), majd felső-perm vörös konglomerátum és homokkő — Cserdi Formáció — települ.

A Mecsek hegységben közel 1000-1000 m vastagságban ismert Bodai Aleurolit és Kővágószőlősi Homokkő Formációk képződményeinek a V-3 fúrásbeli hiánya, a mezőföldi medence eltérő fejlődéstörténetét jelzi, amit az is igazol, hogy a V-3 fúrás az alsó- és középső-triász képződményeket (Jakabhegyi Homokkő F. 1151,0–1276,2 m, Patacsi Aleurolit F. 1093,0–1151,0 m, Hetvehelyi Dolomit F. 1040,6–1093,0 m, Viganvári Mészke F. 1031,6–1040,6 m, Rókahegyi Dolomit F. 1026,7–1031,6 m és Lapsi Mészke F. 890,0–1026,7 m) a Mecsek hegységből ismertnél lényegesen kisebb vastagságú kifejlődésben harántolta.

Palynológiai vizsgálatok

A Vajta-3 fúrás triász szakaszából palynológiai vizsgálatok 1983-ban készültek. (SIEGL 1983, KÓKAI, NAGY 1985). A témában azóta megjelent (hazai és külföldi) munkákkal való összehasonlítás (VISSCHER, BRUGMAN 1981, RÁLISCHNÉ FELGENHAUER 1981, 1988, BRUGMAN 1983, VAN DER EEM 1983, GÓCZÁN et al. 1986, HAAS et al. 1988, BROGLIO LORIGA et al. 1990, CSÁSZÁR, HAAS szerk. 1993) jól alátámasztja az akkori anisusiba történt besorolás helyességét, illetve pontosítja a fúrásban feltárt triász formációk korát.

A fúrás 1010,0–1080,0 m közötti szakaszából 8 minta palynológia vizsgálata készült el (2. ábra).

A 1010,0–1014,0, 1038,0–1040,0, 1042,5–1044,0, 1050,0–1055,0 és a 1075,0–1080,0 méterből gyűjtött minták palynológiailag meddőnek bizonyultak, bár szerves mikrofáciesük sok kolloidális és néhány nagyméretű, közepesen koptatott szénszemcsét, ill. növényi szövettörmelékét tartalmazott.

A 1058,0–1063,0 és a 1068,0–1073,0 m mélységközök mintáiból gazdag, jó megtartású, de erősen szénült sporomorfa asszociációt határoztunk meg. A két mélységköz közötti minta (1063,0–1068,0 m) csak néhány nagyméretű erősen gyűrt, ill. törött bisaccat fenyőpollent és egy Scolecodonta (Annelidae)-maradványt tartalmazott.

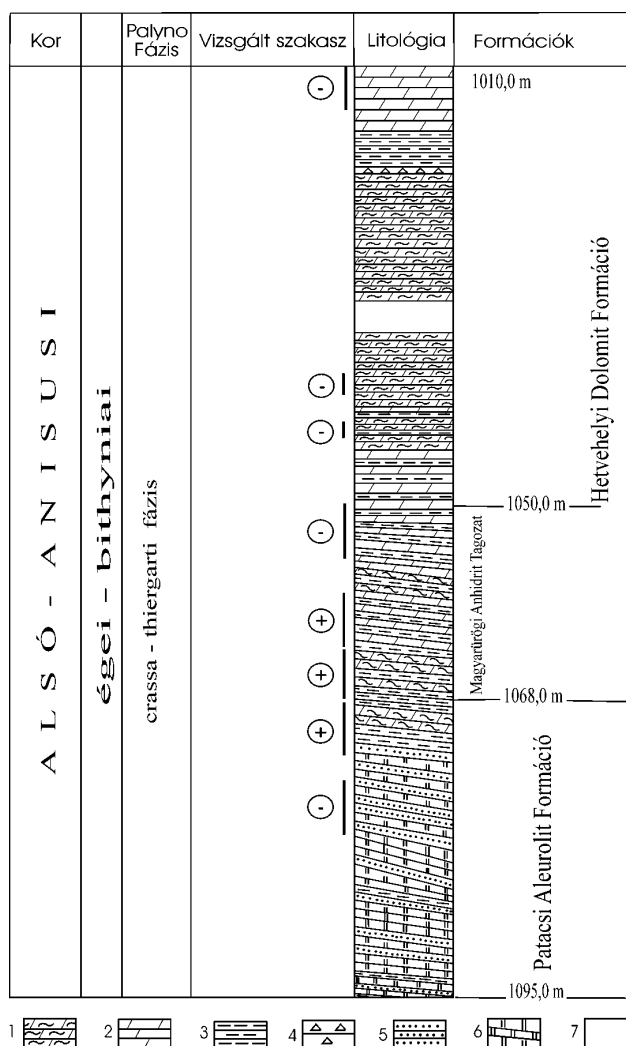
A mintákat a hagyományos palynológiai feltárás (HCl, ZnCl₂, HF) után ún. Schulze-oldattal oxidáltuk, majd mindegyikből 3-3 rögzített preparátumot készítettünk. A vizsgálatok és a fotók (ld. I–III fotótábla) Amplival binocularis

biológiai mikroszkópon, 1,4 apertúrájú, 100× nagyítású, apochromat objektívvel készültek.

A két különböző formációból gyűjtött, de azonos korba sorolt minták asszociációinak közös flóralistája:

Moha- és harasztspórák: *Apiculatisporites plicatus* VISSCHER, *Densoisporites nejburgii* (SCHULZ) BALME, *Endosporites* sp., *Keuperisporites* sp., *Kraeuselisporites ullrichii* REINCH. et SCHM., *Kraeuselisporites hystrix* VISSCHER, cf. *Lapposporites* sp., *Punctatisporites mesozoicus* MÄDLER, *Raistrickia* sp., *Verrucosporites pseudomorulae* VISSCHER, *Verrucosporites morulae* KLAUS, *Verrucosporites thuringiacus* MÄDLER.

Nyitvatermő pollenek: *Angustisulcites klausii* FREUDENTAL, cf. *Angustisulcites grandis* VISSCHER, *Brachisaccus neomundanus* (LESCHIK) KLAUS, *Cuneatisporites radialis* LESCHIK, *Cycadopites coxii* VISSCHER, *Falzisporites zapfei* VISSCHER, *Illinites chitinooides* KLAUS, *Jugasporites* sp., *Klausipollenites* sp.,



2 ábra. A V-3 (K-13) fúrásban feltárt triász képződmények

- 1 — Dolomita, 2 — Dolomite, 3 — Mudstone, 4 — Ingression breccia, 5 — Sandstone, 6 — Aleurolite, 7 — No core

Figure 2. Triassic formations in the borehole V-3 (K-13)

- 1 — Dolomite, 2 — Dolomite, 3 — Mudstone, 4 — Ingression breccia, 5 — Sandstone, 6 — Aleurolite, 7 — No core

Lunatisporites multiplex (VISSCHER) SCHEURING,
Lunatisporites acutus (LESCHIK) SCHEURING,
Microcachridites doubingeri KLAUS, *Platysaccus papilionis* POTONIE et KLAUS, *Rugubivesiculites* sp.,
Striatoabieites balmei KLAUS, *Striatoabieites aytugii* VISSCHER, *Striatoabieites samoilovichii* JANSONIUS,
Stellapollenites thiergartii (MÄDLER) CLEMENT-WESTERHOF et al., *Succintisporites grandior* LESCHIK,
Triadispora crassa KLAUS, *Triadispora epigona* KLAUS,
Triadispora plicata KLAUS, *Triadispora polonica* BRUGMAN, *Triadispora* cf. *staplini* (JANSONIUS) KLAUS,
Triadispora sp., *Vitreisporites pallidus* (REISS.) COUPER.

Az asszociációk jellemzése, a maradványegyüttes kora, korreláció

A maradvány együttesekben a nyitvatermő pollenek dominálnak (80 %), a moha- és harasztspórák ritka előfordulásúak.

Palynosztratigráfiai szempontból döntő jelentőségű, hogy az asszociációkban a légszákos fenyők (többnyire bics és polysaccatok) közül a *Triadispora* nemzetség már változatos fajösszetétellel dominál. Következetes megjelenésű a két zónanévadó nyitvatermő pollen, a *Triadispora crassa* és a *Stellapollenites thiergartii*.

A *Triadispora* nemzetség fajlétje az alsó-anisusitól a karni felső szakaszáig tart. Virágkora a ladinra tehető. A *Triadispora crassa* első dominanciája a germán triász flóra provinciában az anisusi (Muschelkalk) alsó szakaszán jelzett. A *Stellapollenites thiergartii* mindkét kifejlődési területen, ill. mindkét flóra-provinciában az anisusira jellemző sporomorfa.

Egyes flóra elemek hiánya (pl. *Angustisulcites gorpaii*, *Distriatites insculptus*), illetve csak „szórványos” felépése (pl. *Illinites chitinoides*, *Triadispora polonica*) és a *Triadispora* fajok már következetes és gyakori előfordulása pontosabb besorolásra ad lehetőséget.

A felsoroltak alapján a meghatározott sporomorfa asszociációt, mind az alpi mind a germán triász képződményekre kidolgozott palynozonációt figyelembe véve (pl.: VISSCHER, BRUGMAN 1981, BRUGMAN 1983, HEUNISCH 1999 stb.), a crassa–thiergartii fázisba, illetve a Heunisch-féle GTr–8 zónába soroljuk, ami az anisusi aegei és bithyniai alemeleteit, vagyis a Muschelkalk idejét foglalja magába.

A jelen munkában palynologiai újra értékelt minták közül a mélyebb (1068,0–1073,0 m) a Patacsi Aleurolit Formációból, a fiatalabb (1058,0–1063,0 m) a Hetvehelyi Dolomit Formáció Magyarürögi Tagozatából lett begyűjtve.

Az említett formációk a mecseki előfordulások palynológia vizsgálati alapján először az alsó-triászba (*Triadispora*–*Angustisulcites* Együttes), (BARABÁS-STUHL 1981), majd később a dunántúli-középhegységi és északmagyarországi perm-triász (P/T) határral való korreláció során, az alsó-anisusi *Costatoria costata* – *Lingula tenuis-*

sima Zónába lettek sorolva (HAAS et al. 1988) Utóbbi munkában, a mecseki anisusi képződmények palynológia vizsgálati eredményeiről nem esik szó. Véleményünk szerint az innen meghatározott sporomorfa asszociáció (BARABÁS-STUHL 1981) megfelel a crassa–thiergartii fázis idősebb együtteseinek (VISSCHER, BRUGMAN 1981, BRUGMAN 1983).

A Hetvehelyi Dolomit Formáció Alapszelvény Program keretében történt palynológiai vizsgálatára 1980-ban került sor. A Hetvehely, sás-völgyi alapszelvényből begyűjtött palynológiai pozitív minta (18/10), a meghatározott asszociáció alapján az alsó-anisusi kort igazolta (SIEGL in RÁLISCHNÉ FELGENHAUER 1981), de e kormeghatározás említése csak később, az alapszelvény dokumentálásakor történt meg: „...kora az újabb paleontológiai eredmények alapján alsó-anisusi” (RÁLISCHNÉ FELGENHAUER 1988). Anisusiba soroltuk, a Hetvehelyi Dolomit Formáció alapszelvényéből vett 18/10 mintával azonos korúnak tartott, a Dunántúli-középhegység területén mélyült Iszka–2 fúrás 51,3 méteréből vizsgált minta asszociációját is, melyek mindegyikéből meghatároztuk az igen ritka, csak az anisusiban előforduló *Concentricisporites nevesi* ANTONESCU harasztspórát is.

A Vajta–3 fúrásban feltárt triász formációkat KÓKAI, NAGY (1985) az alsó-triász olenyoki emeletébe sorolta a meghatározott flóralistát dokumentálva és megemlítve, hogy a palynológiai vizsgálatok anisusi kort jeleznek.

A dunántúli-középhegységi felső-anisusi (pelsoi és illir) formációk (Megyehegyi Dolomit Formáció, Felsőörsi Mészke Formáció) palynozonációját a Balatonfüred Bf–1 és a Bakonyszücs Bsz–3 fúrásokból ismerjük, ahol a folyamatos kifejlődésű rétegsorokban követhető az anisusi–ladin flóraváltás (GÓCZÁN, ORAVECZ-SCHEFFER 1993).

A Dunántúl területéről palynológiai vizsgálatok alapján is alsó-anisusiba sorolt képződmény az Alcsútdoboz Ad–2, Bakonyszücs Bsz–3 és a Köveskál Kk–9 fúrásokban feltárt Csoepaki Marga Formáció felső és az Aszófői Dolomit Formáció alsó szakasza (GÓCZÁN in BROGLIO LORIGA et al. 1990).

Környezeti következtetések, flóraprovinciák

A megvizsgált asszociációkban a nagyméretű bisaccat (nyitvatermő) pollenek dominanciája, viszonylag jó megtartási állapota és a harasztok előfordulási aránya, valamint a szerves anyag mérettartománya és koptatottsága, nyugodt csendes vizű beágyazódásra és gyenge relief energiájú szárazulati behordásra enged következtetni.

Az asszociációkban tengeri üledékképződésre utaló növényi mikroplankton (*Acritarcha*, *Dinoflagellata*) vagy Foraminifera szerves váz nem fordult elő. A 1063,0–1068,0 méterből meghatározott néhány rossz megtartású fenyőpollen mozgatott vizű beágyazódást jelez. Ezt látszik igazolni az ugyan innen meghatározott iszapfaló fereg *Scolecodonta* (*Annelidae*)-maradványa is, amely

szerves anyagban dús, ugyanakkor jó oxigén ellátottságú környezetre utal.

A megfigyelték szerint a vizsgált képződmények lera-kódása feltételezhetően lagunáris környezetben, de különböző parttávolságban történt.

A megismert maradvány együttesek alapján az

egymástól eltérő alpi és a germán triász kifejlődési területek anisusi korú sporomorfa asszociációi között jelentős különbség nem mutatkozik, palynológiai alapon egymással jól korrelálhatók. Ez kivethető a két területet borító nyitvatermő dominanciájú erdős vegetáció hasonló összetételére és klíma igényére is.

Irodalom

- BARABÁS-STUHL, Á. 1981: Microflora of the Permian and Lower Triassic sediments of the Mecsek Mountains (South Hungary). — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 24. (1), pp. 49–97.
- BROGLIO LORIGA, C., GÓCZÁN, F., HAAS, J., LENNER, K., NERI, C., ORAVECZ-SCHEFFER, A., POSENATO, R., SZABÓ, I., TÓTH MAKK, Á. 1990: The Lower Triassic sequences of the Dolomites (Italy) and Transdanubian Mid-Mountains (Hungary) and their correlation. — *Mem. Di Sci. Geol.* XLII, pp. 41–103. Padova.
- BRUGMAN, W. A. 1983: *Permian-Triassic Palynology*. — Laboratory and Palynology, State University Utrecht. 120 p.
- CSÁSZÁR G., HAAS J. szerk. 1993: Magyarország litosztratigráfiai alapegységei: Triász. — *Magyar Áll. Földtani Int. Alkalmi Kiadványa*
- GÓCZÁN, F., ORAVECZ-SCHEFFER, A., SZABÓ, I. 1986: Biostratigraphic zonation on the Lower Triassic in the Transdanubian Central Range. — *Acta. Geol. Hung.* 29, 3–4, pp. 233–259.
- GÓCZÁN F., ORAVECZ-SCHEFFER, A. 1993: The Anisian/Ladinian boundary in the Transdanubian Central Range based on palynomorphs and foraminifers. — *Acta Geol. Hung.* 36/1, pp. 73–143.
- HAAS, J., GÓCZÁN, F., ORAVECZ-SCHEFFER, A., BARABÁS-STUHL, Á., MAJOROS, GY. 1988: Permian-Triassic boundary in Hungary. — *Mem. Soc. Geol. It.* 34, pp. 221–241.
- HEUNISCH, C. 1999: Die Bedeutung der Palynologie für Biostratigraphie und Fazies in der Germanischen Trias. — In HANUSCKE, N. & WILDE, V. (Hrsg): *Trias – eine ganz andere Welt, Europa am Beginn des Erdmittelalters*. pp. 207–220. München (Pfeil).
- KÓKAI A., NAGY E. 1985: A Vajta 3. sz. vízkutató fúrás által feltárt alsó-triász rétegsor jelentősége. — *A M. Áll. Földtani Int. Évi Jelentése az 1983. évről.*, pp. 135–141.
- RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. 1981: Jelentés a Hetvehelyi Dolomit Formáció Mecsek hegységi alapszelvényének vizsgálatáról. Országos Alapszelvény Program. — *Kézirat*, MGSz Adattár.
- RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. 1988: *Magyarország Geológiai Alapszelvényei*. 106. Mecsek, Hetvehely, Sás-völgy, Hetvehelyi Dolomit Formáció.
- SIEGL K.-NÉ 1983: Jelentés a Vajta 3. sz. fúrás alaphegységi képződményeinek palynológiai vizsgálatáról. — *Kézirat*, Földtani Int. Adattár.
- VAN DER EEM, J. G. L. A. 1983: Aspects of Middle and Late Triassic Palynology. 6. Palynological investigations in the Ladinian and Lower Carnian of the Western Dolomites, Italy. — *Review of Palaeobotany and Palynology* 39. pp. 189–300.
- VISSCHER, H., BRUGMAN, W. A. 1981: Ranges of selected palynomorphs in the Alpine Triassic. — *Rev. of Palaeobot. and Palyn.* 34, pp. 115–128.

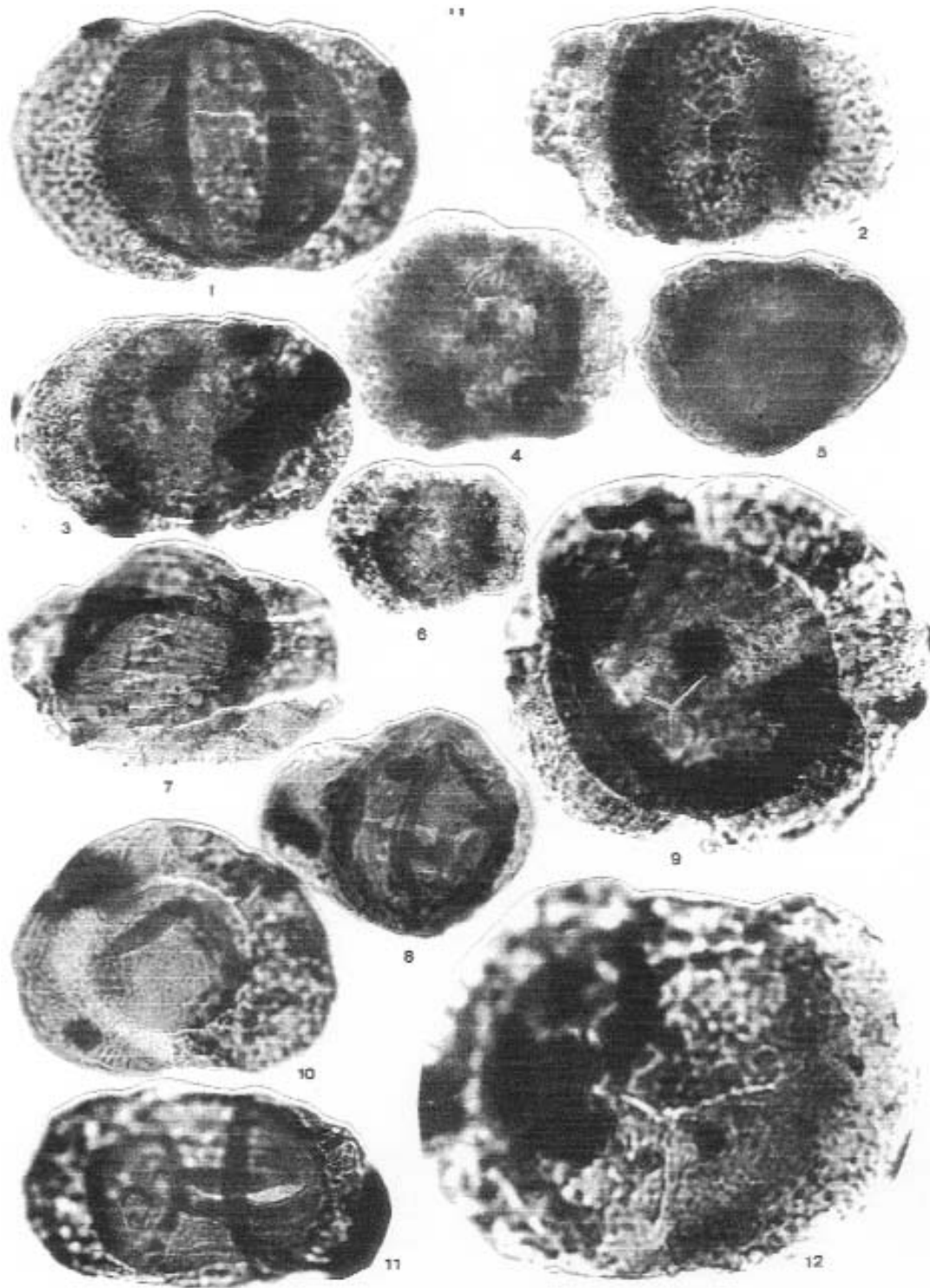
I. tábla — Table I

A fotók nagyítása minden esetben 900× — Magnification is 900×

- 1–2 — *Apiculatisporites plicatus* VISSCHER, 1058,0–1063,0 m
3 — *Krauselisporites* sp., 1068,0–1073,0 m
4 — *Densoisporites nejburgii* (SCHULZ) BALME, 1068,0–1073,0 m
5 — *Densoisporites nejburgii* (SCHULZ) BALME, 1058,0–1063,0 m
6 — *Rugulatisporites mesozoicus* MADLER, 1068,0–1073,0 m
7 — *Punctatisporites triassicus* SCHULZ, 1058,0–1063,0 m
8 — *Triadisporea plicata* KLAUS, 1068,0–1073,0 m
9 — *Triadisporea* cf. *epigona* KLAUS, 1068,0–1073,0 m
10 — *Triadisporea* sp., 1068,0–1073,0 m
11 — *Triadisporea plicata* KLAUS, 1058,0–1063,0 m
12 — *Falzisporites* cf. *zapfei* VISSCHER, 1058,0–1063,0 m
13 — *Triadisporea* cf. *crassa* KLAUS, Hetvehely,
18/10 minta
14 — *Punctatisporites* sp., 1068,0–1073,0 m

II. tábla — Table II

A fotók nagyítása minden esetben 900× — Magnification is 900×

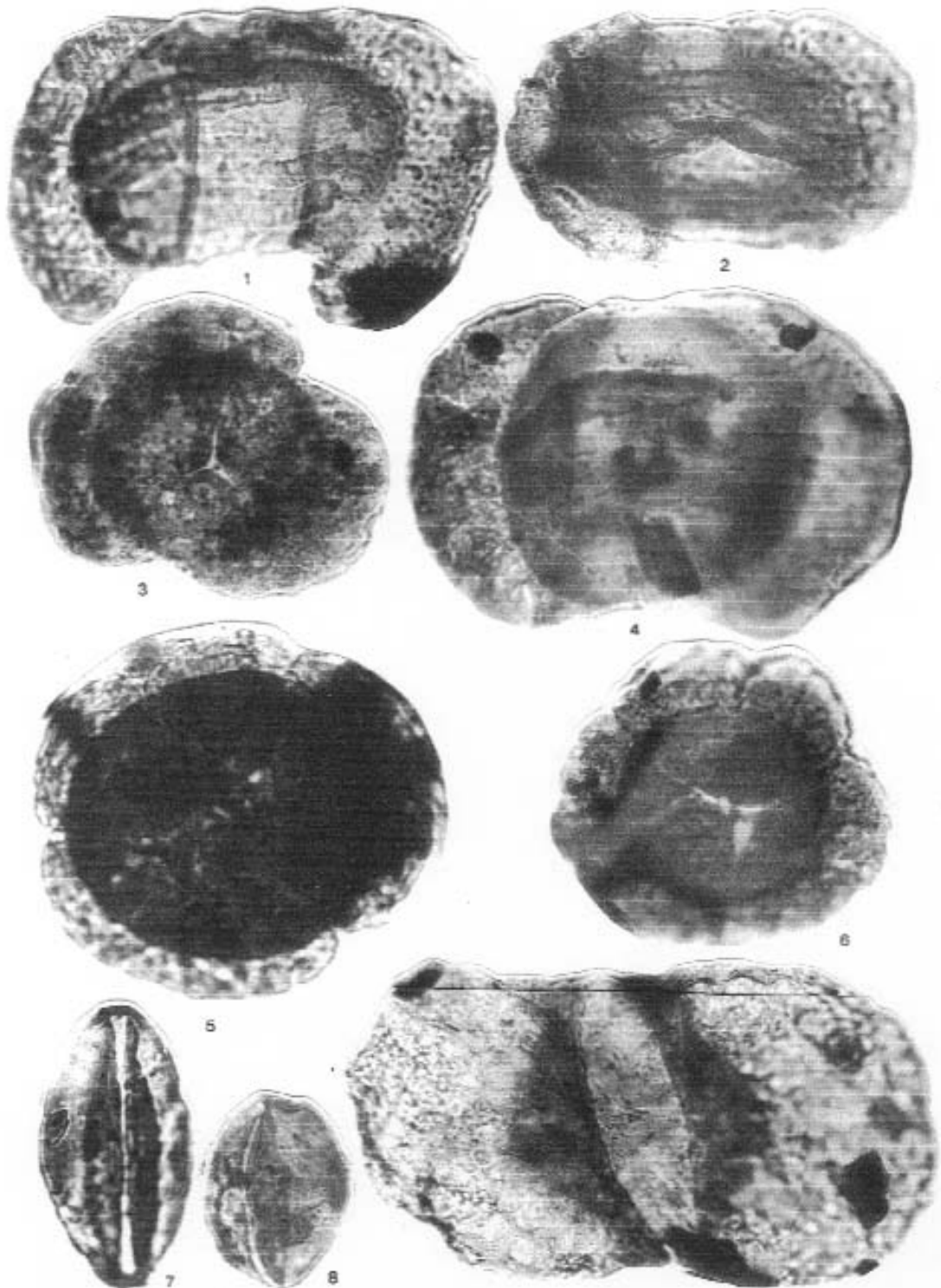


- 1 — *Illinites chitinoides* KLAUS, 1068,0–1073,0 m
 2 — *Triadisporea polonica* BRUGMAN, 1068,0–1073,0 m
 3 — *Triadisporea staplini* (JANS.) KLAUS, 1058,0–1063,0 m
 4 — *Triadisporea* sp., 1068,0–1073,0 m
 5 — *Triadisporea crassa* KLAUS, 1068,0–1073,0 m
 6 — *Triadisporea epigona* KLAUS, 1058,0–1063,0 m
 7 — *Striatoabieites balmei* KLAUS, 1058,0–1063,0 m

- 8 — *Microcachridites doubingeri* KLAUS, 1058,0–1063,0 m
 9 — *Stellapollenites thiergartii* (MADLER) CLEMENT-
 WESTERHOF et al. 1068,0–1073,0 m
 10 — *Triadisporea* sp., 1068,0–1073,0 m
 11 — *Striatoabieites* sp., 1068,0–1073,0 m
 12 — *Angustisulcites gorpui* VISSCHER, Hetvehely, 18/ 10 minta

III. tábla — Table III

A fotók nagyítása minden esetben 900× — Magnification is 900×



- 1 — *Striatoabieites samoilivichi* JANS., 1058,0–1063,0 m
 2 — *Succintisporites* sp., 1058,0–1063,0 m
 3 — *Triadispora* sp., 1068,0–1073,0 m
 4 — *Lunatisporites* cf. *acutus* (LESCH.) SCHEURING,
 1058,0–1063,0 m
 5 — *Stellapollenites thiergartii* (MADLER) CLEMENT-WESTERHOF
 et al., 1068,0–1073,0 m

- 6 — *Stellapollenites thiergartii* (MADLER) CLEMENT-WESTERHOF
 et al. 1058,0–1063,0 m
 7 — *Cycadopites coxii* VISSCHER, 1068,0–1073,0 m
 8 — *Cycadopites coxii* VISSCHER, 1058,0–1063,0 m
 9 — *Angustisulcites grandis* VISSCHER, 1068,0–1073,0 m

Többfázisú gyűrődés a hidvégárdói Nagy-kőn (Tornai-egység, ÉK-Magyarország)

Multiphase folding on the Nagy-kő, Hidvégárdó (Torna Unit, NE Hungary)

FODOR LÁSZLÓ és KOROKNAI BALÁZS

fodor@mafi.hu, koroknai@mafi.hu

Tárgyszavak: Nyugati-Kárpátok, Tornai-egység, metamorfózis, képlékeny deformáció, redő, áttolódás, mezozoos

Keywords: Western Carpathians, Torna Unit, metamorphism, ductile deformation, folds, trust, Mesozoic

Összefoglalás

A Hidvégárdó melletti Nagy-kő triász rétegsora felső-karni–alsó-nori szürke tűzköves Pötscheni Mészkből és középső–felső-nori Nagyközi Mészkből áll. A rétegsor szoros vagy nyílt, álló redőkbe gyűrődött (F_2 redőződési fázis). A fiatalabb Nagyközi Mészke a keleti „Határszurdokban” topográfialag az idősebb Pötscheni Mészke alatt jelenik meg. A nyugati oldalon, a Nagyközi Mészke alapszelvényében pedig antiform magjában bukkan ki. Mindkét eset azt igazolja, hogy a felső-triász rétegsor a szoros F_2 redőződés előtt is szenvedett gyűrődést (F_1 fázis), melynek eredményeként teljesen átbuktatott helyzetű rétegsor jött létre. Ezen első fázisú redőződés pontos geometriája és vergenciája még nem tisztázott. A második gyűrődési fázishoz tartozó (K)DK–(Ny)ÉNy-i tengelyű redők állók, egyértelmű vergencia nem állapítható meg. Mind az F_1 és F_2 redőződés, mind a hozzájuk tartozó S_1 és S_2 palásság a legtöbb tornai blokkban is megfigyelhető, így a Tornai-egység szerkezetfejlődése — kisebb lokális különbségektől eltekintve — alapvetően egységesnek tűnik. Ugyancsak mindenhol felléphetett a legfiatalabb F_3 kink-jellegű gyűrődés is, amely törékes-képlékeny nyírási zónákban, blokkonként eltérő intenzitással jelenik meg.

Abstract

Metamorphic Triassic sequence of the Nagy-kő, near Hidvégárdó belongs to the Torna Unit (Fig. 1, LESS *et al.* 1988; KOVÁCS 1986). The sequence consists of upper Carnian – lower Norian Pötschen Limestone and middle – upper Norian Nagyköz Limestone. Structural observations show that the younger Nagyköz Limestone is situated below the older Pötschen Limestone and in cores of F_2 antiforms (Figs 2, 3). Consequently, the sequence was completely overturned by F_1 folding before the strong F_2 folding observed in most of the outcrops.

The structural evolution can be described by the following stages (Fig. 6). D_1 : Formation of weak layer-parallel foliation, and formation of large recumbent F_1 fold (overturning of the whole sequence) — the exact chronology between the two structural events requires further detailed microtectonic studies. D_2 : Thrusting of the overturned Torna sequence onto the non-metamorphic Hidvégárdó sequence. D_3 : open to tight folding (F_2) of the whole nappe pile including the overturned limb of the recumbent fold. Axes of these folds are trending (E)SE–(W)NW, locally almost N–S. Weak axial plane S_2 foliation developed locally (Plate I). D_{3b} : deformation of the fold axial planes by fold flattening or shearing, clear vergency cannot be described. D_4 : large kink folds which distorted some of the folds into N–S axial direction. It is also possible that thrusting of Torna rocks onto Hidvégárdó sequence D_2 occurred only after F_2 folding and kinking. D_5 : Finally, pre- to post-Pannonian normal faulting resulted in the horst structure of the hill. Brittle faulting was characterised by E–W to ESE–WNW tension (Fig. 5).

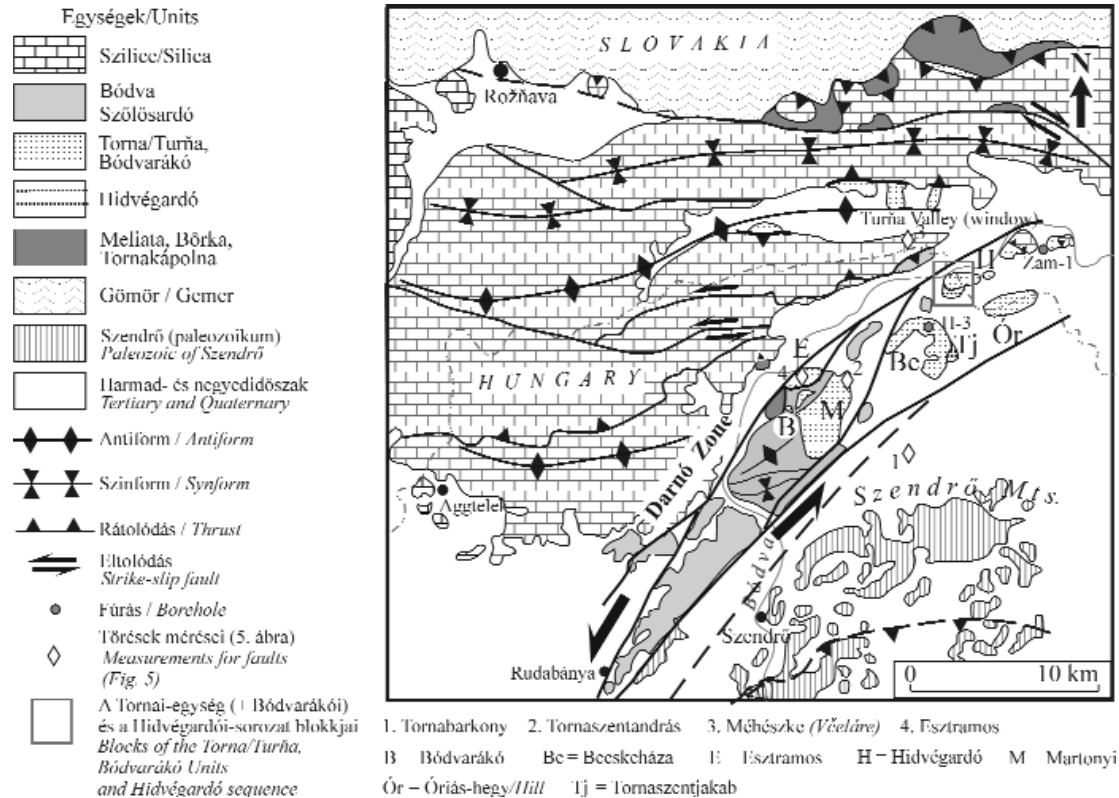
The observed structural evolution shows similar style and deformation sequence as other Torna Unit occurrences (FODOR and KOROKNAI 2000). Bedding-parallel S_{0-1} foliation is always present. Normal and reverse limb of large F_1 recumbent fold(s) are also present (Martonyi Subunit, Óriás Hill and Hidvégárdó – Szent János Hill and Nagy-kő, as normal and reverse limbs, respectively). Overthrust of anchi- to epizonal Torna rocks onto the non-metamorphosed Hidvégárdó or Bódva sequences is shown by boreholes (e.g. Hidvégárdó–3) and field relationships. Open to isoclinal F_2 folds with subvertical axial plane and S_2 foliation can also be observed in all blocks. However, the varying axial strike of F_2 folds (NNE in Martonyi, E to SE in other blocks) can probably be connected to map-scale kink-like F_3 folds. Outcrop-scale kink folds — formed probably in varying scaled, semi-brittle shear zones — may also have certain importance (e.g. Martonyi Subunit).

Földtani környezet

A hidvégardói Nagy-kő a Rudabányai-hegység észak-keleti eleme, a magyar–szlovák határon helyezkedik el (1. ábra). A hegy metamorf felső-triász rétegsorát LESS (1981), LESS et al. (1988) és LESS (2000) a Tornai-egységbe sorolta. A hegy K-i folytatásában, már a szlovákiai oldalon, több feltárásban a Tornai-egység mélyebb rétegtani helyzetű tagjai is kibukkannak (MELLO, MOCK 1977; MELLO et al. 1996).

még keletebbre, először az Udvarnoki (Dvorniki) rétegek következnek, amelyek a Tornaszentandrás Agyagpalának felelhetnek meg, míg a Tornahorvati (Chorvati) felé Reiflingi Mészkövet jelez MELLO, MOCK (1977) és MELLO et al. (1996).

A tornai metamorf üledékek alatt a Hidvégardói sorozat következik (GRILL et al. 1984). Ezt a Hidvégardó–3-as és a Žarnov/Zsarnó–1-es fúrásokban tárták fel (ÁRKAI, KOVÁCS 1986; MELLO et al. 1996; LESS 2000). A H–3 fúrás alapján a főleg fekete palákból és



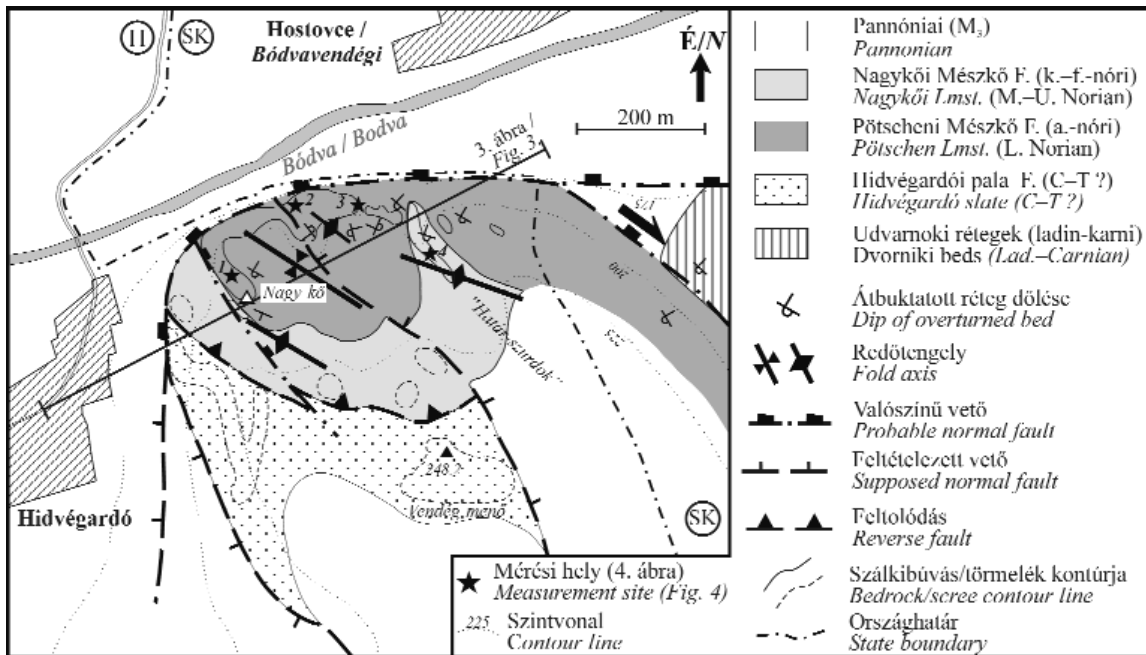
1. ábra. Szerkezeti egységek Észak-Magyarországon és Dél-Szlovákiában (LESS 1998 és MELLO et al. 1996 után)
A szürke keret a vizsgálati helyet jelöli. A töréscs mérési helyei (rombusz, 5. ábra) a pannóniai üledékek közelében vannak

Figure 1. Structural units in North Hungary and South Slovakia (after LESS, 1998 and MELLO et al. 1996)
Grey box indicates the research area. Note occurrences of the Torna (Turňa) Unit. Measurement sites for fractures (Fig. 5) are located close to Pannonian sediments

A részletes biosztratigráfiai és mikrofaciális vizsgálatok alapján a hegy felső-triász rétegsorát két formáció építi fel (KOVÁCS 1986; KOVÁCS et al. 1989). Az idősebb, szürke, gyakran tüzköves Pötscheni Mészkö és a fiatalabb, ritkán tüzköves, tarka (drapp, rózsaszín) Nagykői Mészkö (KOVÁCS et al. 1989). Mindkét formáció pelágikus körülmények között rakódott le. A sorozat erős anchizónába sorolható metamorfózist szenvedett (ÁRKAI, KOVÁCS 1986).

LESS et al. (1988) térképén a Nagykői Mészkö a hegy nyugati, meredek oldalán és a déli csúcson (Vendég-menő) északi előterében bukkan ki, szálaban, ill. törmelékben (2. ábra). A hegy nagy részét, annak középső, északi és keleti oldalát Pötscheni Mészkö alkotja, utóbbi részen még a szlovákiai oldalra is áttérjedően (MELLO et al. 1996). Kissé

helyenként perm–alsó-triász evaporitból álló sorozat ÁRKAI, KOVÁCS (1986) vizsgálatai alapján csak erős diagenetikus átalakulást mutat. Kisebb feltárásai Becskeháza és Tornaszentjakab közelében a felszínen is megjelenhetnek (1. ábra). A sorozat felszínen a hidvégardói Nagy-kő délnyugati oldalán és a déli csúcson (Vendég-menő) is kibukkan LESS et al. (1988) és saját megfigyeléseink szerint. A törmelékes előfordulások meszes márgapalák, agyagos mészpálák, hasonlóak a Zsarnó (Žarnov)–1 fúrásban és a Hidvégardó H–3 fúrás felső részében (112–170 m) elért kőzetekhez, de eltérőek az utóbbi fúrás mélyebb helyzetű fekete, karbonátszegény paláitól (LESS, pers. comm., 2001).



2. ábra. Hidvérgárdó környékének földtani térképe, a negyedkori képződmények elhagyásával, LESS *et al.* (1988), MELLO *et al.* (1996) és saját megfigyelések alapján

Mérési helyek (4. ábra): 1: Nagy-kő; 2: Nagy-kő Észak-1; 3: Nagy-kő Észak-2; 4: „Határ-szurdok”

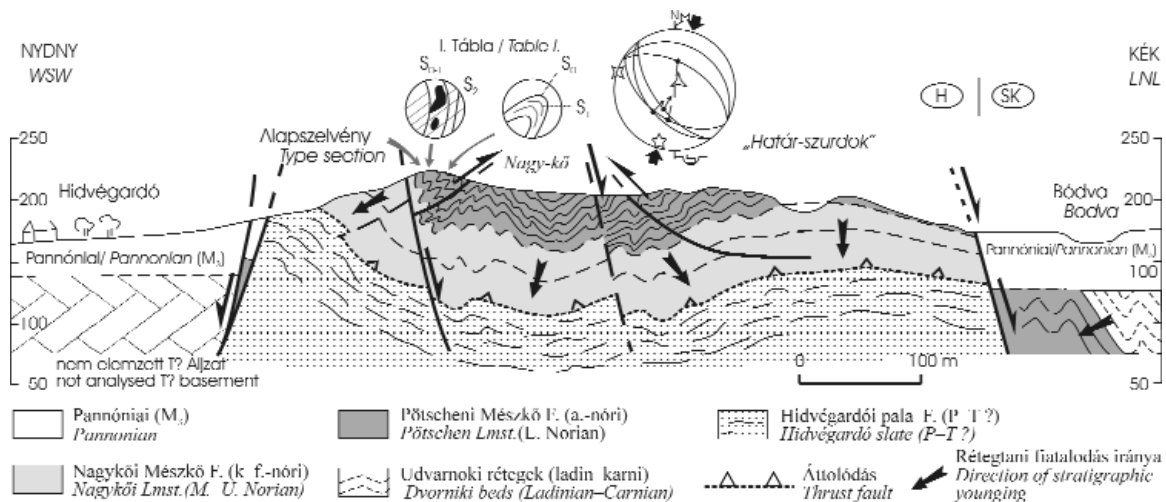
Figure 2. Geological map for the vicinity of Hidvérgárdó, without Quaternary formations after LESS *et al.* (1988), MELLO *et al.* (1996) and own observations

Measurements sites (Fig. 4): 1: Nagy-kő; 2: Nagy-kő Észak-1; 3: Nagy-kő Észak-2; 4: „Határ-szurdok”. Note that all beds are overturned

Szerkezetföldtani megfigyelések

A hegyen terepbejárást és szerkezeti méréseket végeztünk, redőtengelyeket és egy földtani szelvényt szerkesztettünk. Terepbejárással sikerült megtalálnunk a Nagykői Mészko egy újabb kibukkanását (2. ábra). Ez a

határtól 100-200 méterre húzódó, EENy-i lejtésű „Határ-szurdokban” van. Míg a völgytalpon sárga, vagy lilásdrapp finomszemcsés mészko van, addig a völgyoldalban szürke tűzköves mészko jelenik meg. Megfigyelhető, hogy a két-féle kőzet rövid szakaszon váltakozik. A völgytalpon levő mészkovet a Nagykői, a feljebb levőt a Pötscheni

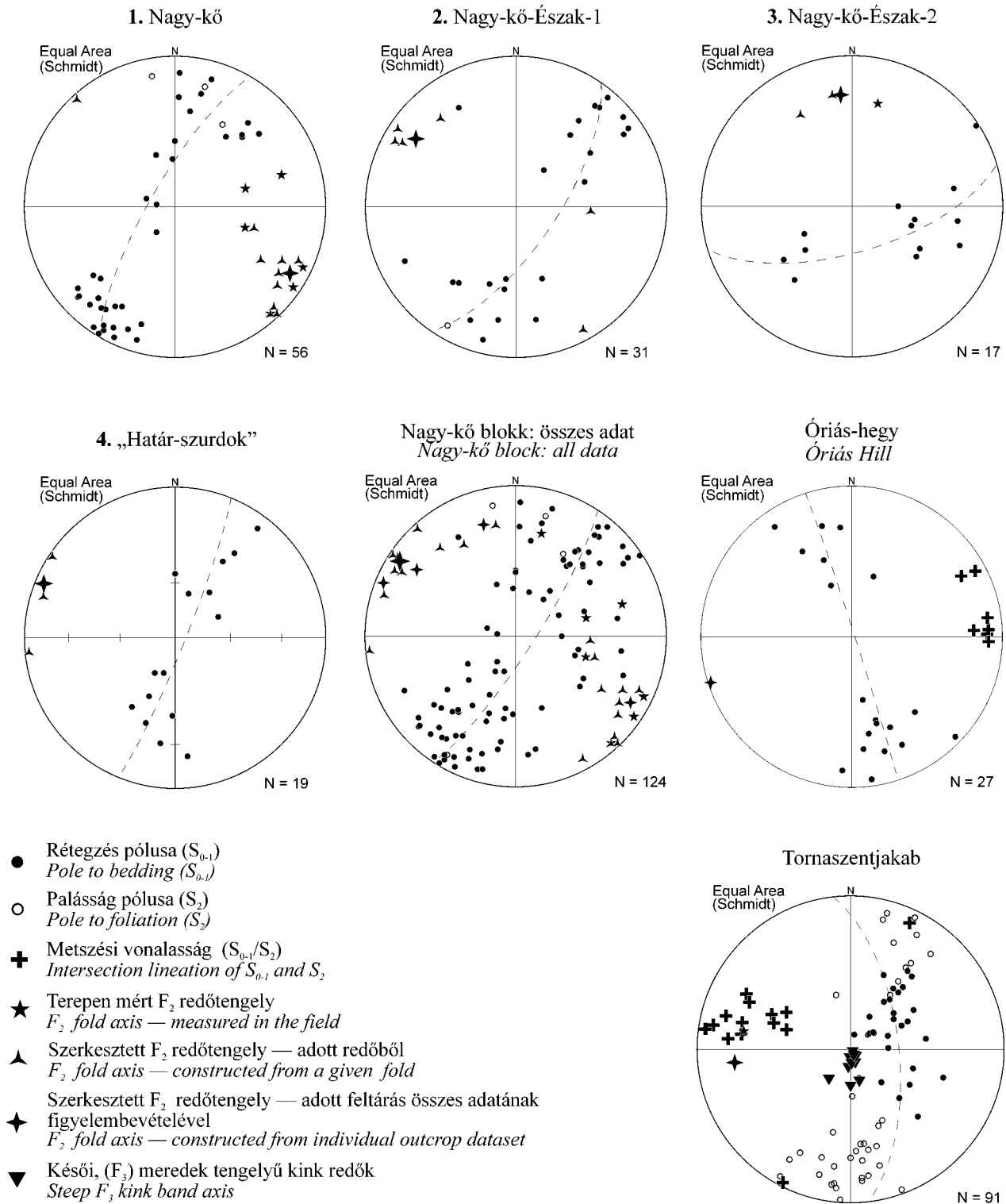


3. ábra. Szelvény a hidvérgárdói Nagy-kőn keresztül

Az erős cikcakk F_2 redőződés már átbukott rétegsort érintett (F_1 fázis). A sztereogram kisebb karcos törésekből számolt feszültség-tengelyeket mutat, ami jó egyezésben van a redőtengelyek irányával

Figure 3. Geological cross section at the Nagy-kő, Hidvérgárdó

The strong chevron folding (F_2) affected the already overturned Torna rocks (phase F_1) and probably also the lower, non-metamorphic Hidvérgárdó sequence. Insets show details of the folds, bedding-foliation relationship; for details, see Plate I. Stereogram show small faults and calculated stress axes, which are in good agreement with fold axes



4. ábra. Gyűrődéshez kapcsolódó szerkezeti adatok a Nagy-kőről, illetve a közeli Óriás-hegyről és Tornaszentjakabról
Alsó félgömb vetület, Schmidt-háló. Az egyes helyek között jó egyezés van. (a kibukkanásokat a 1. ábrán jeleztük)

Figure 4. Structural data from Nagy-kő, Óriás Hill and Tornaszentjakab

Schmidt net, lower hemisphere. Note good correlation between measurement sites, only the northern part (site 3) show NNW–SSE trending axes. Locations on Fig. 1. Other sites, like Óriás Hill and Tornaszentjakab (Fig. 1) also show similar direction of F_2 folds, indicating the general distribution of such folds in most of the Torna Unit occurrences

Formációba sorolhatjuk, azaz a rétegsor átbuktatott helyzetű. A rétegek itt viszonylag lapos ÉÉNy-i dőlésűek. 1–5 méter amplitúdójú, álló cikcakkredők is megjelennek, azonban ezek mérete és álló tengelysíkja semmiképpen sem magyarázhatja a fordított rétegtani helyzetet.

Palás mészmárga, lemezes márga törmeléke a hegy délnyugati oldalától fordul elő a fő csúcsig. LESS et al. (1988) besorolása alapján a kőzetek a Hidvérgardói sorozat részei. A hegy déli oldalát pannóniai üledékek borítják, amit a gyér kvarckavics jelez a felszínen.

A nagy-kői alapszelvény melletti Pötscheni Mészkö erős gyűrődései KOVÁCS (1986) és GRILL (1989) publikációi óta ismertek voltak (I tábla). Szerkezeti megfigyeléseink alapján a redők cikcakk típusúak, (chevron folds, RAMSAY 1974), szárnyszögük 30–90°. A szárnyak általában egyenesek, az átfordulás gyors, de a csuklók kerekítettek, azaz nem szögletesek (I tábla, 3., 4.). A szerkesztett és mért redőtengelyek (K)DK–(Ny)ÉNy-i csapásúak (3, 4. ábra). Hasonló tengelyű és alakú redőket a Tornaszentjakab melletti Óriás-hegyen is megfigyeltünk.

A Nagy-kő északi oldalán, kevésbé szoros, nyílt redőknél kissé eltérő, közel ÉÉNy–DDK-i redőtengely szerkeszthető (4. ábra), amit már Grill (1989) is észlelt. A redőtengelyek ezen változása helyi jelentőségű is lehet. Másrészt azonban gondolhatunk egy utólagos, meredekebb tengelyű F_3 gyűrődésre, amely meggyüri az F_2 redőket. Ilyen, kink-szerű redők a közeli Martonyi egységben elég gyakoriak (FODOR, KOROKNAI 2000). Képződésük valószínűleg a töréses-képlékeny deformációs tartományok átmeneti zónájában képződött nyírózónához kapcsolódik, mint az a tornaszentjakabi útkanyar feltárásában megfigyelhető.

Az F_2 redők alakja a tengelysík mentén gyorsan változhat, a redők kisimulnak. Ily módon diszharmonikus külsőt adnak a redőegyüttesnek. A tengelysíkok a redőben felfelé és lefelé is eltérő dőlésűek. Ez és a helyenként kis szárnyszög a redők fokozatos összelapulását tükrözheti. Ugyanakkor, a változó tengelysík környékén többször találunk lenyesési felszínt. E nyírási zónák mentén való elmozdulás szintén eredményezheti a tengelysíkok meghajlását. Kevés karcos rátolódás ezen jelenséghez tartozhat, a számolt kompresszió megegyezik a redőtengelyekre merőlegesen becsülhető kompressziós irányval (3. ábra).

5. ábra. Töréses szerkezetek, becsült (szürke nyilak) és számolt (fekete nyilak) tenziós feszültségtengelyek Hidvérgardó környékén. A triászban mért szerkezetek is a pannóniai üledékekkel alkotott szerkezeti határhoz közel vannak, így fiatal (késő-miocén–pliocén) törések lehetnek. Schmidt háló, alsó félgömb vetület. A négyzet és kör a vetők és a rétegek pólusának vetületét jelzi. Az esztramosi adatok F. Bergerat-val (Paris) közös mérésekből származnak.

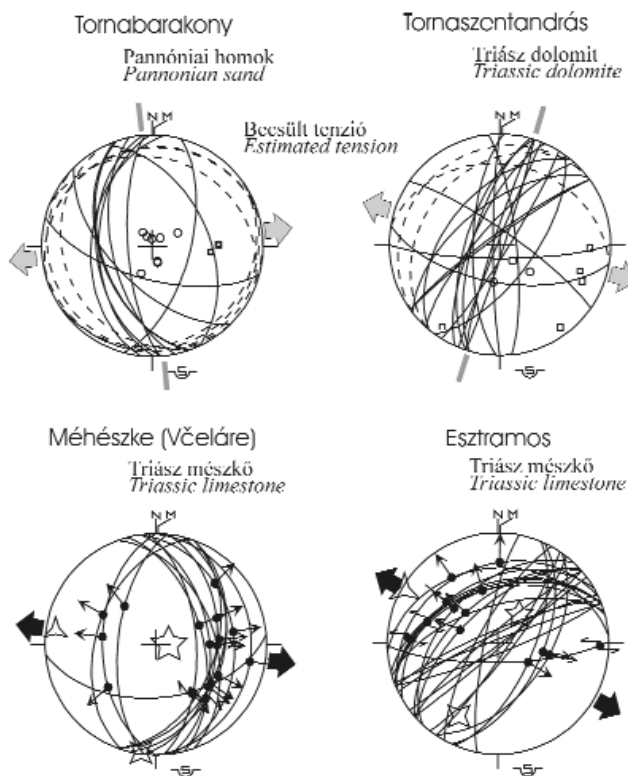
Figure 5. Faults, joints, estimated (gray arrows) and calculated (black arrows) tensional directions in the vicinity of Hidvérgardó. Fractures in Triassic formations occur very close to the tectonic boundary with Pannonian (Upper Miocene) so their „young” Late Miocene – Pliocene age of formation is probable. Schmidt net, lower hemisphere projection. Arrows on projections of fractures show the movement of hangingwall block. Squares and circles indicate poles of faults and beds. Data from Esztramos were collected together with F. Bergerat (Paris)

A tengelysíkok meghajlása, a megjelenő nyírási síkok alapján egyfajta vergencia állapítható meg, ami a hegyen változó, az alapszelvény mentén ÉÉK-i (I tábla, 3.), a hegy északi oldalán, az egykori köfajtóban viszont DK-i. Valószínűleg a kissé deformált tengelysík dőlésre alapozhatta HÓK et al. (1995) a hegy szlovákiai oldalán levő redők déli (délkeleti) vergenciáját. Szerintünk azonban ez az összes feltárás alapján nem általános, a vergencia megállapítása (ha van egyáltalán) további elemzést igényel.

Néhány esetben a cikcakkredők tengelysíkjaival közel párhuzamos, szabad szemmel is megfigyelhető gyenge S_2 második palásság is észlelhető (I tábla, 4.), legszebb talán az alapszelvényben, a Nagy-kői és Pötscheni Mészkövek érintkezése táján. Ott a függőleges redőszárnyat meredek déli dőlésű palásság metszi, amely mentén a tűzkölcsek is szétnyíródtak (I tábla, 4.). A széthúzott tűzkölcsek körül jól látható a mészkő képlékeny deformációs jellege.

Fontos megemlíteni, hogy a cikcakkredők egyértelműen meggyürnek egy korábbi, rétegzéssel párhuzamos palásságot (S_{0-1}) is, amelynek több F_2 redő csuklózónájában látható a redő menti átfordulása (I tábla, 2.).

A Nagy-kő blokkja észak és nyugat felé töréssel ér véget (2. ábra). Úgy tűnik, a törések elvetik a pannóniai rétegeket is. E fiatal fázis elemzését azonban a pannóniai feltárások hiánya nem engedte meg. A közeli Tornabarakony pannóniai homokgyödrében általunk mért és BALLA és DUDKO (1996) által publikált kőzettrészek és kisebb vetők alapján feltételeesen K–Ny-i húzást sejtethetünk (5. ábra). Hasonló tágulást ad a Tornaszentandrás, templom-dombi feltárás triász dolomitjának kőzettrés és kalcit-



terlér-rendszere, amely közvetlenül a pannóniai képződmények mellett van. Méhészke (Včeláre) és az Esztramos triász mészkőében megfigyelt normálvető-párok, kalcit-telések egyértelműen KDK–NyÉNy-i tágulást mutatnak. Bár a feltárások itt is a pannóniai üledékek közelében vannak, a deformáció kora kérdéses. Mindegyik esetet figyelembe véve, a hidvérgardói É–D-i törések normál, a K–Ny-i törés balos vagy balos-normál kinematikájú lehet.

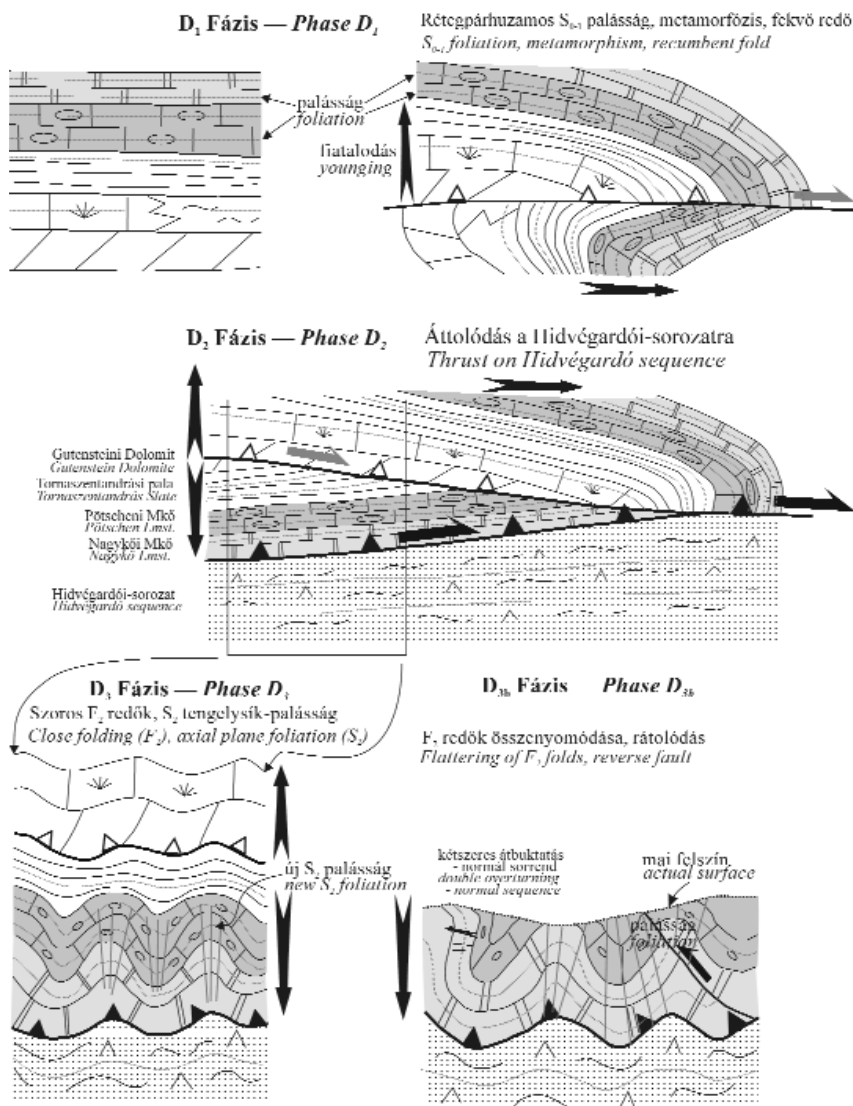
Szerkezetfejlődés

Az alapszelvény és az új előfordulás alapján a Nagykői Mészke egyértelműen az idősebb Pötscheni Mészke alatti helyzetben van (volt az F_2 gyűrődés előtt). Megerősíti ezt a két feltárás között húzott szelvény is (3. ábra). Az erős cikcakkredők ellenére látható, hogy a szelvény nyugati felén (észak)keleti, a „Határ-szurdok” táján nyugatias dölések uralkodnak, azaz nagyobb boltozatok magjában jelenik meg a fiatalabb Nagykői Mészke. Így szelvényünk antiformalis szinklinálisokat és szinformális anti-

klinálisokat ábrázol. A „Határ-szudoktól” keletre, már szlovákiai oldalon egy antiformalis keleti szárnya folytatódik, de a magtól kifelé idősödő (átbuktatott) rétegsorral; Pötscheni Mészke karni Dvorniki rétegek, majd Reiflingi Mészke következnek (MELLO et al. 1996).

A szerkezetelemzésből az is következik, hogy a legjobban szembeötlő F_2 cikcakkredők már az átbuktatás és egy korai rétegpárhuzamos palásság kialakulása után keletkeztek, mindenképpen egy fiatalabb képlékeny deformációs fázist jelentenek. Az átbuktatás egy korábbi redőződés (F_1) eredménye volt. A korábbi, rétegpárhuzamos S_1 palásság és az átbuktatás (F_1) időbeli viszonya viszont nem teljesen világos. A palásság lehet a gyűrődés előtti vagy azzal egykorú. Mivel a palásság párhuzamos a réteggéssel, csak akkor lehetne az átbuktatás utáni, ha az átbuktatás teljes volt (azaz 180° -os forgást jelentett). Mivel ez a véletlen egybeesés kevésbé valószínű, így a következő szerkezetfejlődés adható meg (6. ábra):

— D_1 : rétegmenti palásodás (S_{0-1}), fekvő redő kialakulása (átbuktatás ismeretlen vergenciával) — F_1 gyűrődési fázis.



6. ábra. A hidvérgardói Nagy-kő szerkezetfejlődése

Az egyes deformációs fázisok mindegyike megjelenik minden más tornai tömbben. A fekvő redőképződést a Martonyi-egységben nem lehet észlelni, mivel ott normál szárnyon vagyunk

Figure 6. Structural evolution of the Nagykői, Hidvérgardó

Each structural stages can be recognised in other Torna Unit occurrences. Formation of recumbent fold cannot be demonstrated in the Martonyi Subunit (FODOR and KOROKNAI, 2000), because rocks represent the normal limb of such a fold. Chronology between D_{1a} and D_{1b} cannot be clearly demonstrated. D_2 thrusting could postdate all folding events (F_1 – F_3) but cross section (Fig. 3) would favor our interpretation. Complete overturning of the sequence (F_1 folding) can be characteristic in other Torna subunits, too (KOVÁCS 1986; LESS 1998)

— D_2 : az átbuktatott redő áttolódása a nem metamorf Hidvégardói sorozatra.

— D_{3a} : közel álló tengelysíkú cikcakkgyűrődés az átbuktatott rétegsoron — F_2 gyűrődési fázis, F_2 tengelysík-paláság kialakulása.

— D_{3b} : kisebb torzulások, melyek a tengelysíkot is érintik.

— D_4 : nagyobb kink-redők ($F_3?$), amelyek miatt a redőtengely-irány a „Határ-szurdoktól” közvetlenül nyugatra északias lesz.

— D_5 : Késő-miocén–pliocén törés deformáció.

A metamorf (meggyúrt) tornai rétegsornak a nem metamorf hidvégardói sorozatra való tolódását a H–3 fúrás igazolja (GRILL et al. 1984; LESS 2000) és a Zsarnó (Žarnov)–1 fúrás környezete is alátámasztja [elfogadva MELLO et al. (1996) térképi besorolását]. A Nagy-kő felszíni feltárásai és szelvényei is a nem metamorf sorozat alsó tektonikai helyzetét igazolják. Nem egyértelmű azonban, hogy az alsó szerkezeti helyzetű Hidvégardói sorozat is együtt gyűrődött a tornai kőzetekkel, mint ahogy szelvényünk mutatja. Lehetséges, hogy a rátolódás valamelyik, vagy az összes gyűrődési fázis után következett be. Az általunk kissé valószínűbbnek tartott megoldást (3. ábra) az sugallta, hogy a „Hidvégardói sorozat” félkörben körbeveszi a tornai kőzeteket, mintegy követve azok F_2 gyűrődésének fő formáját (2. ábra).

Diszkusszió — Összevetés más tornai kőzetelőfordulások szerkezetfejlődésével

A fent vázolt szerkezetfejlődés összehasonlítható a Martonyi-egység deformáció-történetével (FODOR, KOROKNAI 2000). Azonosság, hogy mindkét területen a szoros, helyenként izoklinális F_2 cikcakkredőződés a rétegmenti palásodást követi (S_{0-1}). Így mindkét területen feltételezhető egy korai F_1 redőződés, amely kapcsolódhat például takarós áttolódáshoz (ld. FODOR, KOROKNAI 2000). Különbség, hogy az átbuktatás a Martonyi-egységben — jelenlegi ismereteink szerint — hiányzik. E megfigyelés úgy értelmezhető, hogy a Martonyi-egység egy nagyobb fekvő redő normálszárnyát képviselte. Mindkét területen az F_2 redőződéssel együtt változó erősségű S_2 tengelypaláság jött létre. További rokon vonás, hogy mindkét metamorf blokk nem metamorf egységeken nyugszik, azaz fel kell tételezni egy metamorfózis, palásodás és F_1 gyűrődés utáni áttolódást is (habár ennek kora a két területen eltérő is lehet). Lényegesebb eltérés, hogy a Martonyi-egység F_2 redőtengelyei ÉÉK-i csapásúak, azaz közel merőlegesek a nagy-kői tengelyekre. Ezt egy függőleges tengelyű, nagyméretű F_3 (kink-) redőződéssel vagy a Martonyi-egységnek a Bódvai-egységre való fiatal rátolódásával és forgásával magyarázhatjuk (LESS 1998). A szerkezeti kép egy másik kisebb különbsége, hogy a Nagy-kőn nincsenek feltárás-méretű, ferde tengelyű cikcakkredők, kinkék. A kisebb eltérések ellenére, a szerkezetfejlődés legtöbb fázisa azonos lehetett.

KOVÁCS (1986) vizsgálatai szerint a hidvégardói Szent János hegy rétegsora is átbuktatott, azaz az F_1 fekvőredő itt is kialakult. Terepi megfigyeléseink szerint az F_2 cikcakkredőződés közel KDK–NyÉNy-i tengellyel ott is megjelenik. A közeli tornaszentjakabi útkanyar feltárásának redőtengelyei ($F_2?$) nagyjából párhuzamos csapásúak a hidvégardóiakkal (4. ábra). A keletrebbre lévő, szintén Tornai-sorozatot feltáró Óriás-hegyen a nagy-kővel és becskeházaival megegyezően, K–Ny-i redőtengelyeket mértünk (1., 4. ábra). A rétegsor redőződés előtti normál vagy átbuktatott helyzete e helyeken nem dönthető el. Az Esztramos hegyén a mai függőleges vagy átbuktatott paláság szintén egy későbbi gyűrődés eredménye ($F_2?$) lehet, bár a kisebb méretű elemek itt hiányoznak.

A fenti összehasonlítás alapján a Nagy-kőre vonatkozó szerkezetfejlődés számos fázisa megjelenik a martonyi, becskeházai és óriás-hegyi blokkokban is, így azt fő vonásaiban a legtöbb tornai blokkra érvényesnek tartjuk. Az összehasonlításból származó fontos következtetés, hogy a Tornai-egységben jelentős, közel teljes (180° -os) átbuktatással (F_1 takaróredőkkel?) kell számolni több blokkban is (6. ábra). Viszont legalább a Martonyi-egységben és talán az óriás-hegyi blokkban a rétegsor a normál szárnyon maradt. A fekvőredő(k) vergenciája nem tisztázott, mivel hiányoznak a csuklózónák, kisebb parazita redők, nyírási kritériumok. Valószínű, hogy az F_1 fekvő redők egy korábbi, rétegpárhuzamos S_1 paláságot is meggyúrtak. Talán ezzel a fázissal hozható összefüggésbe, hogy a Tornai-egység blokkjai ma már nem a fő metamorfózis idején meglévő aljzatokon találhatók, hanem azokról lenyíródtak (GRILL et al. 1984; LESS 2000) és valószínűleg takarót (takarókat) alkotnak.

A legtöbb blokkban általános az F_2 gyűrődés fellépése. A közel álló tengelysíkú, lapos tengelyű F_2 cikcakkredők esetében nincs értelme regionális vergenciáról beszélni, mégha egyes, lokális megfigyelések erre lehetőséget is nyújtanak (HÓK et al. 1995; LESS et al. 1998). Az e redőket torzító rátolódások (D_{3b} fázis) esetében a vergenciára vonatkozó megfigyelések szintén ellentmondások.

Következtetések

A Nagy-kő felső-triász rétegsora egy teljes mértékű átbuktatás (fekvőredő kialakulása) előtt vagy alatt rétegpárhuzamosan enyhén palásodott. Ezután a közettömeg a Hidvégardói sorozatra tolódott rá (bár e rátolódás relatív kora nem teljesen egyértelmű). A két szerkezeti egység ezután együttesen szoros vagy nyitott, nagyjából KDK–NyÉNy-i tengelyű redőkbe gyűrődött, a tengelysík mentén igen gyenge és lokális paláság jelent meg. A tengelysíkok (és nyilván a redők) tovább deformálódtak, lapultak vagy változó vergenciával elnyíródtak.

Elteltek a kisebb jelentőségű eltérésektől, a Nagy-kőre vonatkozó szerkezetfejlődési modell érvényesnek

tűnik más tornai blokkokra is. Különösen fontos, hogy a ma mindenhol jól látható, függőleges tengelysíkú F_2 redőződés egy korábbi, átbuktatott helyzetet létrehozó F_1 gyűrődés után jelent meg. Így az F_2 redőződés helyenként normálszárnyat, máshol átbuktatott rétegsort gyűrt újra. Az F_2 redőtengelyek irányának tornai blokkonkénti eltéréseit a Nagy-kőn is gyanítható, késői $F_{2,3}$ kink redők okozzák, melyek a szoros redők eredeti tengelyirányát jelentősen elcsavarhatták.

Köszönetnyilvánítás

A terepi munkát Kovács Sándor T 019431 számú és Less György T 023880 számú OTKA kutatási pályázatai fedezték. A kézirat lektorálását Less György végezte, egyéb kritikai észrevételeket Kovács Sándor és Pelikán Pál tett. A fényképek előhívását Bernhardtne Laki Ilona végezte, a rajzokban Paulheim Gáspár segített. Minden segítségért köszönettel tartozunk.

Irodalom

- ÁRKAI P., KOVÁCS S. 1986: Diagenesis and regional metamorphism of the Mesozoic of Aggtelek-Rudabánya mountains (Northeast Hungary). — *Acta Geol. Hung.* 29, pp. 349–373.
- BALLA Z., DUDKO A. 1996: Törések pannóniai képződményekben. — *Földtani Közlemény* 126, pp. 209–262.
- FODOR L., KOROKNAI B. 2000: Ductile deformation and revised lithostratigraphy of the Martonyi Subunit (Torna Unit, Rudabánya Mts.), northeastern Hungary. — *Geologica Carpathica*. 51, 6, pp. 355–369.
- GRILL J. 1989: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység szerkezetfejlődése. — *MÁFI Évi Jelentése 1987. évről*, pp. 411–432.
- GRILL J., KOVÁCS S., LESS GY., RÉTI ZS., RÓTH L., SZENTPÉTERY I. 1984: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani felépítése és fejlődéstörténete. (Geological constitution and history of evolution of the Aggtelek–Rudabánya range). — *Földtani Kutatás* 27, pp. 49–56.
- HÓK J., KOVÁCS P., RAKÚS M. 1995: Structural investigations of the Inner Carpathians — results and interpretation. — *Mineralia slovacca* 27, pp. 231–235.
- KOVÁCS S. 1986: Conodont-biosztratigráfiai és mikrofácies vizsgálatok a Rudabányai-hegység ÉK-i részén (Conodont-biostratigraphical and microfacies investigations in the Hungarian part of the Northeastern Rudabánya Mts.). — *MÁFI Évi Jelentése 1984. évről*, pp. 193–244.
- KOVÁCS S., LESS GY., PIROS O., RÉTI ZS., RÓTH L. 1989: Triassic formations of the Aggtelek-Rudabánya Mts. (Northeastern Hungary). — *Acta Geol. Hung.* 32, pp. 31–63.
- LESS GY. 1981: Magyarázó az Aggtelek–Rudabányai-hegység 1:25 000-es földtani térképéhez, Hidvérgárdó (Explanation to the geological map 1:25 000 of the Aggtelek-Rudabánya Mts., sheet Hidvérgárdó). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet.
- LESS GY. 1998: Az Aggteleki Nemzeti Park földtani felépítése (The Aggtelek National Park). — In: BAROSS G. (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*. Mezőgazda Kiadó, pp. 26–66.
- LESS GY., GRILL J., KOVÁCS S., SZENTPÉTERY I. 1988: *Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani térképe, 1:25 000*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- LESS GY., KOVÁCS S., FODOR L., PÉRO CS., HIPS K. 1998: Geological cross sections through the Aggtelek-Rudabánya Mts., NE-Hungary. — *XIVth CBGA Congress, Vienna, Austria*, p. 337, Geol. Survey of Austria.
- LESS GY. 2000: Polyphase evolution of the structure of the Aggtelek-Rudabánya Mountains (NE Hungary), the southernmost element of the Inner Western Carpathians — a review. — *Slovak Geol. Magazine* 6, pp. 260–268.
- MELLO, J., MOCK, R. 1977: Nové poznatky o triase čs. části Rudabanského pohoria. — *Geologické Práce* 68, pp. 7–20.
- MELLO, J., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPKO, D., VASS, D., VOZÁROVÁ, A. 1996: *Geological map of the Slovensky Kras Mts., 1:50 000*. — Geol. Survey of the Slovak Republic, Bratislava.
- RAMSAY, J. G. 1974: Development of chevron folds. — *Bull. Geol. Soc. Am.* 85, pp. 1741–1754.

I./1. F_2 gyűrődések a Nagy-kőn (1. mérési hely, 2. ábra). Az antiformal DNy, azaz a mag felé fiatalodik, ahol kibukkan a Nagyköi Mészke (a fényképen ábrázolt redőktől DNy-ra — jobbra). A számok a további fényképeket jelzik.

Folds at the type locality of the Nagykö Limestone (site 1 on Fig. 2). Stratigraphic data show that the sequence is younging toward the core of the anticline (southwestward) where the younger Nagykö Limestone occur (slightly right — southwest from the folds shown on the picture). Numbers indicate other photos.

I./2. Szoros redő a Pötscheni Mészkeben, Nagy-kő, alapszélvény mellett. A csuklózónában látható a rétegpárhuzamos első S_1 palásság újragyűrődése. A DNy-i szárnyon gyenge S_2 jelenik meg, párhuzamosan a redőtengelysikkel. A ceruza 15 cm.

Close fold in the Pötschen Limestone, near the type locality of the Nagykö Limestone. Near the fold hinge, refolding of the earlier, layer-parallel S_1 foliation can be seen. On the southwestern limb, weak S_2 foliation occurs, sub-parallel to the fold axial plane. Pencil is 15 cm.

I./3. Szoros F_2 szinform a Pötscheni Mészkeben, (Nagy-kő, alapszélvény mellett). A tengelysík kissé délnyugatra dől, de ez az északkeleti „vergencia” a hegy északi oldalán és Szlovákiában megfordul (Hók et al. 1995).

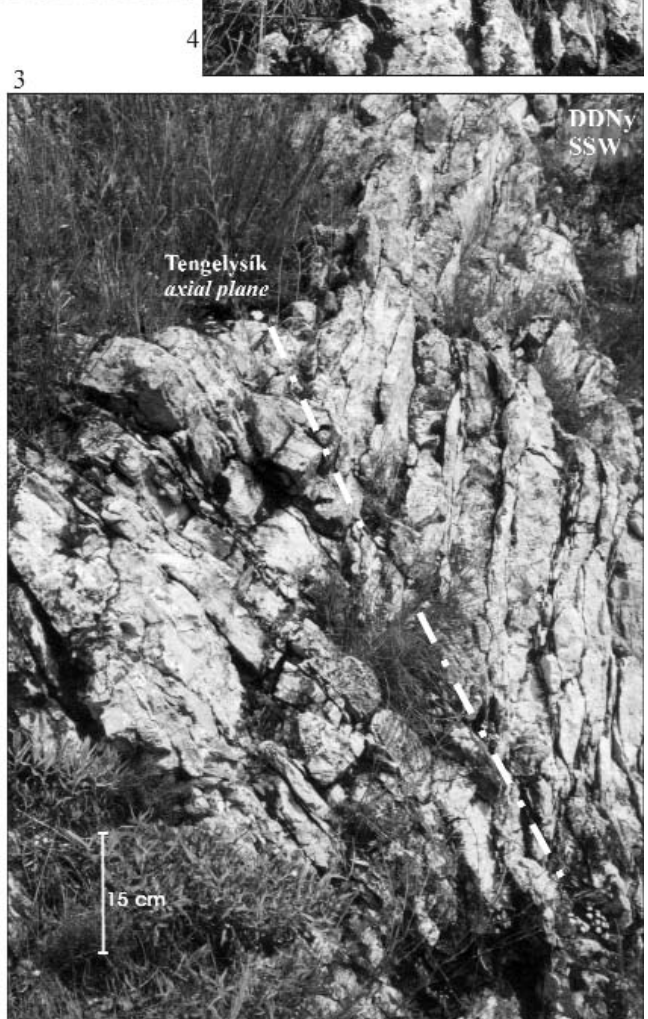
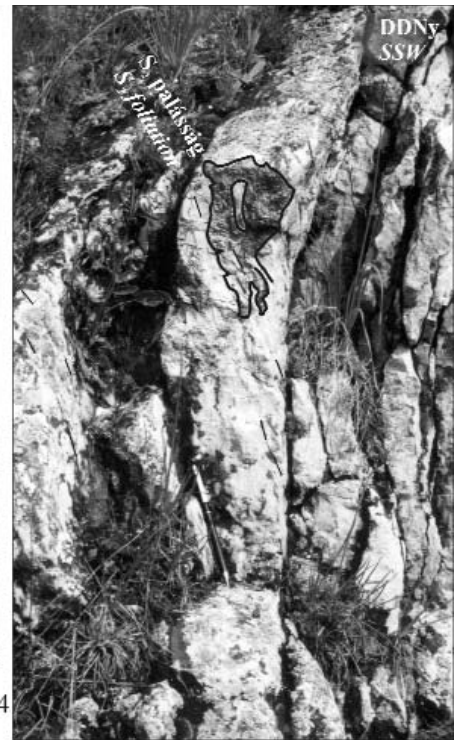
Close F_2 synform in the Pötschen Limestone, near the type locality of the Nagykö Limestone. The axial plane is slightly dipping to southwest, but this northeastern vergency changes on the northern slope of the hill, and in Slovakia (Hók et al. 1995). Clear vergency cannot be determined.

I./4. Közel függőleges Pötscheni Mészke rétegek, gyengén fejlett S_2 palássággal, ami a tűzkölcenséket deformálja. A palásság-rétegzés viszony alapján a képen ábrázolt redőszármagtól DNy-ra antiformal mag következik, ahol a fiatalabb Nagyköi Mészke bukkan ki. Tehát antiformalis szinklinális északi szárnyán vagyunk. A ceruza 15 cm.

Near-vertical Pötschen limestone beds, with weakly developed S_2 foliation which deform chert lenses. On the basis of bedding-foliation relationship, the sequence should become older southwest from the picture. However, younger Nagykö Limestone occurs in this direction, 5 m away, demonstrating that the picture shows the northern limb of an antiformal syncline. Pencil is 15 cm.

I. tábla — Table I

Jellemző szerkezeti elemek a Nagyközi Mészkö alapszelvényénél.
Characteristic structures on the Nagy-kő, near the type locality.



Új rétegtani és szferulakutatási adatok a bükki felső-permből és a perm/triász határról

*New spherule occurrence and biostratigraphical results from the Upper Permian
and P/Tr sections of the Bükk Mts (North Hungary)*

SOLT PÉTER¹, DON GYÖRGY¹, DETRE H. CSABA¹, GÁLNÉ SÓLYMOS KAMILLA²,
KISS ÁRPÁD ZOLTÁN³ és UZONYI IMRE³

¹ Magyar Állami Földtani Intézet, H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

² ELTE Közéttan–Geokémia Tanszék, H-1127 Budapest, Pázmány P. sétány 1/c

³ MTA Atommagkutató Intézete, H-4001 Debrecen, Pf. 51.

Tárgyszavak: magnetoszférula, gipsz, P/Tr határ, sztromatolit, elemarány

Keywords: magnetospherules, gypsum, P/Tr boundary, stromatolite, extinction

Összefoglalás

A perm/triász kihalást előidéző lehetséges okok és az extraterresztrikus jelenségekre is utaló szferula-előfordulások (DETRE CS. H. et al. 1997, 1999, 2002) után kutatva terepbejárás során a Bükkben négy lelőhelyre bukkantunk, melyek érdekes adatokkal egészíthetik ki eddigi ismereteinket. A Nyár-Új-hegy déli részén a műút bevágása felső-perm faunában és időszakos bepárlódási jelenségekre utaló szelenit (gipsz) rózsák utáni kalcit pszeuromorfózákban gazdag. A Kemesnye-hegy délkeleti sziklafalaiban egy részben törmelékkel fedett és egy szálaban álló perm/triász átmenet tárul föl, melynek rétegsora az eddig ismert bükki P/Tr határ előfordulásoktól (Gerennavár, Bálvány, Mályinka–8) némileg eltér. Ugyancsak hozzákezdünk a Bálvány P/Tr szelvény felé vezető dózerút elején egy eddig nem vizsgált új P/Tr szelvény fölvteléhez, melyben sztromatolitos rétegek is vannak. A P/Tr határon föltárt magnetoszférulák elemi összetételük, alapján meggyeznek a japán perm–triász határon találtakal, és rokonságot mutatnak a grönlandi jégből, a mélytengeri üledékekből feltárt, és a sztratoszférából gyűjtött kozmikus szferulákkal. A perm–triász határon kimutatott magnetoszférulák a kipusztulást előidéző kozmikus eseményre utalnak. Mivel megfelelő méretű impakt hatásra utaló nyomok eddig nem ismertek a perm–triász határon, így a Shiva-hipotézis vagy a Tunguz-esemény helyett a szupernovaeredet tűnik valószínűbbnek.

Abstract

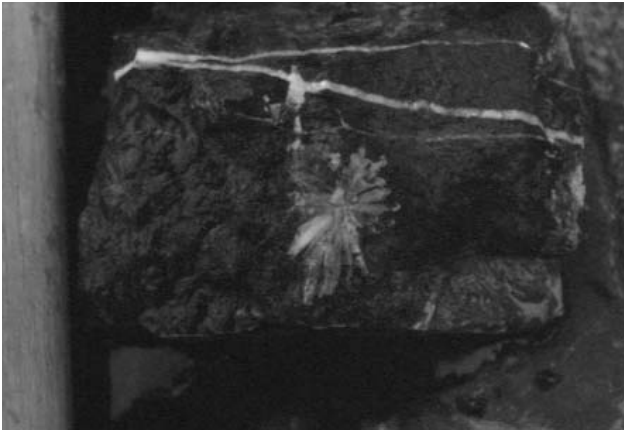
Searching of the causes of the Permian/Triassic extinction period and extraterrestrial spherule occurrences (DETRE CS. H. et al. 1997, 1999, 2002), four important sections have been found in the Bükk Mountain. A new Upper-Permian outcrop located in a road-cut near Nyár-Új Hill, the occurrence of calcite pseudomorphs after gypsum in the fauna rich limestone are good markers for the upper permian sabkha environment. The new P/Tr sections are located on the SE slope of the Kemesnye Hill, near Mályinka village. One of them is continuous sequence of P/Tr, the other one is covered by scree sediments. The sequence of continuous P/Tr section is slightly different from the previously well-known Bükk sections (Gerennavár, Bálvány, Mályinka–8). Magnetospherules found in the rocks are similar like in the Bálvány and Gerennavár P/Tr sections. East from the Bálvány section in a road cut in a new P/Tr section the stromatolitic limestone represents the first living organisms after the extinction event. Comparison of the P/Tr magnetospherules from the Bükk with the Japan P/Tr, Greenland ice, deep sea and cosmic dust samples the evidences of the interstellar dust origin is sure. There are three causes for the higher amount of the normal cosmic dust background: Shiva hypothesis, Tunguz-event and push-wave of a nearby supernova. All of these cosmic events could trigger the dramatic P/Tr extinction.

Regressziós felső-perm rétegsor a Nyár-Új-hegy déli szélén, bepárlódási jelenségekkel

A Mályinka–Hámor elágazástól kb. 2150 méterre Bánkút felé, a Nyár-Új-hegy déli felén a betonút partfala faunában (Nautilus, Brachiopoda, Bryozoa stb.) gazdag felső-perm rétegsort tár föl. A fekete bitumenes mészkő márgásabb padjai 1–5 cm átmérőjű szingenetikus gipsz-

rózsák tucatjait rejtik (1–2. fotó), melyek a diagenézis során kalcitá alakultak. A nagyobb rózsákat alkotó kristályok némelyike a 2 cm-t is meghaladja, néha a kristályok zárványként bezárják az üledék apró morzsáit, sőt egy-egy kisebb ősmaradványt is körbenőnek.

A gipszrózsák gyakorisága az üledékben a késő-permben sekély öblözetekben lefűződő, bepárlódó lagúnákra utal, melyek képződését a melegebbé és szárazabbá



1–2. kép. Szingenetikus gipszrózsza utáni kalcit pszeudomorfóza a felső-perm mészkőben, a Nyár-Új-hegy déli széléről

Photo 1–2. Calcite pseudomorphs after syngenetic gypsroses in Upper Permian limestone (Nyár-Új-hegy South)

váló klíma és a tenger regressziója külön-külön is előidézhette. Nagyobb azonban annak a valószínűsége, hogy a két hatás egymást gerjesztette. Feltételezhetően a területtől északkeletre a perkupai–alsótelekesi felső-perm/legalsó-triász evaporitokban képződő anhidrites sorozathoz is kapcsolható ez a bükki rétegsor.

Hasonló, de lényegesen kisebb (2–3 mm átmérőjű) szelenites gipsz utáni kalcit pszeudomorfózákat ír le KONRÁD (1997) a mecseki alsó-triászból, Dömörkapunál és Sárkánykútnál a Dömörkapui Mészke Tagozatból, valamint a Gf–1 fúrás 1277,6 m és 1280,6 m közti szakaszából gipsz-anhidrit utáni kalcit pszeudomorfózákat a durvapátos mészkőben (Zuhányai Mészke Formáció). Ugyanebben a munkájában hivatkozik SVENNEN (1981) cikkére, akik a belgiumi Vesder Régióból alsó-karbon korú talaj-szintből említenek szingenetikus gipsz utáni kalcit pszeudomorfózákat. Felső-perm Bellerophon Formációból a Dolomitokból közöl NOÉ et al. (1994) lemezes és mozaikos gipsz nodulákat regressziós ciklusok sabkha környezetéből. SMITH (1990) a dél-afrikai Karoo-medence felső-perm alluviális paleotalajban gipsz sivatagi rózsák utáni kvarc pszeudomorfózákat írt le. A Balaton-felvidéki Vöröshomokkő és a Dinnyési Dolomit között össze-

fogazódó Tabajdi Evaporit Formációból (T–5 fúrás) a sabkha környezetből anhidrit utáni 2 mm átmérőjű másodlagos gipszrózsákat említ FÜLÖP (1990).

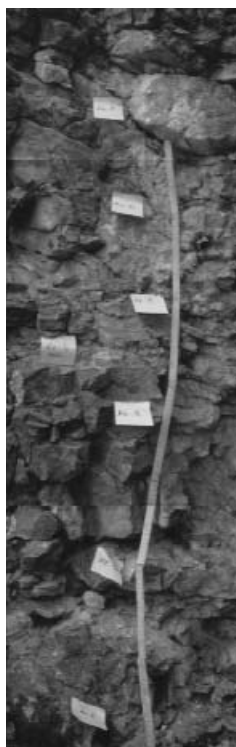
A Nyár-Új-hegyen talált gipszrózsákhoz megjelenésükben hasonlítanak azok a hidegvíz-indikátor ikait (SWAINSON et al. 2001) utáni tinolit pszeudomorfóza rozetták, melyeket BRADLEY et al. (1994) vizsgált a kanadai Sziklás-hegység viséi mészkőéből. Minthogy az ikait 0–7 °C közötti paleotermométerként hidegvízáramlást vagy mélyvizet jelentene, ellentétben a gipszképződéssel jellemzett meleg sabkha parti lagúnájával, szükségesnek véltük a minták röntgendiffrakciós és DTA vizsgálatát. Az elemzés az ikaitra jellemző vizet nem mutatta ki, de ennek oka az eltelt közel 250 millió év és a kőzetet ért nyomás és hőhatás is lehet (MÁDAI 1995).

A bükki felső-perm szingenetikus gipszrózsák olyan markáns környezeti változások tanúi, melyek a perm végi kihálássorozatban komoly szerepet játszhattak.

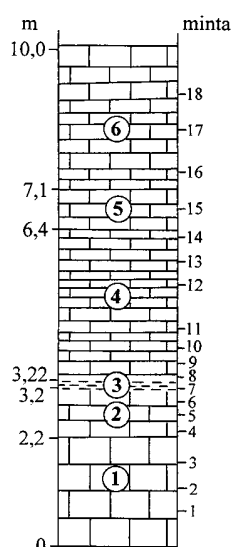
Kemesnye-hegy P/Tr határszelvény

A Kemesnye-hegy csúcsára telepített Mályinka–8 fúrás 79,5 méternél harántolta a Nagyvisnyói Mészke és a Gerennavári Mészke litológiai határát. KOZUR (1985) 78,2–78,3 méterből az *Indivisia symmetrica* KOZUR előfordulását említi, a legfelső-changxingi emeletbe sorolt *Indivisia bükkensis* Zónából. A FÜLÖP (1994) által szerkesztett összefoglalóban a Má–8 fúrás 70 és 90 métere között húzódik a legfelső-perm és a legalsó-triász képződmények határa.

Pelikán Pállal történt előzetes konzultációk alapján a hegyen fedettnek valószínűsített P/Tr határ után kutatva 1999 tavaszán, az óta tragikus hirtelenséggel elhunyt Dosztály Lajos kollégánkkal közösen, jártuk be először részletesebben a Kemesnye-hegy meredek déli lejtőjét, kőfolyásait és impozáns sziklafalainak egy részét. A keleti, nagy lejtőtörmelékben a várakozásokkal ellentétben már viszonylag magasan előforduló faunás, fekete, bitumenes felső-perm mészkövek jelezték, hogy a határ a sziklafalakban is megvan. A keleti, nagy sziklafal alsó részénél települő lemezes mészkő a Gerennavári Mészke alsó „átmeneti” rétegeivel azonos, de a perm néhány méter törmelékkel fedett. Végül 2001 tavaszán a fúrástól DK-re légvonalban mintegy 150 méterre, a nagy törmelékletőt nyugatról határoló közel 25 m magas sziklafalban (3. kép) sikerült megtalálnunk a legalsó-triász Gerennavári Mészke Formációt az átmeneti rétegcsoportot és a P/Tr határt magában foglaló képződményt, valamint a Nagyvisnyói Mészke Formáció fekete, bitumenes, faunagazdag mészkőrétegeit is mintegy 3,5 m vastagságban feltáró folyamatos rétegsort (3. kép). A K–Ny irányban, kb. 80 m hosszúságban húzódó sziklafalat nyugatról egy közel É–D irányú pillér zárja le, míg keleti felén hirtelen elvégződik. A fal alsó harmadában folyamatosan települt rétegeket csupán két enyhe gyűrődés finom szinuszhulláma zavarja meg. A Nagyvisnyói Mészke teteje szintben kb. 60 méter-



3. kép. Kemesnye-hegy, a perm-triász határ szelvénye a mintavételi pontokkal
Photo 3. P/Tr boundary section with sampling points (Kemesnye Hill)



1. ábra. Kemesnye-hegy P/Tr határ rétegsora

Figure 1. Sequence of Kemesnye Hill P/Tr boundary section

rel lehet lejjebb a Kemesnye-hegy kisebbik, (623,9 m) északkeleti csúcsától, tehát az ettől a csúcstól maximum 8 méterrel alacsonyabban és kb. 100 méterre, délnyugati irányba települt fúrás (Má–8) és a szelvényünk közt erős rétegdőlés, esetleg vető is feltételezhető, hiszen a fúrásban közel 80 m mélyen volt a képződmény teteje.

2001 szeptemberéig kb. 10 méteres szelvényben (1. ábra) 18 helyen vettünk kőzetmintákat. Első pillantásra szembeötlő, hogy a Bálvány északi oldalában lévő dózerút által föltárt P/Tr szelvényben a Nagyvisnyói Mészke tetején lévő 4–8 cm-es lilászvörös agyagos márga (málolt mészke ?) és az 1,2 m körüli vastagságú, sárgás, („changxingi”) márga itt hiányzik. A kemesnyei P/Tr leginkább a gerennavári szelvényhez hasonló, csak a Nagyvisnyói Mészke tetején lévő „határmárga” a gerennavári 6–8 cm-rel ellentétben itt csupán 1–2 cm vékony. Már a gerennavári rétegsor esetében is fölmerült, hogy a határmárga tektonikusan kihengerelt, netán egy kis „időhiánnyal” is számolni kell emiatt, ezt az eshetőséget a Kemesnye-hegyi szelvény esetében sem vethetjük el egészen, bár a rétegtelepülés zavartalanak tűnik.

A perm/triász határ rétegsora a Kemesnye-hegyen

Nagyvisnyói Mészke:

1. réteg (1–3. minta): 0–2,2 m — tipikus felső-perm, fekete, faunás (Brachiopoda, Bryozoa, Crinoidea, Foraminifera stb.) Nagyvisnyói Mészke, kb. 15 cm-es padjai

2. réteg (4–6. minta): 2,2–3,2 m — a felső mészkepadok vékonyabbak (kb. 10 cm), ősmaradvány-tartalmuk megegyezik az első réteggel

Határmárga:

3. réteg (7. minta): 3,2–3,22 m — max. 1-2 cm világos sárgás- szürkés márga (Foraminifera, kis Gastropoda)

Átmeneti rétegcsoport:

4. réteg (8–14. minta): 3,22–6,4 m — világos barnás-szürke, lemezes, enyhén dolomitos mészke (Ostracoda, Earlandia)

5. réteg (15. minta): 6,4–7,1 m — világosszürke limonitávós (bakteriopiritek nyomai), vékonypados, enyhén dolomitos mészke

Gerennavári Mészke:

6. réteg (16–18. minta): 7,1–10,0 m — világosszürke, vékonypados, enyhén dolomitos mészke

Első vizsgálati eredmények

Eddig 8 mintából (4–11.) készült vékonycsiszolat:

4.: sötétszürke biomikrites, finomszemű mészke, Foraminifera, Bryozoa-töredékek, Brachiopoda-törmelék, (*Productus* sp.), Crinoidea-karizék, a biogén anyag részaránya kb. 50% (4. kép).

5.: feketés, sötétszürke, biogén mészke, Foraminifera, Bryozoa-töredékek, Brachiopoda-törmelék, embrionális Brachiopodák, Crinoidea-karizék, nyéltagtöredékek, az ősmaradványokat sokszor sötét kontúr övezi, a biogén anyag: 100% (5. kép).

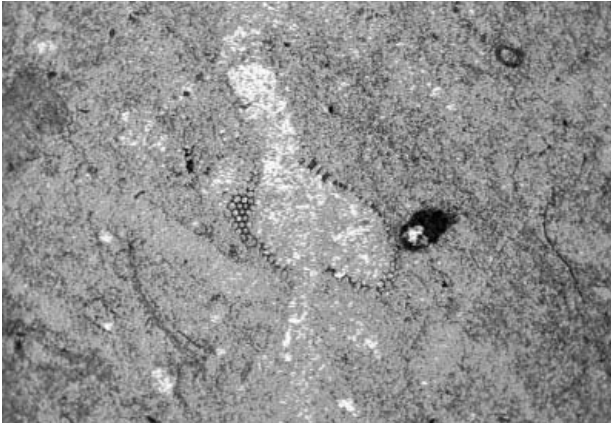


4. kép. Kemesnye-hegy, 2. réteg 4. minta, sötétszürke mikrites mészke *Climacammina* cf. sp., Nagyvisnyói Mészke 20×

Photo 4. Dark grey, micritic limestone with *Climacammina* cf. sp. (Kemesnye Hill 2./4. sample, Nagyvisnyói Limestone)

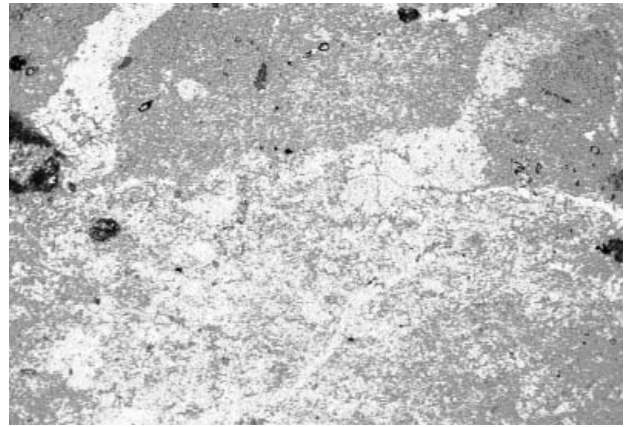
6.: sötétszürke, finomszemű biogén mészke, Foraminifera, Bryozoa-töredékek, Brachiopoda- és Crinoidea-törmelék, *Spirigera* sp., a biogén anyag 25%, limonitosodott bakteriopiritok (6. kép).

7.: a minta vékonycsiszolatán világosan látszik a tipikus, sötétszürke durva biomikrites, Foraminiferákban, embrionális Brachiopodákban gazdag Nagyvisnyói Mészkeből az éles átmenet egy barnásszürke finomszemű üledékbe, melyben limonitosodott Foraminiferákon kívül más ősmaradvány nincs (7–9. kép).



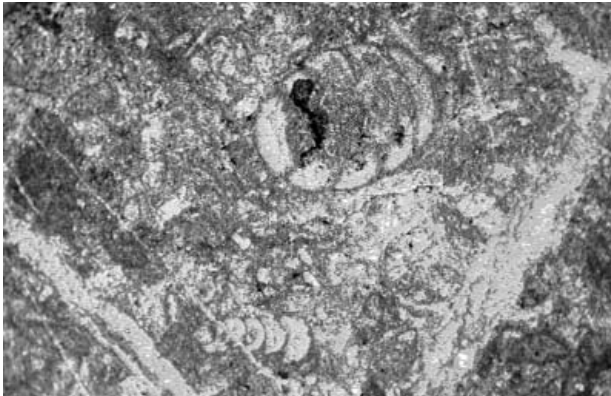
5. fotó. Kemesnye-hegy, 2. réteg 5. minta, sötétszürke mészkő, ostracodás, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI), *Earlandia dunningtoni* (ELLIOTT), Nagyvisnyói Mészkő F., 20×. (Alga-meghatározás: Piros Olga, MÁFI)

Photo 5. Dark grey, Upper Permian limestone with Ostracodes, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI) Det.: Olga Piros, *Earlandia dunningtoni* (ELLIOTT), (Kemesnye Hill 2/5 sample, Nagyvisnyó Limestone Formation)



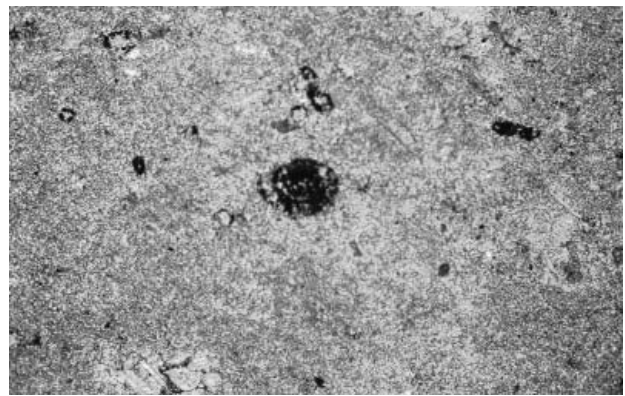
8. kép. Kemesnye-hegy, 3. réteg 7. minta, világossárgás márga, ostracodás-earlandiás mikrit, Határ márga, 40×

Photo 8. Light yellow boundary micritic marl with *Earlandia* sp. (Kemesnye Hill, Sample 3/7)



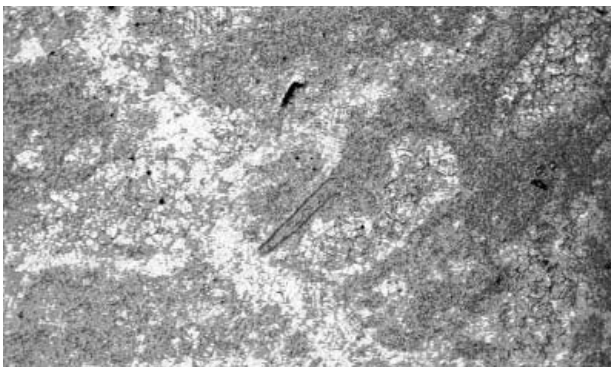
6. kép. Kemesnye-hegy, 2. réteg 6. minta, sötétszürke mészkő, foraminiferás-ostracodás biomikrit, *Nodosaria* sp., Nagyvisnyói Mészkő F., 20×

Photo 6. Dark grey Upper Permian limestone, Foraminifera-Ostracoda biomikrite, (Nagyvisnyó Limestone Formation, Kemesnye Hill, Sample 2./6.)



9. kép. Kemesnye-hegy, 3. réteg 7. minta, világossárgás márga, *Fusulinidae* sp. Határ márga, 100×

Photo 9. Light yellow boundary marl with *Fusulinidae* sp. (Kemesnye Hill, Sample 3/7)



7. kép. Kemesnye-hegy, 3. réteg 7. minta, világos sárgás márga, *Earlandia* cf. *deformis*, Határ márga, 20×

Photo 7. Light yellow boundary marl with *Earlandia* cf. *deformis* (Kemesnye Hill, Sample 3/7)



10. kép. Kemesnye-hegy, 4. réteg 8. minta, világos barnás-szürke mészkő, Ostracoda héjtöredékes biomikrit, Gerennavári Mészkő, 20×

Photo 10. Light brownish grey limestone (lowermost Triassic “transitional beds”) (Kemesnye Hill, Gerennavár Limestone, Sample 4/8)



11. kép. Kemesnye-hegy, 4. réteg 10. minta, világos szürkésbarna mészkő, *Earlandia dunningtoni* (ELLIOTT) Gerennavári Mészkő, 20×
Photo 11. Light greyish brown limestone (lowermost Triassic “transitional beds” (Kemesnye Hill, Gerennavár Limestone, Sample 4/10)



12. kép. Kemesnye-hegy, 4. réteg 11. minta, szürkés-fehéres finomsávós mészkő, *Earlandia* sp. Gerennavári Mészkő, átmeneti rétegek, 20×

Photo 12. Light greyish white limestone (lowermost Triassic “transitional beds” (Kemesnye Hill, Gerennavár Limestone, Sample 4/11)

8.: világos barnásszürke, biogén mészkő, benne a szürke mészkő apró törmelékei, limonitis, (bakteriopirit utáni) hullámos mikrorétegek, Brachiopoda-törmelék, *Earlandia*, kis Gastropoda (10. kép)

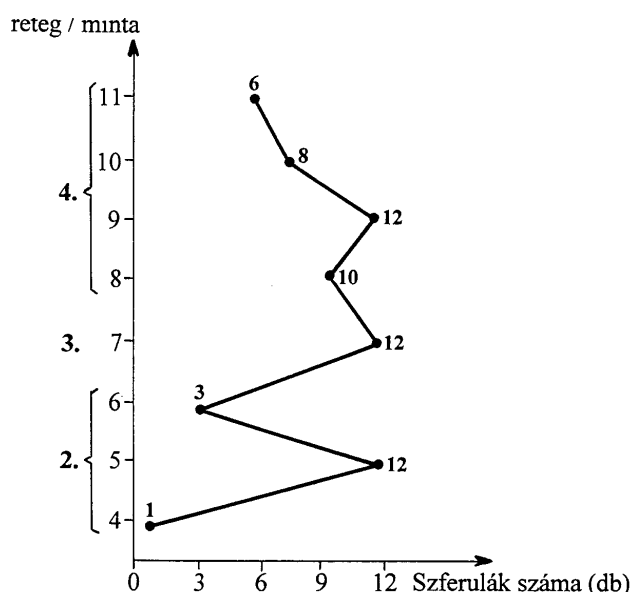
9.: világos szürkésbarna, finomszemű mészkő, csak *Earlandia*.

10.: világos szürkésbarna finomszemű mészkő, *Earlandia*, Asterozoa, Holothuroidea sclerit, ritmikus hullámos limonitis mikrosávok (11. kép).

11.: szürkés-fehéres finomsávós finomszemű mészkő, *Earlandia*, ritmikus, hullámos mikrosávok, kevesebb limonit (12. kép).

A szferula-vizsgálatok első eredményei:

A 10–80 mikron átmérőjű fekete, fényes magnetoszférulák rétegenkénti eloszlása (2. ábra) azt mutatja, hogy a szferulaesemény nem pillanatszerű, hanem egy rövidebb időszakot jellemző jelenség, vagy jelenségek következménye. A másodiktól a negyedik réteg közepéig, azaz a



2. ábra. Magnetoszférulák eloszlása a Kemesnye-hegy P/Tr határ szelvényében

Figure 2. Magnetospherules in the Kemesnye Hill P/Tr boundary section

4–11. minták közti mintegy 1,8 méteren belül kezdetben a szferulák számának éles kétszeri kiugrása, majd folyamatos lecsökkenése figyelhető meg.

Elemzési eredmények:

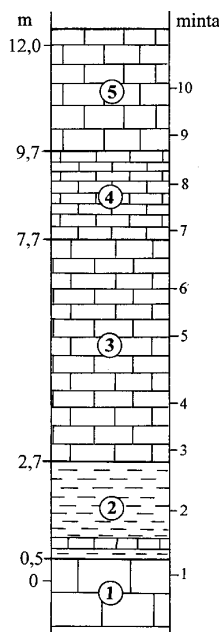
Mágneses szferulák elemi összetétele, Kemesnye-hegy (PIXE, Atomki, Debrecen):

Minta	8	11 (at%)	12	13
Mg	0,00	0,00	0,24	0,00
Al	5,28	0,08	1,96	5,90
Si	0,00	0,04	0,42	0,00
S	0,41	0,15	0,20	0,02
K	0,49	0,01	0,34	0,75
Ca	0,67	0,01	0,16	0,14
Ti	0,00	0,02	0,11	0,02
Cr	0,08	1,10	0,06	0,02
Mn	0,22	1,11	0,19	0,12
Fe	91,6	96,51	95,27	92,10

A szinte kizárólag vasból álló magnetoszférulák összetételük alapján megegyeznek a gerennavári és a bálványi P/Tr határon találtakal. Hasonlítanak a MIONO (1993, 1995, 1998) által leírt dél-kínai és Japán japán (Sasayama) P/Tr határon leírt nagy Fe- és némi Ni-tartalmúakhoz, melyeket a japán kutató intersztelláris eredetű kozmikus poroknak tart.

P/Tr határszelvény a Bálvány északi oldalához vezető dózerút elején

A fennsíki úttól a Bálvány északi oldalában lévő perm/triász határ alapszelvényhez vezető dózerút keleti végénél, még a Bán-völgyfő első keleti mellékvölgyét pre-



3. ábra. Új P/Tr rétegsor (Bálvány dél)
1. — Felső-perm mészkő, 2. — Határmárga,
3. — Átmeneti rétegek, 4. — Sztromatolitos
laminit, 5. — Alsó-triász mészkő

Figure 3. New P/Tr section from the
Bálvány Hill, South

Legend: 1 — Upper Permian limestone, 2 —
Boundary marl, 3 — Transitional beds, 4 —
Laminite with stromatolite, 5 — Lowermost
Triassic limestone

formáló vető bevágódásában levő éles kanyar előtt, a délnyugatra néző (145°) partfal meredek dőlésű (közel 80°-os) rétegsora föltárja a P/Tr határt. Első alkalommal a 12 méteres szelvényből (3. ábra) 10 mintát begyűjtve 5 réteget különítettünk el.

P/Tr határ rétegsora a bálványi dózerút elején:

Nagyvisnyói Mészkő

1. réteg (1. minta): 0,0–0,5 m — pados (15–20 cm) fekete, bitumenes, felső-perm mészkő Bryozoa, Brachiopoda, Echinodermata.

Határmárga:

2. réteg (2. minta): 0,5–2,7 m — elagyagosodott aleuritós márga, alsó részén 6 cm-es fekete mészkő lemez, limonitos Gastropoda.

Átmeneti rétegcsoport:

3. réteg (3–6. minta): 2,7–7,6 m — vékonylemezes, szürke, néhol barnásszürke mészkő, teteje finomsávós (sztromatolit), csillám, apró pirit kockák, Earlandia.

Gerennavári Mészkő:

4. réteg (7–8. minta): 7,6–9,6 m — szürkésbarna lemezes mészkő, finomsávós laminites sztromatolit

5. réteg (9–10. minta): 9,6–12 m — vastagpados szürke mészkő

A pados Nagyvisnyói Mészkőre 2,2 m vastag elagyagosodott sárgás-barnás márga települ, melynek legalsó 15 centiméterében még van egy-egy vékony fekete mészkő pad. Az átmeneti mészkőcsoportra emlékeztető vékonylemezes mészkő kezdetben még Ostracodákban gazdag, majd néhány mm-es sötétebb és világosabb rétegekből álló finomsávós mészkő jelenik meg, melyet barnásszürke mészkő követ. Ez 2–3 cm-es vékony lemezekre eső szürke mészkőbe megy át, mely újra barnás árnyalatot ölt, míg újból finomsávossá nem válik. A reá települő pados Gerennavári Mészkő alja is



13. kép. Stromatolitos átmeneti mészkő a bálványi szelvényből

Photo 13. Stromatolitic limestone (Bálvány section, “transitionalbeds”)

finomsávós. Mikroszkóp alatt a finomsávok sötétebb rétegeiben pirit-markazit-limonit apró gömbszerű szemcséi (bakteriopiritok átalakulási termékei?) figyelhetők meg (13. kép).

BALOGH (1991) erről a területről a finomsávós karbonátos laminitben vékony mikrit- és pátitlemezeket sztromatolit rétegekként említi. A sztromatolit telepek sokszor pionírként a korábban kipusztult sekélytengeri zátonyfáciesekben jelennek meg. Alsó-triász sztromatolit-telepeket említi SHUBERT et al. (1992) Nevadából.

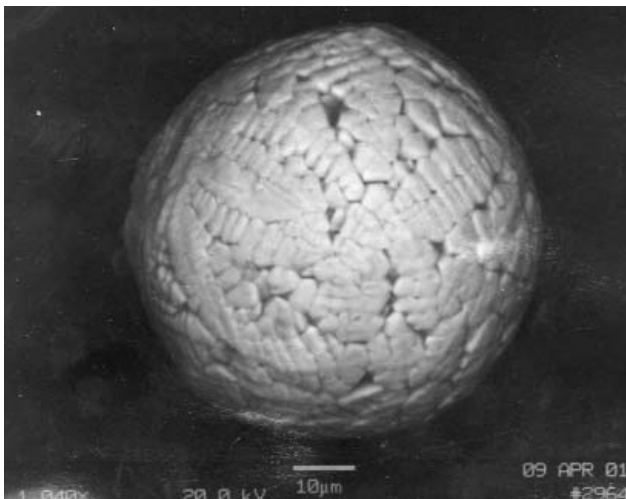
Elemzési eredmények:

5 db mágneses szferulaelemzési eredménye, Bálvány (PIXE, Atomki):

	B1	B2/1	B2/2 (at%)	B3/1	B3/2
Al	0,79	1,29	3,46	0,65	1,11
Si	0,86	1,56	3,23	—	—
K	0,18	0,3	0,27	0,24	0,21
Ca	—	0,28	0,45	—	—
Cr	0,07	0,06	0,08	0,07	0,16
Mn	0,56	0,46	0,48	0,6	1,11
Fe	97,54	96,05	92,04	98,43	94,42
Σ	100,00	100,00	100,01	99,99	100,01

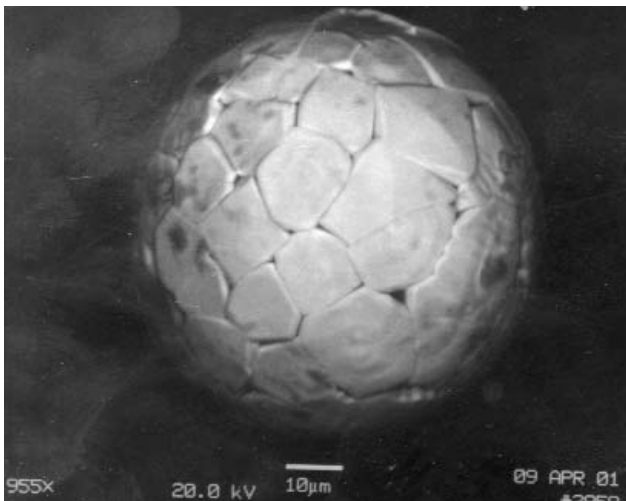
Az elemtérképek a 4. ábrán láthatók.

A Bálványról származó 15 db mágneses szferula elemzési eredményét az 1. táblázat tartalmazza.



16. kép. Mágneses szferula, bálványi szelvény (fotó: Gálné Soly mos Kamilla, ELTE, Budapest)

Photo 16. Magnetic spherula (Bálvány, P/Tr section), (Photo: Gálné Soly mos Kamilla)



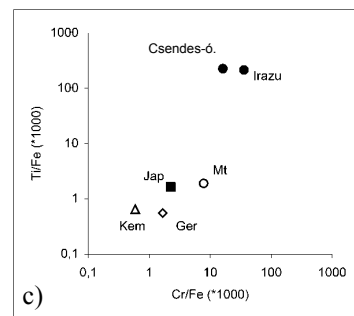
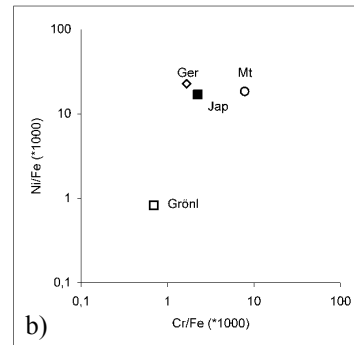
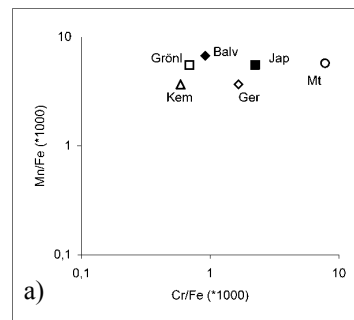
17. kép. Mágneses szferula, bálványi szelvény (fotó: Gálné Soly mos Kamilla, ELTE, Budapest)

Photo 17. Magnetic spherula (Bálvány, P/Tr section), (Photo: Gálné Soly mos Kamilla)

A bálványi szelvény mikroszferuláinak scanning elektronmikroszkópos képeit a 14–17. fotók mutatják.

Elemösszetétel-vizsgálatok összehasonlítása

A NASA Koszmos Por Katalógusa (1982, 1991, 1992, 1994) is említi a bükki perm-triász magnetoszferulákhoz hasonló, kizárólag vastartalmú mikroszferulákat. „C?” azaz „valószínűleg kozmikus eredetű” (1982. szeptemberi gyűjtésből a 3/1 kötetben, U2001-es gyűjtőzászló, D10 szferula, 1991. júniusi gyűjtésből a 12. kötetben, L2006-os gyűjtőzászló, L9 szferula, 1992. szeptemberi gyűjtésből a 13. kötetben, L2005-ös gyűjtőzászló, AD6 szferula és



5. a, b, c ábra. A különböző helyszínekről gyűjtött eltérő genetikájú szferulacsoportok elemarányai

Ger = Gerennavár, kozmikus; Kem = Kemesnye-hegy, kozmikus; Bálv = Bálvány, kozmikus; Mt = mélytengeri, kozmikus; Jap = Japán, kozmikus; Grönl = Grönland, kozmikus; Csentes-ó. = Csentes-óceán, vulkáni; Irazú = Irazú, vulkáni

Figure 5 a, b, c. Element ratios of different spherule occurrences
Ger = Gerennavár, cosmic; Kem = Kemesnye-hegy, cosmic; Bálv = Bálvány, cosmic; Mt = DSDP, cosmic; Jap = Japan, P/Tr cosmic; Grönl = Grönland, cosmic; Csentes-ó. = Pacific Ocean, volcanic; Irazú = Irazú, volcanic magnetosferules)

1994. júniusi gyűjtésből a 15. kötetben, L2021-es gyűjtőzászló, B13 szferula) meghatározással.

A bükki perm-triász határ magnetoszferuláinak Cr/Fe, Mn/Fe, Ti/Fe, Ni/Fe elemarányait összehasonlítottuk a MIONO (1993, 1995, 1998) által a Japán perm-triász határon találtakkal, valamint a GORESY (1968) által vizsgált, grönlandi jégből származókkal és a BROWNLEE et al. (1997) által elemzett mélytengeri kozmikus szferulákkal, valamint a WRIGHT et al. (1965) által vizsgált vulkáni eredetű magnetoszferulákkal.

A Cr/Fe vs Mn/Fe diagramban mindhárom (Gerenna-vár, Bálvány, Kemesnye) bükki P/Tr határon talált magnetoszferulák a japán P/Tr magnetoszferulákkal, a grönlandi jégben talált és a mélytengeri

kozmosz szferulákkal is megegyező tartományba esnek (5. ábra, a).

A Cr/Fe vs Ti/Fe diagramban úgy a bükki (Gerennavár, Kemesnye), mint a japán P/Tr és a mélytengeri magnetoszférulák határozottan elkülönülnek a WRIGHT et al. (1965) által vizsgált vulkáni eredetű magnetoszféruláktól (5. ábra, b).

A Cr/Fe vs Ni/Fe diagramban a gerennavári és a japán P/Tr magnetoszférulák egy tartományba esnek a mélytengeri kozmosz eredetű szferulákkal és elkülönülnek a grönlandi szferuláktól (5. ábra, c).

A P/Tr kipisztulási folyamat nyomai és feltételezhető okai

A bemutatott három lelőhely jól reprezentálja a perm/triász határon bekövetkezett kihalási eseményt. A biofácies szukcesszió megegyezik a világ minden ismert P/Tr szelvényének kihalási sorrendjével: először a plankton és szesszilis bentosz lények tűnnek el, esetünkben a Brachiopodák, Bryozoák és Crinoideák, majd a felsőbb, átmeneti rétegekben elsősorban nektonikus lények találhatók, mint egyes Foraminiferák, (*Earlandia* genus) képviselői. Ez a szint párhuzamosítható a részletesebben vizsgált bálványi és gerennavári alapszelvényekkel, ahonnan gazdag Conodonta-fauna is ismert (H. JP. SCHÖNLAUB és R. J. AZMI szóbeli közlése).

A szingenetikus gipszek a felső felső-permben a tenger regressziójával is járó fölmelegedésre utalnak. A sekélytengeri zátonyfáciesek pusztulása már ekkor megkezdődött, a jelentkező piritesedés és bakteriopiritok fenék-anoxiára utalnak. A fölmelegedés mérgező algák burjánzását is előidézhette és fölborította a hosszú ideig stagnáló (HOTINSKI et al. 2001) óceáni áramlások rendszerét, mely további tengeri ökoszisztémák pusztulását okozta az áramlások hatására kiterjedő anoxikus víztömegek hatására. A határmárgák nagy mennyiségű terrigén anyag beszállításáról árulkodnak, melyek egyre inkább elfojtották a még életképes zátonyokat. Számos P/Tr határszelvényben elsősorban a határagyagoknál, kiterjedt erózióra utaló kis üledékhány is valószínű. A gombák elszaporodásával is jellemzett „Tesero Horizont”-hoz kapcsolható lilásvörös határagyag ezekben a szelvényekben hiányzik, de a határmárgák és különösen a fölöttük települő átmeneti rétegcsoport igen gazdag bakteriopiritokban. Az igen lassan újból erőre kapó alsó-triász életet már a sztromatolit-szőnyegek megjelenése jelzi.

5–20 μ átmérőjű, szinte kizárólag Fe, vagy kevés Ni-tartalmú szferulákat a NASA kozmosz por katalógusa „C” vagy „C3” (kozmosz) eredetűnek határozta. Számítások szerint ez a mérettartomány képződik a Fe, Fe–Ni-tartalmú kozmosz pornak a légkörbe lépésekor.

Kozmosz eredetű Fe és Fe–Ni szferulák megjelenése, eloszlása és csökkenése a rétegekben a bálványi és a

gerennavári alapszelvényekkel megegyezően minden kétséget kizáróan egybeesik a legfelső-perm élővilágának összeomlásával.

A normál háttérnél nagyobb mennyiségű kozmosz por eredetűre a földi üledékekben többféle magyarázat is lehetséges:

1. Nagyobb becsapódó aszteroidából a K/T határon történt kihaláshoz hasonlóan (melynél az impaktort kondritos összetételűnek rekonstruálták). Eddig a P/Tr határan csak a 243–245 millió évesnek becsült braziliai 40 km átmérőjű Araguinha impakt kráter (HAMMERSCHMIDT et al. 1995) ismert, melynek viszonylag kis mérete miatt csak lokális, vagy kisebb regionális hatása lehetett. Impakt eredetű anyagok (sokkolt ásványok, mikrotektit stb.) az eddig vizsgált P/Tr szelvényekből nem kerültek elő, így nagyméretű, globális hatású impakt esemény valószínűsége kicsi.

2. Nagyobb mennyiségű kozmosz por behullásra (pl. a Naprendszer oszcilláló mozgása a Tejútrendszer síkjára merőlegesen (l. Shiva hipotézis, RAMPINO et al. 1998) inkább gondolhatunk.

3. Bekerülhet nagymennyiségű kozmosz por akkor is, ha egy „közele” szupernovarobbanás lökéshulláma „fújja be” az anyagot, mely a neutrino, UV, röntgen- és gamma-sugárzással együtt valóban hatalmas krízist okozhatott (DETRE et al. 1999, 2000).

4. Felmerülhet még a „Tunguz-esemény”-hez hasonló, de annál jóval nagyobb méretű hatássorozat is, azaz a felszín fölött több km magasságban szétrobbanó kozmosz porral kevert jégtömeg („piszkos hógolyó” — az angol nyelvű irodalomban), mely nem képez krátert.

Feltételezhetően a riftesedés (SCHOFF 1974) és a szibériai trapp-bazalt együttes hatását még egy eddig ismeretlen extraterresztrikus esemény is fokozhatta, növelve ezzel a P/Tr kihalás mértékét. Magyarország abban a kitüntetett helyzetben van, hogy számos olyan P/Tr határszelvénye van (HAAS et al. 1986) melyek teljes joggal felsorakozhatnak az alpi, iráni, kínai stb. perm/triász szelvények mellé, a közeljövőben remélhető izotóp- és paleomágneses vizsgálatokkal is kiegészítve.

Ezzel a dolgozatunkkal a perm végi nagy kihalást kiváltó hatások elemzéséhez és a hazai felső-permet és P/Tr határt célzó kutatásokhoz kívánunk hozzájárulni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Magyar Űrkutatási Irodának a TP 168 tematikus program, az OTKA-nak a T 25461 sz. téma, valamint a TECOS (Terrestrial and Cosmic Spheres) nemzetközi tudományos szervezet támogatásáért.

Ezúton is szeretnénk kifejezni köszönetünket Földvári Mária (MÁFI) DTA, Kovács-Pálffy Péter (MÁFI) RTG, és Zajzon Norbert (ELTE) EPMA vizsgálataiért és nélkülözhetetlen közreműködéséért.

Irodalom

- BALOGH K. 1991: *Szedimentológia II.* — Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BÉRCZINÉ MAKK A. 1987: Észak-Magyarországi Earlandia (Foraminifera) fajok a Perm-Triász határról. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1985. évről*, pp. 215–226.
- BRADLEY, R. T., KRAUSE, F. F. 1994: Thinolite-type pseudomorphs after ikaite: Indicators of cold water on the subequatorial western margin of Lower Carboniferous North America. — *Pangea. Global Environments and Resources, Canadian Society of Petroleum Geologists. Memoir 17*, pp. 333–344.
- BROWNEE, D. E., BATES, B., SCHRAMM, I. 1997: The elemental composition of stony cosmic spherules. — *Meteoritics and Planetary Science 32*, pp. 157–175.
- DETRE CS. H., TÓTH I., BÉRCZI SZ., DON GY., DOSZTÁLY L., SIEGL-FARKAS Á., SOLT P. 1997: The comparison of P/Tr and K/T boundaries on the basis of cosmic spherules found in Hungary. — *Lunar Planetary Science Conference, 26, II, Abstracts*, Part 1, pp. 297–298.
- DETRE CS. H., TÓTH, I., DON, GY., KISS, Á., UZONYI, I., BODÓ, P., SCHLÉDER, ZS. 1999: The Permo-Triassic supernova event. — *Antarctic Meteorites 24*, pp. 15–17.
- DETRE CS. H., TÓTH, I., DON, GY., KISS, Á., UZONYI, I., BODÓ, P., SCHLÉDER, ZS. 2000: The Paleozoic came to end by the biggest train of disasters known in the Earth's history. — *Proceedings of the 1998 Annual Meeting TECOS, Akadémiai Kiadó, Budapest*, pp. 45–56.
- DETRE CS. H., DON GY., DOSZTÁLY L., GÁL-SÓLYMOS K., SIEGL-FARKAS Á., SOLT P., VICZIÁN I. 2002: A hazai sferula-kutatások eddig elért eredményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1997–1998. évről*, pp. 183–210.
- FÜLÖP J. 1990: *Magyarország geológiája. Paleozoikum I.* — MÁFI kiadvány, Budapest.
- FÜLÖP J. 1994: *Magyarország geológiája. Paleozoikum II.* — Akadémiai Kiadó, Budapest.
- GORESY, A. E. 1968: Electron Microprobe Analysis and Ore Microscopic Study of Magnetic Spherules and Grains Collected from the Greenland Ice. — *Contributions Mineralogy and Petrology 17*, pp. 331–346.
- HAAS J., GÓCZÁN F., ORAVECZNÉ SCHEFFER A., BARABÁS-STUHL Á., MAJOROS GY., BÉRCZINÉ MAKK A. 1986: Permian-Triassic Boundary in Hungary. — *Mem. Soc. Geol. Ital.* 34, pp. 221–241.
- HAMMERSCHMIDT, K., VON ENGELHARDT, W. 1995: $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ dating of the Araguinha impact structure, Mato Grosso, Brasil. — *Meteoritics 30*, pp. 227–233.
- HOTINSKI, R. M., BICE, K. L., KUMP, L. R., NAJJAR, R. G., ARTHUR, M. A. 2001: Ocean stagnation and end-Permian anoxia. — *Geology* 2001 jan., pp. 7–10.
- KONRÁD GY. 1997: Délkelet-Dunántúl alsó- és középső-triász szedimentológia. — Kandidátusi Értekezés.
- KOZUR, H. 1986: Biostratigraphic evaluation of the Upper Paleozoic Conodonts, Ostracods and Holothurian sclerites of the Bükk Mts. part II. Upper Paleozoic Ostracods. — *Acta Geologica Hungarica 28 (3–4.)*, pp. 225–256.
- MÁDAI F. 1995: A bükki mészkövek szöveti fejlődése a nyomási ikresedés vizsgálatára alapján. — *Miskolci Egyetem Közleményei, A sorozat, Bányászat 50 (Jubileumi Konferencia)* pp. 201–212.
- MIONO, S. (ed.) 1993: Origin of microspherules in Paleozoic-Mesozoic bedded chert estimated by PIXE analysis. — *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 75*, pp. 435–439. Elsevier.
- MIONO, S. 1995: Origin of Microspherules in Paleozoic-Mesozoic Bedded Chert as Estimated from its Morphology. — *Il Nuovo Cimento 18 (1)*, pp. 9–13.
- MIONO, S. (ed.) 1998: A study of microspherules around Permo-Triassic boundary at Wanmo section, Guizhou province, South China. — *IGCP-384 Annual Meeting, Budapest*, pp. 66–69.
- NASA, Cosmic Dust Catalog (vol. 3/1. sept. 1982, vol. 12. jun. 1991, vol. 13. sept. 1992).
- NOÉ, S., BUGGISH, W. 1994: Sequence Stratigraphy in Late Permian and Lowest Triassic of the Southern Alps (Dolomites, Northern Italy) with Special Regard to the Permian / Triassic Boundary. — *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 137 (2)*, pp. 297–318.
- RAMPINO, M. R., HAGGERTY, B. M. 1996: The Shiva Hypothesis: Impacts, mass extinctions and the Galaxy. — *Earth, Moon and Planets 72*, pp. 441–460, Kluwer Academic Publishers.
- SCHOFF T. J. M. 1974: Permo-Triassic Extinctions: Relations to the Sea-Floor Spreading — *The Journal of Geology 82 (2)*, pp. 129–143.
- SCHUBERT, J. K., BOTTJER, D. J. 1992: Early Triassic stromatolites as post-mass extinction disaster forms. — *Geology*. 20, pp. 883–886.
- SIDÓ M., ZALÁNYI B., SCHRÉTER Z. 1974: *Neue Paleontologische Ergebnisse aus dem Oberpaleozoikum des Bükkgebirges* — Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SMITH, R. M. H. 1990: Alluvial paleosols and pedofacies sequences in the Permian Lower Beaufort of the Southwestern Karoo Basin, South Africa. — *Journal of Sedimentary and Petrology 60 (2)*, pp. 258–276.
- STANLEY, S. M. 1998: Paleozoic mass extinctions showed patterns suggest global cooling as a common cause. — *American Journal of Science 288*, pp. 334–352.
- SWAINSON, I. P., HAMMOND, R. P. 2001: Ikaite, $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: Cold comfort for glendonites as paleothermometers. — *American Mineralogist 86*, pp. 1530–1533.
- SWENNEN (ed.) 1981: Lower Carboniferous gypsum pseudomorph occurrence from the Vesder Region. — *Bull. Soc. Belg. Geol.* 90 (3), pp. 231–247.
- SZŐÖR GY., ELEKES Z., RÓZSA P., UZONYI I., SIMULÁK J., KISS Á. Z. 2001: Magnetic spherules: Cosmic dust or markers of a meteorite impact? — *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 181*, pp. 557–562.
- WRIGHT, F. W., HODGE, P. W. 1965: Studies of particles for extraterrestrial origin. 4. Microscopic spherules from recent volcanic eruptions — *J. Geophys. Res.* 70, pp. 3889–3898.

Petrology of the Mórógy Granite (SW Hungary) based on the Bátaapáti (Üveghuta) boreholes

*A mórógyi gránitkőzetek petrológiája
Bátaapáti környéki fúrások vizsgálata alapján*

VLADIMIR ALEXANDROVICH UTENKOV¹

With foreword and epilogue by ZOLTÁN BALLA², and ENIKŐ SALLAY²

¹ Moscow State Geological Prospecting Academy, 23 Miklukho-Maklai str., Moscow, 177873 Russia

² Geological Institute of Hungary, H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

Keywords: Hungary, crystallisation, edenite, Mecsek Mts, microcline, monzogranite, paragenesis, phenocrysts, plagioclase, P–T conditions

Tárgyszavak: Dunántúl, edenit, fenokristályok, kristályosodás, Magyarország, Mecsek hg., mikroklin, monzogranit, paragenesis, plagioklász, P–T viszonyok

Abstract

Studying of the Mórógy granitoids started almost 130 years ago. In spite of this, the conditions and the process of the crystallisation have not been clarified in details. Investigations performed revealed that the large crystals of microcline which had been regarded for a long time to be of metasomatic origin had been formed in the last stage of the crystallisation of a magmatic melt.

Basic composition of the plagioclase reflects high Ca-content of the melt that is a common peculiarity of the monzonitic series which the rocks studied — mainly *monzogranites* — belong to. Pyroxene common in monzonites is replaced by amphibole, biotite is also present. Two water-bearing aluminosilicates in the rock show that the partial pressure of the water was high during the crystallisation of the melt. Probably, the presence of large microcline crystals is also explainable in terms of high water content.

In harmony with above statements, mineral equilibria have been analysed using results of classical experiments at $P_{H_2O} = 5$ kbar. For that case, on the basis of the position of marker points, including those for eutectic compositions, a sequence of following mineral parageneses have been established: plagioclase An45 (+ coloured and accessory minerals which started crystallisation earlier and are transient), quartz–plagioclase, plagioclase–K-feldspar, albite–K-feldspar and quartz–K-feldspar along with the decrease of the temperature from ≥ 850 to 700 °C. The phase rule was widely applied.

During the crystallisation of the *ground mass* along with the decrease of the temperature plagioclase reacted with the melt and suffered de-calcification up to An30. SiO_2 not consumed in the de-calcification crystallised as quartz. In the course of the de-calcification of plagioclase the Ca partially is separated in apatite, but the rest of Ca passes into the fluid which was separated from the melt at the final crystallisation. This Ca precipitates as calcite.

Growing of the *K-feldspar phenocrysts* starts at 760 °C. Within the phenocrysts andesine is incongruently replaced by

Összefoglalás

A mórógyi gránitkőzetek tanulmányozása csaknem 130 éve kezdődött, ennek ellenére kevésbé tisztázódtak a kristályosodás körülményei és menete. A lefolytatott vizsgálatok nyomán megállapítást nyert, hogy a nagyméretű mikroklinkiválások, amelyeket hosszú időn át metasomatikus eredetűnek tekintettek, a magmás olvadék kristályosodásának utolsó szakaszában keletkeztek.

A plagioklász bázisossága az olvadék nagy mésztartalmát tükrözi, ami közös tulajdonsága azoknak a monzonitos sorozatoknak, amelyekhez a tanulmányozott kőzetek — főleg monzogranitok — tartoznak. A monzonitokban szokásos piroxén helyettesítése amfibóllal biotit jelenlétében, azaz két víztartalmú alumoszilikát létezése a kőzetben arra mutat, hogy az olvadék kristályosodása során igen nagy volt a vízgőz nyomása. Valószínűleg az olvadék nagy víztartalma magyarázza a nagyméretű mikroklin-fenokristályok jelenlétét is.

A mondottakkal összhangban az ásványegyensúlyokat a $P_{H_2O} = 5$ kbar nyomáson lefolytatott klasszikus kísérletek eredményeinek felhasználásával elemeztük. A nagy és állandó P_{H_2O} esetére az egyensúlyi markerpontok alapján, köztük az eutektikusokkal is, a következő ásványparagenézisek váltását állapítottuk meg: An45 plagioklász (+ színes és járulékos ásványok, amelyek kiválása korábban kezdődött, és amelyek átfutóak), kvarc-plagioklász, plagioklász-káliföldpát, albit-káliföldpát, kvarc-káliföldpát a hőmérséklet egyidejű ≥ 850 -ról 700 °C-ra csökkenése során. Széleskörűen használtuk a fázisszabályt.

Az alapanyag kristályosodása folyamán a hőmérséklet csökkenésével a plagioklász az olvadékkal kölcsönhatásba lépve egészen An30-ig deanortitosodik. A deanortitosodásra el nem használt SiO_2 kvarc formájában kristályosodik. A plagioklász deanortitosodása során a Ca egy része apatit formájában válik ki, de a Ca maradéka átmeleg a fluidumfázisba, amely az olvadéktól a végleges kristályosodás során szakad el. Ez a Ca calcit formájában válik ki.

A káliföldpát-fenokristályok növekedése 760 °C-on kezdődik. A fenokristályokon belül az andezint inkongruens módon káliföldpát helyettesíti, s ennek következtében plagioklász-

phenocrysts. This results in plagioclase–K-feldspar equilibria at variable (up to albite) composition of the plagioclase. Quartz, biotite, amphibole, titanite and zircon inclusions are growing. This shows that they separate out synchronously with the host K-feldspar. As the temperature approaches 700 °C, monzonitic texture arises in the ground mass. Further decrease of the temperature results in partial de-calcification (up to An26-27) of the plagioclase. Microcline cross-hatch twinning was generated during the subsequent metamorphism.

Sub-alkaline quartz diorites (with less K-feldspar than in monzogranites) and *monzonites* (with more K-feldspar) are characterised by separating out of Ca in form of abundant apatite and by absence of calcite among the post-magmatic minerals. In accordance with well-known petrological concepts, Ca remains in the melt if CO₂ content of the latter is sufficiently high. This can be promoted by increasing of P_{H₂O}. Apatite in sub-alkaline quartz diorites is connected with plagioclase, in monzonites, to K-feldspar as well. This is probably due to the increase of the CO₂-content during the crystallisation of the sub-alkaline quartz diorites occurred earlier, whereas in the case of monzonites, later.

Composition of *leucocratic monzogranites* approaches that of granites. Their crystallisation started with quartz-plagioclase eutectic, *i.e.* at lower temperature, then, it continued as in monzogranites. Significant change in composition of the melt could happen due to the decrease in CO₂-content prior to the crystallisation. As a consequence, the melt has been influenced by the in-equilibrium increase of the P_{H₂O}. It was concluded on the basis of experimental data, that reaction with an acid fluid at decreasing temperature results in the melt becomes less abundant in Ca, Mg and Fe, and this can explain the leucocratic composition. Since the melt is over-saturated by SiO₂, during the incongruent replacement of the plagioclase by K-feldspar Ca passes not to the melt but to the fluid, and separates out as calcite in post-magmatic stage.

Along with the in-equilibrium increase of the P_{H₂O} and the decrease of the temperature the residual melt suffers acid leaching due to the increase of the acid aggressiveness of the fluid. Leucocratic rocks — aplite and pegmatoid — separate out from the melt, and in them sharp decrease of P_{H₂O} results in quartz-K-feldspar micropegmatite.

Post-magmatic alterations of the monzogranites accompany regular changes in acidity and alkalinity of the fluid. At the same time, in aplites, pegmatoids and leucocratic monzogranites the post-magmatic alterations have been shifted from the very beginning and accompanied by aggressive reaction between the fluid and melt or fluid and solid phase.

Foreword

There are three main types of the Mórágý granitoids: porphyritic host rocks, melanocratic enclaves and leucocratic dikes. These were distinguished by BUDA (1974) [“porphyroblastic granodiorite with white and pink microcline”, “metabasite (mainly amphibolite enclaves)”, as well as “aplite or pegmatite (dykes or nests)”]. Identity of these rocks was already established by ROTH (1875) (“porphyritic granite” and “schistose gneissic granite”, “mafic dyke rocks” and “aplite”). During the first micro-

káliföldpát egyensúlyok állnak be a plagioklász albitig változó összetétele mellett. A kvarc-, biotit-, amfibol-, titanit- és cirkonzárványok megnövekednek, ami arra mutat, hogy az olvadékból a befogadó káliföldpáttal egyidejűleg váltak ki. Ahogy a hőmérséklet 700 °C-hoz közelít, az alapanyagban monzonitos szövet jön létre. A hőmérséklet további csökkenése a plagioklász részleges, An26-27 összetételű eredményező deanortitosodására vezet. A mikroklínács késői dinamometamorfozisz következménye.

A szubalkáli kvarcdioritokra (a monzogranitokhoz képest kevesebb káliföldpáttal) és monzonitokra (több káliföldpáttal) jellemző a Ca kiválása dús apatit formájában és ugyanakkor kalcit hiánya az utómagmás ásványtársaságban. Közismert petrológiai felfogások szerint a Ca olvadékban maradását az olvadék jelentős CO₂-tartalma magyarázhatja, amit elősegít a P_{H₂O} megnövekedése. A szubalkáli kvarcdioritokban az apatit plagioklászhoz, a monzonitokban emellett káliföldpáthoz is kötődik. Ez valószínűleg annak a következménye, hogy az olvadék CO₂-tartalma a szubalkáli kvarcdioritok kristályosodása alatt korán, a monzonitok esetében viszont később növekedett meg.

A leukokrata monzogranitok összetételüket tekintve a gránitokhoz közelítenek. Kristályosodásuk során elsőként kvarc-plagioklász eutektikum válik ki, azaz a kristályosodás alacsonyabb hőmérsékleten kezdődött, majd ugyanúgy folytatódott, mint a monzogranitokban. Az olvadék összetétele jelentősen megváltozhatott amiatt, hogy a szénsavtartalom még a kristályosodás kezdete előtt lecsökkent. Ennek eredményeképpen az olvadék egyenlőtlenül megnövekedett P_{H₂O} hatása alá került. Kísérleti adatok fényében a savas fluidummal fellépő kölcsönhatás a hőmérséklet csökkenésével arra vezet, hogy az olvadék szegényebb lesz Ca-ban, Mg-ben és Fe-ben, ami magyarázatot szolgáltat a leukokrata összetételre. Mivel az olvadék túltelített SiO₂-vel, a plagioklász káliföldpáttal történő inkongruens helyettesítése során a Ca nem az olvadékba, hanem a fluidumfázisba megy át, és az utómagmás szakaszban kalcitként válik ki.

A P_{H₂O} egyenlően megnövekedése során a kristályosodási hőmérséklet csökkenésével együtt a maradékolvadék savanyú kilúgozására kerül sor annak következtében, hogy megerősödik a fluidum savas agresszivitása. Az olvadékból leukokrata közetek — aplitok és pegmatoidok — kristályosodnak, amelyekben a P_{H₂O} hirtelen lecsökkenése miatt kvarc-káliföldpátos mikropegmatit keletkezik.

A monzogranitok utómagmás elváltozásai a savasság és lúgosság törvényszerű változását kísérik, míg az aplitokban, pegmatoidokban és leukokrata monzogranitokban ezek kezdetől fogva eltolódtak, és a fluidum és olvadék vagy a fluidum és szilárd fázis agresszív kölcsönhatásával jártak.

scopic and chemical study of the Mórágý granite PAPP and REICHERT (1929) described diorite, syenite and granite. By more detailed study PAPP (1952) revealed presence of much more rock types, of them amphibole- and biotite-bearing granite and granodiorite probably represent host rocks, amphibole syenite, minette and kersantite, perhaps, the melanocratic enclaves, and granite aplite, possibly, the leucocratic dykes. He also stated that the rocks are transitional towards the alkaline rocks. Much later BUDA (1985) revealed that the Mórágý rocks are of monzonitic type. Half a century ago JANTSKY (1953) pointed out that gran-

ite suffered dynamometamorphism, as well as cataclastic and mylonitic deformation, and bears schistosity running at 60–240°.

Scientists mentioned declared or implicitly accepted that Mórággy granite had been originated from intruding magma. SZÁDECZKY-KARDOSS (1959) brought a sharp turn in views when supposed that “the granite body is composed by not magmatic but migmatic rocks of metasomatic origin”. This idea fundamentally changed views of Hungarian scientists.

Since VADÁSZ (1914) the **age** of granite is thought to be pre-Permian, since VADÁSZ (1935), more correctly Variscan (TELEKI 1941, VADÁSZ 1953). In relation to the anatectic (“migmatic”, “metasomatic”) origin of the granites older than Variscan, *viz.* Caledonian (CSALOGOVITS 1964), or even pre-Cambrian (SZEPESHÁZY 1966, 1967, 1973; JANTSKY 1975, 1979) age was postulated as well. Most of scientists, however, even after the conceptual change believed in Variscan age (VADÁSZ 1960, WEIN 1967, SZÁDECZKY-KARDOSS 1967, GHANEM and RAVASZ-BARANYAI 1969, SZÁDECZKY-KARDOSS 1969, BUDA 1985, 1990, 1994, BUDA and NAGY 1995, BUDA *et al* 1999, 2000). K–Ar ages (since BALOGH *et al* 1983) seem to support the Variscan age.

In the decade after SZÁDECZKY-KARDOSS (1959) the concept on the anatectic-metasomatic origin of the granite determined the way of thinking of Hungarian scientists (WEIN 1967, SZÁDECZKY-KARDOSS 1967, FÖLDVÁRI-VOGL and BÖJTÖS-VARRÓK 1968). Later on, however, SZÁDECZKY-KARDOSS (1969) explained migmatitisation by injection-metamorphic effect of intruding granite. This was a significant change as compared to his original view, according to which granite are products of and not reason for the migmatitisation.

In spite of this, **mineralogical-petrographical properties** of the granite were described based on the postulate of anatectic-metasomatic origin by GHANEM and RAVASZ-BARANYAI (1969), SZEDERKÉNYI (1974, 1975, 1985), JANTSKY (1975, 1979) and BUDA (1968, 1969, 1972, 1974, 1975, 1981a, 1981b, 1990, 1994, 1995; BUDA and NAGY 1995; BUDA *et al* 1985). A significant aspect of this view was that granite is approximately synchronous with the rocks in its surroundings, that is why no serious attention was paid to metamorphic phenomena in granite mentioned by ROTH (1875) and described by JANTSKY (1953). JANTSKY (1979) regarded this metamorphism as retrograde, and cataclase and mylonitisation, ad even younger (post-Early Jurassic).

According to BUDA (1972, 1975) granitisation took place at a temperature about 450 °C. Due to later increase of the temperature K-feldspar of the ground mass was partially mobilised, this way the Mórággy rocks became granitic in their composition. The releasing K, Si, Al generated metasomatic K-feldspar separations and granite aplite (see below).

At first, metasomatic origin of the **K-feldspar** (formerly “porphyritic”) was regarded as an important element of the anatectic-metasomatic origin. BUDA (1994) distin-

guished two K-feldspar generations: a medium-ordered in the ground mass and a highly-ordered in porphyroblasts. In his opinion, K-feldspar of the ground mass only crystallised from the anatectic melt whereas porphyroblasts originated from later K-metasomatism. Based on the investigations of the order in feldspars HÁDEN (1997) also concluded that temperature of the crystallisation of large K-feldspar was about 500–550 °C, *i. e.* these separations are of metasomatic origin. This resulted in the most important component of the anatectic-metasomatic origin postulated by SZÁDECZKY-KARDOSS (1959) — the *in situ* melting (of course, granite melts in general can hardly be produced by another process, but crystallisation can taken place in different distances from here) — in essence became no more stable. As a consequence, works in last several years (BUDA 1996, 1998, 1999, BUDA and DITRÓI-PUSKÁS 1997; BUDA *et al* 1999, 2000) do not accent on the melting in the same volume.

Concerning the course of the crystallisation of granite BUDA (1981a) expressed opinion that differentiation and relatively high P_{H_2O} played significant role in it, but later on he (BUDA 1985) rejected differentiation and regarded it to contradict the anatectic-metasomatic origin, but kept the idea the melt was rich in volatiles. He thought that at low temperature biotite and ilmenite crystallised first, this was followed by crystallisation of leucocratic components. The cooling was slow, the feldspars became ordered.

The anatectic-metasomatic origin concerns host rocks. In frame of this concept **melanocratic enclaves** are simplest to regard as fragments of the original rocks mass preserved in solid state after the partial melting, *i. e.* as paleosome of migmatites (BUDA 1974, JANTSKY 1975, 1979). These enclaves were identified as mafic rocks (BUDA 1974), and, as a consequence, host granites and rocks of the enclaves were regarded to be of different origin (BUDA *et al* 1985). This seemed to be supported by the fact that the REE content is high in granites and low in enclaves (BUDA 1990).

Most of the enclaves are not mafic but intermediate (syenite, monzonite, diorite, see BUDA 1996, 1998, 1999), although titanite, chromite, ferrodiopside, zonal plagioclase of labradorite (An60) composition, Mg-rich actinolitic hornblende and Mg-biotite, as well as the δD and $\delta^{18}O$ values point to the origin from mafic magma. Enclaves also bear schistosity (JANTSKY 1979), actinolite or actinolitic hornblende composition of the amphibole in them shows post-magmatic or metamorphic alteration (BUDA 1995).

Some years ago the idea appeared that the enclaves are of mafic composition, but the two rock types — host rocks and rocks of the enclaves — are products of two synchronously existing and crystallising melts (BUDA 1999, BUDA *et al* 1999, 2000). This eliminated the main argument in favour of the *in situ* anatectic-metasomatic origin of the host granite, *viz.* presence of strongly metamorphic rocks which remained in solid state during the partial melting.

The **leucocratic dykes** which form the third component of the Mórógy granite body always were regarded as product of intruded magmatic melt. BUDA (1968, 1972, 1974, 1975) combined this fact with the anatectic-metasomatic origin and regarded dykes as low-temperature (<450 °C) products of the K-metasomatism which followed mobilisation of the K from granodiorite (see above). Later on BUDA (1990) postulated origin of the same dykes from residual melt, in last several years he (BUDA 1996, 1998, 1999, BUDA *et al* 1999, 2000) thinks the dykes have independent origin and crystallised in harmony with the normal differentiation trend.

In the course of the geological drilling exploration at defining the final disposal site of low- and intermediate-level radioactive waste from nuclear power plant it was revealed that, on one hand, large K-feldspar crystals are intersected by leucocratic dykes, and, on the other, the rocks both host and of the dykes went through schistosity and metamorphism of variable intensity. The first fact generated doubts in metasomatic origin of large K-feldspar crystals, whereas the second showed that metamorphic phenomena are undoubtedly of great significance and younger than large K-feldspar crystals.

All this forced us to revise ideas on the origin of the Mórógy Granite. The simplest way seemed to be invitation of an independent foreign specialist to study about 100 of thin sections from the granites of the borehole cores. The study was performed by Vladimir Alexandrovich Utenkov, scientist of the Moscow State Geological Prospecting Academy. In the description below, results of the study of the first part of the problem, *viz.* of the generation of the magmatic rocks are outlined. The goals of the study in that field were to answer following questions:

— What is the origin of large K-feldspar crystals: magmatic or metasomatic?

— What is the genetic sense of petrographic variability of the host granites?

— What are genetic relationships between the host granites and melanocratic enclaves, on one hand, and leucocratic dykes, on the other?

Introduction

The Mórógy Massif forms an 18×7 km outcrop of the crystalline basement SE of the Mecsek Mountains in SW Hungary. The thickness of the rock body is a minimum of 2-3 km on the basis of geophysical data. Judging from the geological situation it can be postulated that granites are lying in an allochthonous structure, *viz.* tectonic nappe.

In the course of the geological exploration for the final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from nuclear power plant, in the north-eastern Mórógy Massif, in the village of Bátaapáti some dozens of boreholes were drilled. 62 thin sections taken from the six deep (300–500 m) boreholes formed the basis on which this study was carried out.

The study area mainly consists of *monzogranites*, *sub-alkaline quartz diorites* and *monzonites* are less frequent. *Leucocratic monzogranites* as well as aplite and pegmatoid dykes were formed in a later phase of crystallisation. There are enclaves of *melanocratic rocks* in the monzogranite. Among them *quartz diorites* and *monzonites* are present as well, but *diorites* are dominant.

First the host rocks, then leucocratic dykes, finally melanocratic enclaves are discussed below.

In the analysis of magmatic rocks the main emphasis is laid on distinguishing *parageneses* and their successions. According to KORZHINSKII (1973b) paragenesis is an “association of minerals occurring together and being in equilibrium with each other”. The *secondary alterations* are discussed on the basis of the sketch given by KORZHINSKII (1969) for the changing alkalinity-acidity.

Host rocks

Most of the host rocks are monzogranites [quartz monzonites in classification by BOGATIKOV *et al* (1981)], and form the last, richest in alkali elements, member of the sub-alkaline quartz diorite – quartz monzonite. The K-feldspar and quartz contents in the host rocks are highly variable. When the K-feldspar content is lower than is common for monzogranites, sub-alkaline quartz diorite or even quartz diorite appears, when higher, poor in quartz rocks (monzonites) or quartz-bearing rocks (leucocratic monzogranites) occur. Both within these groups and between them there are gradual transitions.

The main rock variety is undoubtedly *amphibole-biotite monzogranite*. Below, characteristics of the monzogranites, then, other host rocks are given.

Monzogranite

Monzogranite is a holocrystalline rock with large (up to several cm) euhedral K-feldspar crystals in a medium-grained ground mass.

Big K-feldspar crystals

Big K-feldspar crystals occupy about 10-15% of the rock volume. Their composition can be characterised by 7 chemical analyses (BUDA 1969, 1974) from the wide surroundings (Véménd, Mórógy, Kismórógy) of the study area as $Or_{80.3-83.6}, Ab_{15.3-18.3}, An_{0.8-3.2}$, *i. e.* as relatively stable. In K-feldspar up to 10% there is small, normal, disintegration perthite. Independent of the low-temperature albite in this perthite, there is a specific peripheral flame perthite (see below). The large crystals are composed of simple twins, on the background of them coarse-spotted microcline cross-hatch twinning is developed. Based on this observable — related to late dynamometmorphism — K-feldspar with cross-hatched pattern is named “microcline” in the following discussion (with exception

of discussion of incongruent reactions and experimental data).

Inside of the large K-feldspar crystals inclusions of the minerals from the ground mass frequently occur. On the first sight this fact generates an idea on the *metasomatic K-feldspathisation*. REYNOLDS (1947) was the first to describe the feldspathisation of the ground mass as alkali-silica metasomatism, *i. e.* as a process with entering of Si, Na, K into the rock and release of Ca, Mg, Fe and called it granitisation. This process is usually accompanied by the plagioclase of the original rock becomes much more sodic in its whole mass (with replacement antiperthites), the K-feldspar and quartz contents gradually increase and the coloured mineral content significantly decreases (de-basification) with no sign of the *in situ* separation of mafic components. This way leucocratic shade-migmatites arise. The corresponding process is usually regarded as the metasomatic preparation of the granitisation (melting of granite eutectic), its details are described in several works (KORZHINSKII 1952, RUNDKVIST 1976, GAVRIKOVA 1982, ZHARIKOV 1987, ZHARIKOV, GAVRIKOVA 1987, 1989).

In the case under discussion quartz, biotite, amphibole, titanite and zircon inclusions re-crystallise, even increase, this shows that there was no synchronous Fe and Mg release. Moreover, there are clear signs of the *in situ* separation of Ca (see below), *i. e.* Ca was not released as well. Plagioclase inclusions do not grow, they dissolve, their size is reduced. During the K-feldspar generation from time to time plagioclase equilibrium occurs with K-feldspar (see below). In the rocks studied plagioclase does not become sodic (up to albite-oligoclase or at least medium oligoclase). It can be concluded that K-feldspar crystallised from melt, and its large crystals are *phenocrysts*.

Ground mass

Mineral composition of the ground mass is as follows:

plagioclase	45-55%	titanite	accessory
K-feldspar	~15%	allanite	accessory
quartz	~15%	apatite	accessory
biotite	10-15%	zircon	accessory
hornblende	3-5%		

Due to the presence of phenocrysts the rock composition is somewhat shifted towards the K-feldspar.

Plagioclase in surroundings of quartz forms euhedral tables. Its composition from optical determination (in sections perpendicular to the first crystall axis) mainly falls into the An30-45 interval. Zoning is characteristic usually with completely sericitised core and sodic periphery. Zoning, however is frequently preserved like shades only, that points to the plagioclase composition is balanced due to reactions with the melt and becomes more sodic. In plagioclase small inclusions are formed by biotite, titanite and zircon, in low-quartz rocks amphibole as well. There are also small, drop-like inclusions of microcline with fine, normal, perhaps primary cross-hatch twinning.

Microcline fills the space between plagioclase grains in ground mass generating monzonitic texture. Sometimes from smooth contours of the microcline phenocrysts bifurcations start and pass into the inter-plagioclase K-feldspar. This circumstance shows close relationship between the two K-feldspars.

Quartz is always re-crystallised and transformed into aggregates of grains with sutured contours.

Biotite forms aggregates of light greenish brown lamellae in-between feldspar grains, frequently occurs as inclusions in plagioclase and microcline. *Amphibole* accompanies quartz but occurs in plagioclase in low-quartz rocks. It has specific outlook in thin sections. Its typical features are the light green colour, lamellar twinning (3-4 wide crystals), big C_{Ng} (25–27 μ) and big $2V_{Np}$ (75–80 μ). These parameters and author's personal experience lead to the conclusion that this mineral probably is edenite (edenitic hornblende). Edenite composition of the amphibole from melanocratic enclaves with the same optical characteristics is proven by direct investigations by SALLAY (2000; see Chapter "Melanocratic enclaves").

Titanite usually accompanies quartz and amphibole, but forms inclusions in microcline as well. *Allanite* forms light brown euhedral crystals which only occur in surroundings of quartz. *Zircon* mainly occurs as small inclusions in biotite. *Apatite* forms rather large, short prismatic crystals in quartz and occurs as small needles in feldspar, mainly plagioclase. In last case it is concentrated at periphery of grain and absent in more calcic core.

Genetic overview

Specific feature of the monzogranites consists in calcic (andesine) composition of plagioclase as well as absence of pyroxene and presence of amphibole and biotite. The first feature is common for all the rocks of that series and reflects initially high Ca-content of the melt. The second feature is more specific. Replacement of pyroxene, common in monzonites, with amphibole accompanied by appearance of biotite, *i. e.* presence of two water-bearing minerals in the rocks witnesses for exclusively high P_{H_2O} .

Presence of pegmatoids and abundance of post-magmatic minerals probably can be related to the water saturation of the melt. Because of the water saturation in the *analysis of mineral equilibrium* diagrams derived from experiments at high P_{H_2O} (5 kbar) are applied.

CRYSTALLISATION OF THE GROUND MASS

The path of ground mass crystallisation (Table 1) is rather stable. Biotite, titanite and zircon [in low-quartz rocks, sub-alkaline quartz diorite (see Chapter "Further varieties of the host rocks") amphibole joins these minerals] are crystallised first. All of them form small inclusions in plagioclase. Further on, crystallisation of coloured and accessory minerals continues but already together with quartz and K-feldspar. As seen, coloured and accessory minerals form a "transient" phase. Allanite appears in

Table 1. Temperature and order of crystallisation of minerals in monzogranites from Üveghuta
1. táblázat. Az ásványkiválás hőmérséklete és sorrendje az üveghutai monzogranitokban

Mineral	Temperature (°C) and crystallisation (equilibrium)									
	Hőmérséklet (°C) és kiválás (egyensúly)									
	850		760	760-750	715	703	700	698	700-650	
Biotite	+	+	+	+++	+	+		+	+	
Amphibole		+	+	+++	+	+		+	+	
Titanite	+	+	+	+	+	+		+	+	
Zircon	+	+	+	+	+	+		+	+	
Plagioclase		An45	de-calcif. deanort.	An30	An38	An20	flame perthite lángpertit		albite	An26–27
Quartz				+	+	+		+		
Allanite				+						
Apatite				+						
K-feldspar (phenocrysts)					+	+		+	+	
K-feldspar (ground mass)							+			+

Captions: light grey = phenocrysts, medium grey = eutectic, de-calcif. = de-calcification.

Remarks: At the beginning of the separation of K-feldspar (760-750 °C) the early plagioclase An38 of the grain cores is in equilibrium with it whereas the more sodic plagioclase of the grain rims is dissolved. With the decrease of the temperature more sodic plagioclase gets into equilibrium with K-feldspar sometimes in flame perthites and albite envelopes. Below 760 °C crystallisation of coloured minerals in the matrix does not continue since grains are isolated from the melt, and plagioclase is dissolved in an incongruent way so that first of all internal fragments of its former grains are included into phenocrysts. Temperatures 703, 700 and 698 °C obtained in experiments for the albite-K-feldspar and quartz-K-feldspar equilibria are identical from a practical point of view.

Jelmagyarázat: gyengén szürke = fenokristályok, középszürke = eutektikum, deanort. = deanortitosodás.

Megjegyzés: Kiválásának kezdetén (760-750 °C) a káliföldpáttal a szemcsemagok korai An38 plagioklasza van egyensúlyban, míg a külső zónák savanyúbb plagioklasza oldódik. A hőmérséklet csökkenésével savanyúbb plagioklasz kerül egyensúlyba a káliföldpáttal szélső esetként lángperतिकben és albiturkok formájában. 760 °C alatti hőmérsékleten a színesásványok kristályosodása az alapanyagban már nem folytatódik, mert a szemcsék elzáródnak az olvadéktól, a plagioklasz pedig inkongruens módon oldódik, így a fenokristályokba a korábbi szemcséknek elsősorban belső részei záródnak. Az albit-káliföldpát és kvarc-káliföldpát egyensúlyokra kísérleti adatok alapján kapott 703, 700 és 698 °C hőmérséklet gyakorlatilag azonosnak tekinthető.

association with quartz. Short prismatic, rather large crystals of apatite associate with quartz as well.

In monzogranites under discussion and accompanying rocks two different trends of changes in plagioclase composition during the crystallisation are observable. One is normal zoning with calcic core and more sodic rim, with sharp boundary between zones. The other consists in fading of the zoning when the latter only remains like shade, and the composition is balanced around An30 either in the whole grain, or on its periphery. In spite of the shade-like zoning all the twin lamellae extinct synchronously. The essence of that second process consists in plagioclase becomes more sodic, and this process is frequently named *de-calcification*.

It is known since BOWEN'S (1913) experiments that any definite composition of crystallising plagioclase corresponds to a more acid melt composition, and in the course of the temperature decrease zoned crystals arise with calcic core and sodic rim, their average composition corresponding to the initial composition of the melt. At the same time, if the cooling is slow, diffusion of the components is taking place not only in the melt, but also in the solid phase. The composition of the latter becomes homogeneous approaching the initial melt composition (NIKOLAEV, DOLIVO-DOBROVLSKII 1961, DEER *et al* 1963). Just this feature is observable in monzogranites under discussion. It is also supported by the fact that Ca sometimes — in distinct rock types systematically — is preserved *in situ*, *i. e.* in the melt (see below), and separates out in acicular apatite.

In the same sense described magmatic de-calcification of plagioclase LODOCHNIKOV (1974) as well who already in first edition (1931) of his book pointed out that diffusion de-calcification, *i. e.* establishment of equilibrium with the melt is a slower process than the cooling. He also mentioned that composition of plagioclase which reacts by means of diffusion is usually not less An25-35 which is probably since when the composition approaches albite diffusion becomes slower even in the liquid phase due to its increased viscosity. This is perhaps the main reason why plagioclase composition in the rocks studied trend to An30. This composition marks the boundary where de-calcification becomes strongest, and composition of the melt synchronously changes as well: due to associate crystallisation of plagioclase and quartz the melt is enriched in Ca and Al as well as in K.

Hence, in respect of genetic relationships most informative are not coloured but main rock-forming minerals, feldspars and quartz. In the early (pre-K-feldspar) stage zoned plagioclase is crystallised. The most calcic internal zones of the plagioclase tables are in average andesine An36-38 (less frequently An45, in calcic cores perhaps even more calcic), and on rims oligoclase – andesine An30 is developed. During the reaction with the melt however plagioclase suffers de-calcification, its zoning becomes shade-like, and composition not only of rims but of prevailing parts of the grains approaches oligoclase – andesine An30. In those tables only sericitised cores are more calcic. When plagioclase reaches composition An30, quartz starts separation from the melt among its euhedral tables.

Disregarding „transient” coloured minerals, on the basis of Yoder’s diagram (Figure 1) initial temperature of the crystallisation of plagioclase An45 can be estimated as 850 °C, temperature of the eutectic crystallisation of quartz and of oligoclase – andesine An30, as 760 °C. This value is based on the outer zone of An30 composition around plagioclase in contact with host quartz. More calcic plagioclase forms relics whereas the more sodic one (up to An26) marks a later shift of the feldspar equilibrium at lower temperature. Diagram (Figure 1) well illustrates the trend of the change, which occurs during the crystallisation, and the final eutectic point. Along with quartz the main mass of biotite, almost the total amphibole and the whole of the allanite are crystallised. The most wide-spread and most stable pre-K-feldspar paragenesis of the main minerals — Qtz+Pl+Hbl+Bt — corresponds to quartz diorite, it forms about 80% of the rock volume [hereafter minerals are indicated by KRETZ’s (1983) symbols].

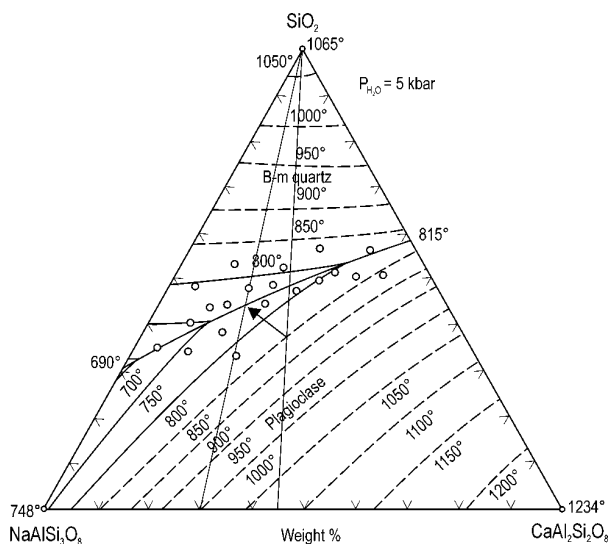


Figure 1. Solidus surface in the quartz-plagioclase system (YODER 1967).

An arrow marks the trend of compositional changes in the melt during crystallisation of plagioclase from the initial An45 up to final An30 (T = 760 °C)

1. ábra. Szoliduszfelület a kvarc-plagioklász rendszerben (YODER 1967).

Nyíl jelöli az összetétel-változás trendjét a plagioklász kristályosodásának folyamán a kezdeti An45-től az eutektikus An30-ig (T = 760 °C)

It is important that in the process of the crystallisation of the quartz-plagioclase (+amphibole, +biotite) matrix of monzogranite plagioclase grains are de-calcified till An30, not completely. Frequently, especially in large grains, more calcic core is preserved. The more relics of this type, the more quartz in the rock. And, on the contrary, the more calcification is developed (calcic relics are less or absent), the less quartz in the rock. That means the SiO₂ in the melt is consumed in different quantities for the de-calcification. Thin acicular variety of apatite can be related to this process. It appears on de-calcified rims of plagioclase grains (no apatite in more internal zones and in calcic cores

of the grains). Ca is separated out in acicular apatite only partially, most of it exits to the melt and passes to the fluid, and precipitates only in post-magmatic stage, mainly at its end, in form of calcite.

GENERATION OF PHENOCRYSTS

Further crystallisation takes place from the residual melt at lower SiO₂ content and synchronous enrichment in alkalis relative to the initial melt. K-feldspar which forms both phenocrysts and inter-granular grains has been crystallised from melt of this type. Later separation of the K-feldspar as compared to the quartz-diorite matrix is a principal difference of the rocks in question from granites.

Reaction of the K-feldspar and quartz-diorite matrix is most intense inside the phenocrysts and much less expressed in the inter-granular K-feldspar aggregates. Relationships between plagioclase and K-feldspar are not stable. Since transformation of plagioclase into a more sodic variety (de-calcification) was not full but took place only up to oligoclase – andesine An30, inside the phenocrysts relics of plagioclase of different composition occur. In phenocrysts plagioclase inclusions display *zoned distribution* as follows:

1. In about middle of phenocrysts andesine relics are intensely corroded and dissolved (Photo 1). Euhedral andesine inclusions are rarely preserved (Photo 2).
2. Plagioclase inclusions mostly are euhedral, whereas semi-dissolved andesine is surrounded by albite envelope (Photo 3). These envelopes are sometimes doubled: the first ring around andesine consists of oligoclase, whereas the outer one, of albite. There are cases when de-calcification of plagioclase inclusions up to oligoclase composition is accompanied by generation of wide parallel strips, pseudo-perthites (“diffuse” or “elongated” plagioclase relics). Both varieties represent an intermediate oligoclase-K-feldspar equilibrium.
3. Just at the rim of the phenocrysts the andesine relics are again free of envelopes and at the same time are large and oval (monzonitic texture).

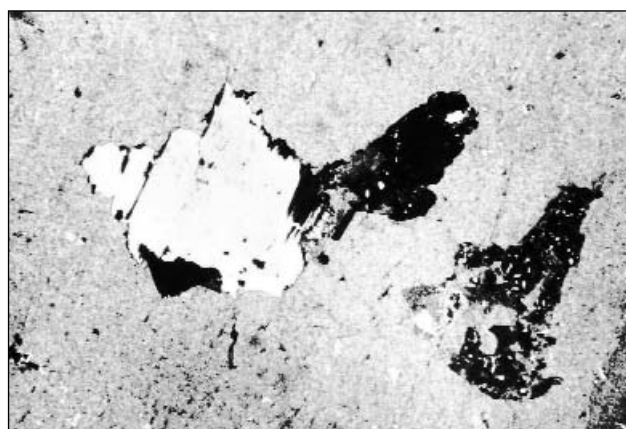


Photo 1. Ex-solving of plagioclase relic in a microcline monocrystal. In vicinity, biotite inclusion in intergrowths with quartz

1. fénykép. Plagioklászreliktum feloldódása mikroklin-monokristályban. Mellette kvarccal összenőtt biotitzárvány



Photo 2. Euhedral andesine inclusion inside microcline with no albite rim

2. fénykép. Idiomorf andezinzárvány mikroklin belsejében albitszegély nélkül



Photo 3. Various types of the interaction between K-feldspar and plagioclase: high-temperature resorption of andesine in K-feldspar (fragment of a relic with no albite rim), as well as low-temperature equilibrium between the albite rim, which forms euhedral contour of a plagioclase inclusion, and K-feldspar

3. fénykép. A kálföldpát és a plagioklász közötti kölcsönhatás különböző típusai: andezin magas hőmérsékletű „feloldódása” kálföldpátban (relikum részlete albitszegély nélkül), továbbá plagioklászárvány idiomorf kontúrját alkotó albitszegély és kálföldpát alacsony hőmérsékletű egyensúlya

On the basis of the phase rule

$$C = K - F + 1$$

(where C = the degree of freedom, K = number of components, F = number of phases with the melt among them) these three varieties can be interpreted as follows. Since it is postulated that $P_{H_2O} = \text{const}$, value 1 is accepted instead of 2 in the original phase rule. Number of components (K) is regarded 3 taking into account changing composition of plagioclase (albite, anorthite, K-feldspar). Reaction between the phases reduces degree of freedom for each unit.

In the analysis of the *plagioclase–K-feldspar interaction* reactions to describe replacement of andesine by melt and subsequent crystallisation of K-feldspar are simplified. It is assumed that Na and Ca exit to the residual melt, then Na is separated out in albite, and practically all releasing Ca passes to the fluid phase which separates from the

melt at final crystallisation. In the course of incongruent replacement of andesine by K-feldspar Al passes partially to the melt, then to the fluid.

The three varieties can be described as follows:

1. Dissolution of plagioclase relics in K-feldspar (incongruent reaction andesine + melt = K-feldspar reduces degree of freedom by 1):

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 3 + 1 - 1 = 0$$

In an equilibrium state each andesine composition corresponds to a distinct temperature. At a temperature fixed for any long time the equilibrium is preserved, and the euhedral andesine grains inside the K-feldspar become isolated from the melt, and cannot be involved into reactions at decreasing temperature. In a general case when melt reacts with andesine and temperature decreases the equilibrium shifts towards the right, and one of the phases disappears. This phase, judging from numerous corroded relics in microcline is andesine.

2. Generation of protecting rim of albite (or, much rarer, oligoclase) composition around andesine in K-feldspar increases the number of phases participating in the reaction by 1, whereas incongruent reaction andesine + melt = albite + K-feldspar reduces degree of freedom by 1:

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 4 + 1 - 1 = -1$$

Synchronous co-existence of (equilibrium contact between) all the four phases is impossible. As a consequence, albite envelope arises which excludes interaction between andesine and melt, and in reality albite reacts with the melt that results in generation of K-feldspar: albite + melt = K-feldspar. At a constant temperature albite envelope is in equilibrium with K-feldspar, and its grain contours become euhedral since

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 3 + 1 - 1 = 0$$

Decrease of the temperature shifts the reaction towards the right, and during the plagioclase-melt interaction results in disappearance of the albite envelopes and andesine relics inside them. If the growing K-feldspar safely isolates the relics from the melt, these zonal inclusions remain. Participation of a mobile phase (melt) in the process of growing of albite envelopes on andesine relics is verified by complicated curved shape of the relics. In a large phenocryst of regular shape these inclusions are arranged into chains parallel to the contours of the phenocryst at distinct distance from its rim. Twinning inside the albite envelopes is oriented in the same direction.

3. Numerous large oval or rounded plagioclase (oligoclase–andesine) inclusions with no albite envelope just on the rim of phenocrysts point to no aggressive dissolution occurred due to their interaction with the melt. Incongruent replacement oligoclase–andesine + melt = K-feldspar replacement, such as in the first case, results in invariant equilibrium with a difference that here (just on the edge of phenocrysts) further shift of the equilibrium occurred at low temperature gradient and could not

be sufficiently deep due to the close position to the lower temperature limit (~700 °C, see below).

When comparing generation of K-feldspar with the preceding process of the quartz–plagioclase matrix forming it can be concluded that the crystallisation style of the melt is sharply changed when the generation of K-feldspar starts. Instead of gradual crystallisation of zonal, partly de-calcified plagioclase and quartz–plagioclase eutectic a completely different mechanism — incongruent interaction of the melt with plagioclase — starts. Subsequently the early plagioclase becomes unstable, is dissolved in the melt, and K-feldspar is crystallised instead of it. As a consequence of the dissolution irregular (corroded) relics of highly variable composition remain from the plagioclase.

In the course of this process the equilibrium of K-feldspar with plagioclase of any concrete composition can be conserved at the relevant temperature. At high temperature this is calcic plagioclase of the grain cores outer, oligoclase–andesine zone of which can be replaced by K-feldspar. At lower temperature an intermediate equilibrium can be established between K-feldspar and more sodic plagioclase not only of relics but also of the newly formed envelope of grains or flame perthite.

Temperature interval of the K-feldspar generation can be estimated on the basis of marker points of the interaction between plagioclase and melt. The most calcic from the euhedral inclusions inside microcline is plagioclase An38. At $P_{H_2O} = 5$ kbar its equilibrium with K-feldspar marks temperature 750–760 °C (Figure 2). When around andesine inclusions envelopes in equilibrium with K-feldspar are generated, the internal (earlier) oligoclase envelope marks temperature 715 °C if its composition is An20. Outer, albite envelope is in equilibrium with K-feldspar at temperature 698 °C (Figure 2).

At a temperature about 700 °C changes occur in the crystallising system. Whereas inside the K-feldspar, at a little but sensible distance from the rim of phenocrysts albite envelope is developed around plagioclase inclusions, just at the contacts of K-feldspar peripheral flame perthite is generated which is most saturated at edges of K-feldspar and wedges out towards the interiors of phenocrysts. This peripheral flame perthite occurs not only in rims of large phenocrysts but also in typical monzonitic texture, mainly on edges of matrix K-feldspar. This way, it is due to the effect from plagioclase that in the course of the interaction with the melt albite and K-feldspar appear not after each other but synchronously. This makes possible to regard them as a uniform phase (microcline-perthite) in which the amount of albite component (40% and more) is comparable with that of K-feldspar. This composition — as seen from low quantity of decomposition perthites — sharply differs from that of almost Na-free phenocrysts. Incongruent reaction on the rims of phenocrysts and in the K-feldspar matrix can be expressed in form andesine + melt = microcline-perthite. With regard of this reaction the three-phase (andesine, microcline-perthite, melt) and

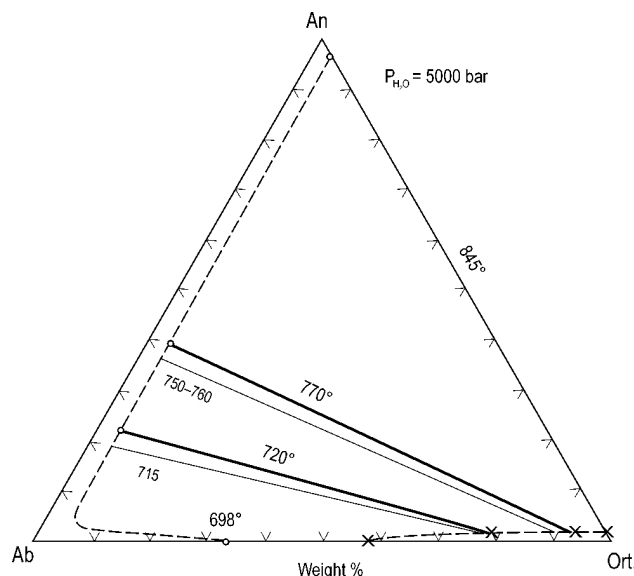


Figure 2. Diagram of the liquidus surface of the feldspar system with lines of various K-feldspar–plagioclase equilibria (YODER *et al* 1957), as well as with temperatures for fixed equilibria [K-feldspar – andesine An38 and K-feldspar – oligoclase An20 (?)] An = anorthite, Ab = albite, Ort = orthoclase

2. ábra. Földpárendszer likviduszfelületének diagramja különböző kálicföldpát–plagioklász egyensúlyok vonalaival (YODER *et al* 1957), valamint rögzített [kálicföldpát – andezin An38 és kálicföldpát – oligoklász An20 (?)] egyensúlyokhoz tartozó hőmérsékletekkel

three-component (albite, anorthite, K-feldspar–Na-feldspar) system (at $P_{H_2O} = \text{const}$) is invariant:

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 3 + 1 - 1 = 0 .$$

At a general trend of temperature decrease the equilibrium shifts towards the right, *i. e.* towards disappearance of plagioclase. At the same time, the system of peripheral flame perthite can also be regarded as two-phase one, since peripheral perthite is generated on the contacts not only with plagioclase, but with quartz and coloured minerals as well. In Morse’s diagram (Figure 3) is well seen, how composition of the melt is changed with crystallisation of K-feldspar, when the temperature decreases and reaches crossing of the solidus and solvus lines. This point — temperature 703 °C ($P_{H_2O} = 5$ kbar) — defines appearance of two-phase feldspar (peripheral flame perthite) which marks K-feldspar–albite equilibrium.

Summarising: generation of K-feldspar phenocrysts occurs at temperature decrease, from ~760 °C till ~700 °C. Incongruent replacement of plagioclase by K-feldspar from melt is most aggressive at high temperature. Close to the lower boundary of this temperature interval, due to the presence of a transient albite, sometimes oligoclase phase, the replacement becomes „exhausted” and cannot be regarded aggressive.

Besides the decrease of temperature the generation of phenocrysts does not only mean K-feldspar–plagioclase interaction. Relationships between *microcline and quartz* are characteristic as well. Monocrystalline quartz is growing into K-feldspar phenocrysts. Furthermore, in large

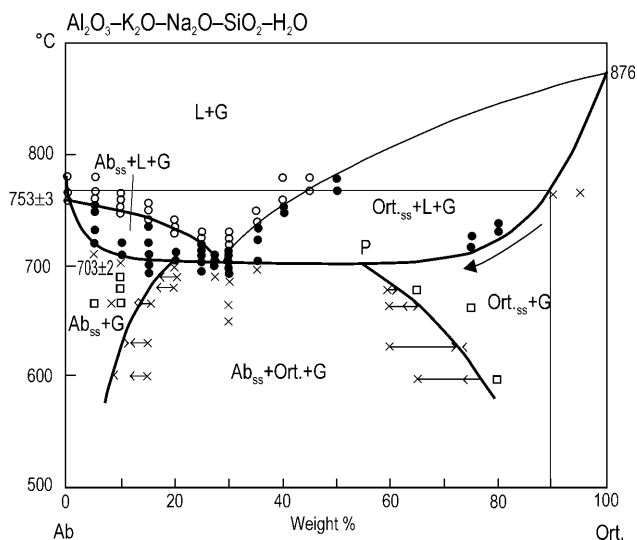


Figure 3. Morse's diagram (MORSE 1968)

An arrow marks compositional changes in the melt during crystallisation of K-feldspar. At 10% initial albite content crystallisation starts at temperature 760 °C. Crossing of the solidus and solvus (P) defines appearance of two-phase feldspar (flame perthite) at T = 703 °C. L = liquid, G = gas, ss = solid solution

3. ábra. A Morse-diagram (MORSE 1968)

Nyíl jelöli az olvadék összetételének változását a kálföldpát kristályosodása folyamán. Induló 10%-os albittartalom esetében a kristályosodás 760 °C-nál kezdődik. A szolidusz és szolvusz (P) kereszteződése T = 703 °C-nál határozza meg a kétfázisú földpát — lángperitit megjelenését. L = folyadék, G = gáz, ss = szilárd oldat

microcline, along its outer contours sometimes series of rounded or drop-like quartz relics with synchronous extinction occur as well. These symplectite-type quartz grains witness synchronous crystallisation in the final stage of the generation of phenocrysts, *i. e.* in the eutectic

minimum of the K-feldspar-quartz system. In Shaw's diagram (Figure 4) by extrapolation at $P_{H_2O} = 5$ kbar the eutectic point can be estimated which marks a temperature approximately 700 °C. This value equals to the temperature estimated from the albite-K-feldspar equilibrium at the edge of phenocrysts and in the K-feldspar matrix thus it can be regarded relevant.

Insignificant mineral alterations due to reactions with the residual melt occur below 700 °C as well. These are *e. g.* spotty sodification of plagioclase up to oligoclase An26-27. Small, irregular very fine cross-hatched microcline inclusions are related to these spots. This microcline, sometimes along with quartz, forms micro-veins which cross plagioclase tables. The quantity of these late minerals usually does not exceed 1%. Their appearance marks shift of the system towards granite.

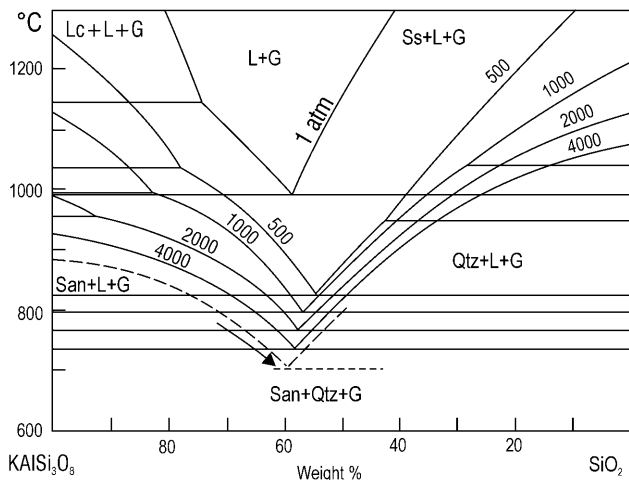


Figure 4. Position of the quartz-K-feldspar eutectic as the function of P_{H_2O} (1–5000 atm, the last value is a result of extrapolation; SHAW 1963)

An arrow marks the compositional changes in the melt during crystallisation of the phenocrysts (not taking into account interaction between the melt and plagioclase). At 40% SiO_2 in the melt quartz and K-feldspar is crystallised as eutectic (leucocratic monzogranites, drop-like quartz symplectites in microcline). At $P_{H_2O} = 5000$ atm this point falls on 700 °C. Lc = leucite, San = sanidine, L = liquid, G = gas, Qtz = quartz, ss = solid solution

4. ábra. A kvarc-kálföldpát eutektikum helyzete a P_{H_2O} függvényében (1–5000 atm, az utolsó érték extrapoláció eredménye; SHAW 1963)

Nyíl mutatja az olvadék összetételének változását a fenokristály kristályosodása folyamán (számításon kívül hagyva az olvadék és plagioklász kölcsönhatását). Az olvadék 40% SiO_2 -os összetételénél a kvarc és kálföldpát eutektikumként kristályosodásik (leukokrata monzogranitok, csepp alakú kvarcszimpлектitek a mikroclinben). Ez a pont $P_{H_2O} = 5000$ atm nyomásnál 700 °C-ra esik. Lc = leucit, San = sanidin, L = folyadék, G = gáz, Qtz = kvarc, ss = szilárd oldat

Temperature of this process can only be estimated approximately. In case of granite this lower boundary is at about 650 °C [ZHARIKOV and RUSINOV (eds) 1998], but in rocks studied it is somewhat higher, between 650 and 700 °C, since plagioclase despite of its unambiguous sodification remains rather calcic, and the triple quartz-feldspar equilibrium is not established in monzogranites even in the post-magmatic stage.

SUMMARY

Monzogranites studied significantly differ from analogous rocks described in literature for which monzonitic texture with no phenocrysts and pyroxene as coloured mineral are regarded typical. In the synthesis by YARMOLYUK and KOVALENKO (1987) quartz monzonites (which correspond to monzogranites discussed) are described as pyroxene-bearing rocks with no K-feldspar phenocrysts. From our analysis it can be concluded that both peculiarity of the monzogranites studied — presence of two water-bearing aluminosilicates and of large K-feldspar phenocrysts — are due to the high water content in the magma.

The other peculiarity of these rocks consists in K-feldspar phenocrysts are crystallising not first as would be expected from the experience on volcanic rocks but after crystallisation of the matrix (such as K-feldspar in matrix). This can be explained by incongruent replacement of the plagioclase by melt and growth of K-feldspar in its place.

Further varieties of the host rocks

Monzogranites are accompanied by other rocks in much less amount. These rocks are connected with monzogranites through transitions and differ from them by sharply variably K-feldspar and less quartz content. These are sub-alkaline quartz diorite and very low K-feldspar quartz diorite as well as some high K-feldspar but low-quartz rocks up to quartz-free monzonites. Independent of its quantity K-feldspar forms monzonitic texture with plagioclase.

Sub-alkaline quartz diorite (5–15% Qtz, 2–5% Kfs) displays de-calcification of plagioclase (up to An30) which leads to almost total absence of calcic sericitised cores. Shadow-like zoning only sometimes is observable in the tables. This plagioclase contains a lot of small apatite inclusions which is a typical product of the separation of Ca released during the de-calcification. It occurs in the K-feldspar as well which replaces plagioclase in an incongruent way.

In *monzonites* (0–2% Qtz, 25–30% Kfs) de-calcification of plagioclase up to An30–31 is also usual. Although shade-like zoning is observable, sometimes more calcic spots and rings are visible as well. Acicular apatite is here abundant in the K-feldspar which replaces it in an incongruent way (by melt).

Calcite is absent in both rock types (or only present in small quantities) in spite of the strong secondary mineralisation. At the same time sericitisation of plagioclase — despite its sodic composition — is abundant (especially in monzonites).

In some of transitional varieties — with very variable quartz (5–20%) and microcline (5–15%) contents — which are conditionally qualified as *granodiorites* de-calcification of plagioclase is changeable. Acicular apatite occurs on sodic rims of plagioclase, but more frequently, in microcline.

Leucocratic monzogranites are specific. Typical monzonitic texture and rather calcic plagioclase relate to the monzogranites, at the same time low quantity of phenocrysts and coloured minerals, to the leucocratic dyke rocks, aplites and pegmatoids (see below). At absence of K-feldspar phenocrysts and low content of coloured minerals (maximum of 5–10% of biotite) leucocratic monzogranites are of specific composition. Their quartz and microcline content is higher (each up to 30–40%), and Ca content of non-zonal and non-sericitised plagioclase is permanently high. „Pisiform” texture of quartz aggregates between plagioclase grains is very typical. It is remarkable that secondary alterations are expressed not in sericitisation of plagioclase but in replacement of quartz by calcite which results in reticular pattern of „pisiform” quartz aggregates.

Secondary alterations

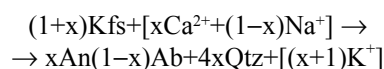
In the rocks crystallised from a water-saturated and CO₂-enriched melt secondary alterations has to develop widely. Generation of the Üveghuta rocks is indeed accompanied by a series of secondary parageneses.

Secondary minerals characteristic for monzogranites and accompanying rocks are minor myrmekite, aggregate of fine-grained quartz and epidote developed on plagioclase, fine-grained quartz, reticular biotite with abundant apatite needles, calcite-quartz association developed on plagioclase. In less altered rock varieties the quantity of these secondary minerals is stable, around 2–5%. In brecciated and mylonitised rocks this quantity can reach 50%. Here series of low-temperature minerals — chlorite, pyrite, magnetite, vein-like calcite, adular etc. — appear.

KORZHINSKII (1969) explained the general succession of post-magmatic mineralisation in terms of regular changes in the acidity of solutions. In his opinion, at a constant temperature acidity of solutions necessarily propagates in waves, and as a consequence early alkaline, acid leaching, late alkaline and final neutral stages can be distinguished.

Secondary alterations are most wide-spread in *monzogranites*. Corresponding processes (Table 2) can be well correlated with the stages outlined by KORZHINSKII (1969):

1. Myrmekites are products of the earliest alterations. They developed in microcline on the contacts with andesine and consist of symplectite-type quartz inter-growths in sodic plagioclase. Among the post-magmatic alteration of granitic rocks myrmekitisation is the highest-temperature autometamorphic process (KORZHINSKII 1955). According to PERCHUK and GREYA (1998) reaction



(where ions are in the fluid; Kfs = K-feldspar, An = anorthite, Ab = albite, Qtz = quartz) takes place at mobility not only of alkalis but also Ca. This reaction is in a specific position among all the post-magmatic reactions since it occurs at indirect role of water which in fluids plays role of a solver and strong catalyser (GRAMENITSKY *et al* 2000). Myrmekitisation is an acid process which occurs in post-magmatic conditions, when already no melt, and temperature is lower than during the crystallisation of the feldspars. Composition of the fluid is in equilibrium with sodic plagioclase, not with K-feldspar.

In the course of the reaction alkalinity of the fluid increases, this introduces the early alkaline stage of the post-magmatic metasomatism (see below). In further reactions of the secondary mineralisation water takes place in a direct way (hydration and de-hydration reactions).

2. First reactions with direct participation of water mean interaction with *alkaline* fluids separated from monzogranites. Development of secondary biotite on plagioclase is the most impressive process. Here from alkaline solutions K, Fe and Mg, as well as H₂O enter, and Na, Ca and Si is ex-solved. A simple ion calculation shows alkaline type of the reaction, since due to release of protons acidity of the (residual) fluid which takes part in the reaction increases, and the subsequent reactions become acid.

Table 2. Sketch of the secondary alterations in monzogranites of the Mórógy Massif
2. táblázat. A másodlagos elváltozások vázlatja a Mórógyi-masszívum monzogranitjaiban

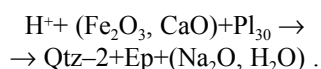
a	Mineral		Stage
	primary	secondary	
1	microcline	plagioclase-2 + quartz (myrmekite)	acid (inter-feldspar)
2	plagioclase-1	biotite-2 (+garnet)	early alkaline
3	biotite-1	biotite-2 + quartz-2 + titanite-2 + apatite-2	neutral
4	plagioclase -1	quartz-2 + epidote	acid
5	quartz-2 + biotite-2	phengite + calcite	late alkaline
	plagioclase-1	calcite	
6	plagioclase-1	sericite	neutral

Besides, biotite developed on plagioclase is green (not reddish as in monzogranites), that points to oxidation of Fe (USHAKOVA 1971), and the latter, to higher alkalinity of the medium (KORZHINSKII 1963).

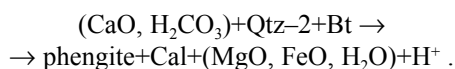
In the early alkaline stage of the post-magmatic process together with biotite sometimes small garnet occurs. It is perfectly isotropic but its refraction is not too high, thus, is probably represented by hydrogrossular. It is possible that aggregates of coloured minerals (biotite, garnet, sometimes amphibole) are "basificates" which formed on the alkaline-acid transition (RONENSON 1989).

3. Later on with the decrease of temperature alkalinity decreases as well. In this process large lamellae of biotite are the most altered. Common generation of reticular biotite-2 and fine-grained quartz-2 on the rims of former biotite lamellae. During this process titanite and apatite are stable, they accompany reticular biotite in small grains (titanite-2, apatite-2). Stability of titanite and apatite shows that the medium was *alkaline or neutral*.

4. At the same time, the process is progressing towards plagioclase as well, fine-grained quartz-2 and epidote form rims on it. This stage of the reaction which is represented here schematically is not alkaline but *acid*:



5. Just after this acid reaction *alkaline* reaction follows again with generation of fine-lamellar phengite (maybe hydrobiotite) and calcite:



In contrast with the minerals of the early alkaline and acid stages, the late calcite develops in spots on plagioclase marking late alkaline stage of the process.

Such direct transitions between the acid and alkaline trends do not frequently occur. Usually, acid and alkaline alterations are in different textural position. The early alkaline and the subsequent acid reactions are usually connected with contacts of early minerals. It is a distinct deviation that epidote can develop in the core of plagioclase grains as well, although is more frequent on contours of primary minerals. In this aspect quartz-2 is the most impressive, it is concentrated in fine-grained aggregates around plagioclase grains forming reticular texture.

6. At further decrease of temperature calcic cores of plagioclase are sericitised (*slightly alkaline or neutral process*).

Summarising it can be stated that post-magmatic minerals form a succession which reflects the decrease of temperature (first biotite and titanite are stable, then epidote, finally calcite and sericite).

Special attention should be paid to the frequent case when *biotite is chloritised in microcline phenocrysts and not in the ground mass*. Two explanations can be introduced which might be valid even together.

a) It can be supposed that this feature is due to diffusion of solutions through micro-cracks and even lattice of K-feldspar when a filtering effect arises in which cations of the solutions are pushed away from the positive-charged surface of the crystal lattice whereas anions penetrate it at high speed (ZHARIKOV 1968). The solution inside the K-feldspar becomes acid that leads to chloritisation of biotite inclusions.

b) The same feature can be explained in terms of different behaviour of H₂O and CO₂ during the diffusive reaction between the solution and biotite inclusions inside the K-feldspar. Inside the K-feldspar at constant pressure of the solution and decreasing temperature dissociation of the CO₂ becomes stronger that increases acidity of the solution (NAUMOV, V. B., NAUMOV, T. B. 1980). This leads to the acid leaching of the biotite which is accompanied by chloritisation.

Besides the alterations described above sometimes total alteration of all the minerals and of the whole of the rock including brecciation, mylonitisation and complete chloritisation of coloured minerals and of ground mass of mylonites occur. All these alterations along with separation of other low-temperature minerals (pyrite, calcite in veins with magnetite or quartz and albite, adular, actinolite, chlorite of mixed texture) occurred much later, most probably in relation to tectonic re-juvenation.

Genetic summary

In the series of monzogranites and monzonites the variability of the rocks depends on the saturation of the melt with alkalis and SiO₂. In order to establish factors of the saturation, a series of typical genetic features of these

rocks should be revealed. De-calcification of plagioclase in monzogranites is never complete, the core is always more calcic than the rim (An30). SiO₂ which is residual after de-calcification is crystallised as quartz accompanying oligoclase – andesine (~An30) in outer zones of the grains. Furthermore, quartz is separated out in an eutectic together with K-feldspar as well. Ca in turn, however (Table 3), is badly dissolved in the residual melt hence passes into the fluid, then separates out as calcite at the end of the post-magmatic process.

Among the rocks which are connected with monzogranites through gradual transitions and which significantly differ at the same time in their composition (Table 3) leucocratic monzogranites only contain abundant late calcite. In other rocks with no quartz or much less than in leucocratic monzogranites late calcite is practically absent. At the same time apatite is present in them which form abundant acicular inclusions in de-calcified plagioclase and in microcline. This means that during the crystallisation of these rocks Ca was not released yet into fluid phase but remained in the melt and was separated out in acicular apatite.

Decrease of the acidity of the melt, increase of the role of alkalis and conservation of Ca in the melt shows that besides the temperature and high water pressure an additional factor is effective. According to data by KOGARKO and RYABCHIKOV (1978) significant CO₂ content of the melt might be such a factor which promotes undersaturation of the melt with SiO₂ and its enrichment in Ca and alkalis. Increased solubility of CO₂ in the melt is promot-

ed by increasing P_{H₂O} as well (ORLOVA and RYABCHIKOV 1977). It can be supposed that change in P_{H₂O}/P_{CO₂} ratio promoted re-distribution of the components between the fluid and melt.

Differences can be explained in terms of the time and intensity of the CO₂ increase in the melt (see in Table 3) as follows:

— *Early but not too intense* increase promoted decrease in SiO₂ content and conservation of Ca in the melt. This led to generation of sub-alkaline quartz diorite which contain few quartz and evenly (up to An30) de-calcified plagioclase with apatite needles. If the melt contained less CO₂ due to the pressure gradient, it was enriched in K and Si that resulted in generation of common and leucocratic monzogranites.

— *More intense* increase and resulting higher alkalinity led to big quantity (30%) of K-feldspar which in an incongruent way replaced quartz, not only plagioclase. Monzonites with typical texture were generated this way. In thin sections sometimes “islands” of the early quartz–plagioclase paragenesis are observable in which euhedral plagioclase tables are included into quartz. Due to the reaction quartz + oligoclase + andesine + melt = microcline + apatite the whole of SiO₂, including quartz relics, is consumed for generation of K-feldspar, and Ca separates out in apatite. Silicate melt disappears whereas quartz and plagioclase remain in form of relics in the rock. Al₂O₃ released in the reaction passes into the CO₂–H₂O fluid and binds during the especially intense sericitisation of plagioclase.

Table 3. Behaviour of Ca during the crystallisation and secondary alterations of Mórággy granitoids

3. táblázat. A Ca viselkedése a mórággyi gránitkőzetek kristályosodása és másodlagos elváltozása során

Parameter	Characteristics by rock types Kőzettípusonkénti jellemzés				
	leucocratic monzogranite leukokrata monzogránit	common monzogranite közönséges monzogránit	sub-alkaline quartz diorite szubalkáli kvarcdiorit	granodiorite granodiorit	monzonite monzonit
Quantity of microcline A mikroklin mennyisége	more több	base for comparisons összehasonlítási alap	less kevesebb	more több	even less még kevesebb
Type of plagioclase A plagioklász jellege	stable, not zonal (An35) stabil, nem zónás (An35)	there are calcic cores vannak bázisos magok		few calcic cores kevés bázisos mag	no calcic cores nincsenek bázisos magok
De-calcification of plagioclase A plagioklász deanortitosodása	no nincs	incomplete nem teljes		almost complete csaknem teljes	complete teljes
Position of released Ca A felszabaduló Ca helyzete	in the fluid a fluidumban	in the fluid and melt a fluidumban és az olvadékban	in the melt az olvadékban		
Apatite needles in plagioclase Tűs apatit plagioklászban	no nincs	on grain rims a szemcse szegélyén		in the most of the grains a szemcse nagy részén	in the whole of the grains az egész szemcsében
Apatite needles in microcline Tűs apatit mikroklinben	no nincs		abundant bőséges		occur előfordul
Late calcite Késői kalcit	abundant bőséges		few or no kevés vagy hiányzik		
CO ₂ increase in the melt Az olvadék CO ₂ -tartalmának növekedése	no nincs		late késői	intermediate köztes	early korai

— *Very late but not too intense* increase results in rocks of intermediate position, perhaps granodiorites.

Experiments with melts which are of different H₂O and CO₂ content (EBADI and JOHANNES 1991) show that variations in CO₂ content of the melt slightly influence the crystallisation temperature, P_{H₂O} remains the main factor. Variations in the H₂O/CO₂ ratio in the melt result in the change of quartz and K-feldspar content and plagioclase composition. This is the main reason for appearance of rock varieties which differ from the monzogranites.

Crystallisation order of the leucocratic monzogranites which contain more quartz and K-feldspar than common monzogranites differs from that for the common monzogranites in its initial stages. This difference consists in plagioclase and quartz are crystallised together (as eutectic) almost from the very beginning of the process (plagioclase contains quartz inclusions which are absent in common monzogranites, at the same time plagioclase An₃₅ is not zoned and did not suffer de-calcification). Later on, K-feldspar in form of small, elongated tables with simple twinning joins crystallisation of quartz. Synchronously with this K-feldspar and quartz biotite appears, the quantity of which is low (5-10%) in this rock, amphibole absent completely. Subsequently, crystallisation of K-feldspar is continued by incongruent replacement of plagioclase. Quartz is crystallised together with K-feldspar, grows in form of hemispheres from the rim of large K-feldspar grains towards their interiors. Quartz in these cases is a transient mineral, and the final quartz-K-feldspar association is crystallised both as eutectic and by incongruent replacement of plagioclase.

As seen, crystallisation of the melt trends from one eutectic towards the other and covers an about 50 °C temperature interval (see Figures 1-3). K-feldspar does not form phenocrysts since it separates out at rather low temperature.

These differences probably are due to the fact that the melt composition was shifted from the very beginning of the crystallisation towards the higher SiO₂ and K content as well as towards the lower Fe and accompanying elements, *i. e.* is closer to granite than common monzogranites. Thus the initial temperature of crystallisation is lower than in host monzogranites. Change in composition of the melt and delay in the beginning of the crystallisation can be explained in terms of increasing H₂O content just before the crystallisation.

Changes in the initial parameters of crystallisation result in changes in fluid composition. Ca which passes into the melt during the incongruent replacement of plagioclase by K-feldspar does not remain in the melt due to the over-saturation with SiO₂. Hence, Ca passes into the fluid and separates out in the post-magmatic stage as calcite which aggressively corrodes quartz. Due to the temperature decrease because of the P_{H₂O} increase acid properties of the fluid become stronger, the melt is partially de-basified, becomes low-Mg and low-Fe. All this results in crystallisation of leucocratic rocks. As seen, leucocratic

monzogranites differ from common monzogranites due to extremely unbalanced relationships between the enriched in alkalis fluid and solid phase. This results in replacement of quartz by calcite.

Peculiarities of the composition of leucocratic monzogranites (see in Chapter "Further varieties of the host rocks") probably like in monzogranites are explainable in terms of the changes of the P_{H₂O}/P_{CO₂} ratio. Here, however, during the impoverishment in CO₂ the melt is enriched in SiO₂ by a process of opposite sense. The melt which has composition close to granite falls under the influence of increased with no balancing P_{H₂O}, and signs of extraction of components to the gas phase appear. Besides, just the gradual transitions from common monzogranite towards leucocratic monzogranite (as well as sub-alkaline quartz diorite and monzonite) shows that melt composition was under great influence of the H₂O and CO₂ content.

KORZHINSKII (1973a) related the genesis of leucocratic granites practically with no ore and opaque minerals to the meta-magmatic de-basification under influence of deep-originated fluids penetrating granite magma. When the temperature decreases, the fluid is condensed (its density increases) and, as a consequence, its acidity increases.

This idea was checked in experiments (SALOVA *et al* 1980). In laboratory experiments interactions between granite melt and acid fluid was studied. It was concluded from the experiments that with temperature decrease the proportion of alkalis and SiO₂, *i. e.* acid aggressiveness of the fluid relative to the melt (leaching of the melt) increases. When temperature fell to 700 °C in the experiment, the acid aggressiveness suddenly increased. It was doubled when the temperature fell to 600 °C. Parallel with the decrease of temperature the melt suffers more and more de-basification, *i. e.* becomes poorer in Ca, Mg and Fe. This way, increase of the acidity of the fluid results in release of alkali-earth elements and Fe from the melt. The composition of the resulting melt is close to that of aplites (SALOVA *et al* 1980).

It seems that similar process can be supposed for leucocratic monzogranites under discussion. Release of mafic elements from the melt and the aggressive alkali interaction of the residual fluid with the solidified rock (carbonatisation of quartz) is also obvious.

Leucocratic dikes

Mórógy dikes are composed of aplite and pegmatoid, their contacts with the country rocks being sharp.

The most important peculiarity of the rocks of this group is the leucocratic composition. The other peculiarity is the specific graphic texture which is only observable in thin sections. This texture does not cover whole thin sections, always occupy only distinct parts of them. It cannot be seen in all the thin sections. That is why first those cases are discussed when the mineral parageneses are with no graphic texture.

The common feature of these rocks is not only the leucocratic composition but also higher than in monzogranites (30-40%) microcline content. The degree of the decalcification of plagioclase can be quite different from slight (An36) up to intense (An25-26). Quartz content is usually higher if plagioclase did not suffer decalcification, in that case it is comparable with microcline content (30-40%). In presence of plagioclase the quartz content decreases approximately up to 20%.

Abundance of flame perthites is typical, especially on the contours of K-feldspar grains, as well as in connection with thin cracks within microcline and with inclusions of other minerals.

Micropegmatite occurs in extremely chaotic distribution. The size of spots of micropegmatite which is composed of quartz and K-feldspar is from less than mm till 1-2 mm. These spots are usually located inside large microcline grains, most frequently close to their contours. Sometimes micropegmatite also occupies rim of plagioclase grains independent of their decalcification. In this case within the quartz-K-feldspar micropegmatite plagioclase (andesine incl.) relics with sub-graphic quartz intergrowths are preserved. Micropegmatite differ from other types of intergrowths (*e. g.* flame perthites along contacts or cracks, drop-like quartz intergrowths in microcline, along its contours) in irregular distribution of micropegmatite spots of quartz-K-feldspar composition and in occupation by them of distinct areas within plagioclase, not only in microcline grains.

The quartz-K-feldspar micropegmatite appears as the last mineral association in the late magmatic generation of aplites and pegmatoids but only in that case when the residual melt is undoubtedly over-saturated with SiO_2 . With no over-saturation of this type the last separation is the flame perthite around cracks.

The quartz-K-feldspar micropegmatite represents in essence eutectic of the same type as the symplectite-type quartz intergrowths on the rims of microcline phenocrysts in monzogranites.

Aplites

Aplites are more-or-less equigranular quartz-feldspar rocks the grain size of which is less than that of the host monzogranites. During their generation, K-feldspar is crystallised in two phases. The early (pre-quartz) tabular K-feldspar bears simple twinning (it might be orthoclase) whereas the later (post-quartz) K-feldspar contains peripheral perthites. The generation of K-feldspar is divided into two parts by common crystallisation of quartz and plagioclase. After crystallisation of plagioclase common crystallisation of quartz and K-feldspar occurs. This step-like crystallisation is probably due to compositional peculiarity (over-saturation with K) of the initial melt of aplites.

Plagioclase (An26) bears traces of deep decalcification such as slight zoning and almost not observable

shade-like lamellar twinning. As compared to the K-feldspar of the second phase, plagioclase is unstable, forms typical monzonitic texture with it. The early K-feldspar tables are overgrown by microcline with sharp boundary between them. This shows that microcline is much later than the tabular K-feldspar. Flame perthites are only generated along the contours of the late, anhedral K-feldspar. The quartz-K-feldspar micropegmatite occur in nests, sometimes it is observable in small "en echelon" quartz intergrowths along smooth contacts of early K-feldspar tables.

Pegmatoids

Pegmatoids are quartz-feldspar rocks the grain size of which slightly differs from that of monzogranites although variations in grain size are stronger. No K-feldspar phenocrysts occur in them, the maximum size of feldspar grains is 3-5 mm. Quartz is usually in smaller grains, in aggregates, rarely forms larger mono-crystals up to 1 cm. In some pegmatoids which differ from others in plagioclase did not decalcified just in the areas which are similar to those in leucocratic monzogranites quartz aggregates of „pisiform" texture occur. An important peculiarity of pegmatoids consists in presence of monzonitic textures such as in monzogranites.

The order of crystallisation is in general the same as in aplites. According to VARLAMOFF's (1956) opinion "depending on cooling conditions and speed of separation of volatiles ... aplites, pegmatites or transitional rocks equally can be generated". It can be added that the step-like crystallisation which increases the number of successive equilibria at a given speed of the solidification of the melt promotes forming of fine-grained texture.

Genetic overview

On the basis of the dyke position and leucocratic composition of aplites and pegmatoids it can be supposed that alkali- H_2O - CO_2 fluid and a $P_{\text{H}_2\text{O}}$ value higher than in monzogranites played great role in their genesis. It is known that the higher is the $P_{\text{H}_2\text{O}}$, the wider is the Na-K mixing in the sub-solidus melt and the narrower is it in the albite and K-feldspar which are in equilibrium with that melt.

At decrease of $P_{\text{H}_2\text{O}}$ (see in Figure 3) the high-temperature two-feldspar-equilibrium field, which was previously limited by high $P_{\text{H}_2\text{O}}$, *i. e.* by crossing solidus and solvus lines, „is released". Since due to high $P_{\text{H}_2\text{O}}$ the near-solidus melt was saturated by both Na and K, at pressure fall the proportion of the Na phase becomes comparable with that of the K phase. Thus, due to the sudden fall of $P_{\text{H}_2\text{O}}$ flame perthites are generated along the fissures in K-feldspar as a consequence of interaction with the melt. In other words, factual temperature of the "dried" melt is much lower than that of a melt close to the solidus which is — as a melt in reaction with K-feldspar — saturated by both (Na and K) components.

Generation of micropegmatite “nests” seem to be explainable in terms of falling down of the P_{H_2O} due to opening of fissures. Fine and “regular” texture of the micropegmatite as well as its irregular distribution can be related to a sudden fall of P_{H_2O} at constant temperature, not to a gradual decrease of temperature. That fall results in “boiling” of the melt and release of the water from it, and the temperature of the residual melt falls below the temperature of “water-free” solidus. The melt is suddenly crystallised. This process goes in a certain sense incongruently, *i. e.* the early (large) K-feldspar and even the andesine (An31-33) is partly incorporated.

Similar, non-isochemical melting of plagioclase (An52) was observable in de-compression experiments at 730 °C in which ZHARIKOV *et al* (1994) suddenly decreased $P_{H_2O} = 5$ kbar up to 4.5 and 3.5 kbar. The main conclusion from the experiments consists in the water fluid is saturated with SiO_2 and alkalis at high P_{H_2O} . When P_{H_2O} falls solubility of these components in the fluid decreases, and they pass into the melt incongruently replacing plagioclase.

Between the experiment outlined and incongruent replacement of andesine with quartz–K-feldspar micropegmatite in monzogranite-aplites and -pegmatoids consists in the temperature defined in the experiments (730 °C) was above the solidus, and the melt (alkali-silicate glass of granite composition) was generated from the calcic plagioclase. In monzogranites under discussion the residual melt was crystallised as quartz–K-feldspar micropegmatite since due to the fast falling of P_{H_2O} the temperature of the melt fell below the solidus of the “dry” (water-free) melt.

As can be concluded from the above analysis, the appearance of flame perthites around the cracks and of micropegmatite aggregates in irregular distribution can be related to sudden falling of P_{H_2O} . Appearance of micropegmatite is also promoted by the excess SiO_2 content of the residual melt.

At the same time leucocratic composition of the rocks and variable de-calcification of plagioclase cannot be explained in terms of P_{H_2O} increase and subsequent fall. RAGUIN (1976) describes experimental data which show that water vapour in its hypercritical state can solve K and Si and re-group them in the course of the condensation in form of new quartz and K-feldspar. The amount of these minerals, however, only increases together in distinct cases, not always. In a general case there is correlation between the leucocratic composition of the rocks and the increase of the proportion of K-feldspar.

The results of the experiments on simulation of de-basification of granite melt (SALOVA *et al* 1980) are in many aspects similar to the generation of aplites and pegmatoids in monzogranites discussed which is also accompanied by release of Ca, Mg and Fe and by generation of monzonitic texture. There might be different versions.

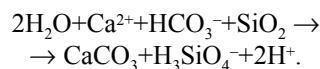
In the case when during the metasomatic re-crystallisation of leucocratic pegmatoids the amount of quartz, plagioclase and K-feldspar increases but plagioclase remains calcic, perhaps is explainable in terms of de-basification of the melt starts at high temperature, *i. e.* the acid aggressiveness of the fluid is rather low.

gioclase and K-feldspar increases but plagioclase remains calcic, perhaps is explainable in terms of de-basification of the melt starts at high temperature, *i. e.* the acid aggressiveness of the fluid is rather low.

In the case when de-basification of the melt results in release of Ca as well, not only Fe and Mg, *i. e.* when acid aggressiveness of the fluid is more expressed, the temperature of the meta-magmatic process was lower. Here, “leucocratisation” of the rock is accompanied by total sodification of plagioclase (up to An25-26).

The component resulting in acid aggressiveness is mainly CO_2 , but others (such as F, Cl or P) also can be (presence of P is proven by abundant apatite in the feldspar of monzonite). Since the fluid is able to leach the melt it can be regarded as high-concentrated solution (ZHARIKOV 1987).

From the moment of disappearance of the melt the fluid saturated with alkalis is not in equilibrium at low temperature with quartz of micropegmatite. Metasomatic replacement of quartz with calcite results in pseudomorphic (unstable) calcite–quartz–microcline pattern (see in Photo 4). Alkali and at the same time aggressive type of this replacement can be concluded from the reaction



It should be mentioned, that calcite which develops around quartz and forms reticular texture does not step over the contours of the micropegmatite. That means, generation of calcite is closely connected with solidification of last portions of the melt. Absence of the early acid stage of the metasomatism and appearance of the alkali stage just after the crystallisation of the melt serves a well distinction of aplites and pegmatoids both from the host monzogranites and from the post-granite metasomatites in general (in case of normal sequence of their mineralisation). This can be related to the early acid stage of the metasomatism during generation of aplites and pegmatoids appeared when

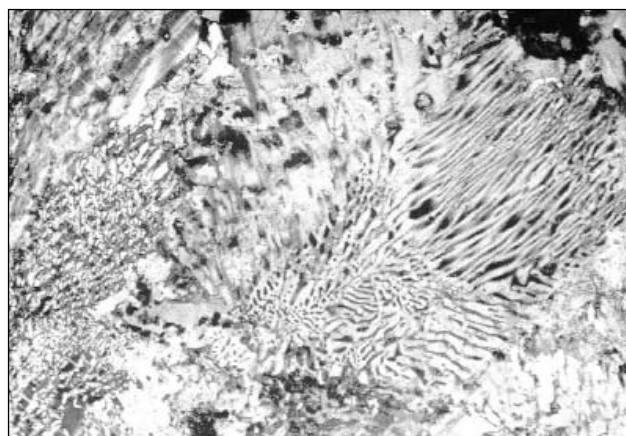


Photo 4. Replacement of quartz intergrowths by calcite in micropegmatite

4. fénykép. Kvarcbenővések behelyettesítése kalcittal mikropegmatitban

melt still existed and resulted in the meta-magmatic acid leaching of the melt. Such a process is possible at low temperature of the melt due to exclusively high (>5 kbar) P_{H_2O} . This would be in harmony with the position of aplites and pegmatoids in fissures.

This way, to the temperature, which is the main factor of the successive crystallisation of the parageneses in monzogranites, in case of pegmatoids the change of the fluid pressure (P_{H_2O}) is added. This pressure initially was higher than in monzogranites then at generation of the quartz–K-feldspar micropegmatite suddenly fell. The type of the acid interaction of the fluid with the melt depends on the temperature.

It is very important that most of the aplites and pegmatoids differ from the leucocratic monzogranites in that the interaction between the fluid and melt occurred after the crystallisation partially took place and not before crystallisation like in leucocratic monzogranites. Crystallisation of aplites and pegmatoids, thus, occurred at lower temperature.

Melanocratic enclaves

Melanocratic rocks occur in monzogranites as small (from cm to m) rounded or oval enclaves. As compared to monzogranites they are more fine-grained and more homogenous. Porphyritic texture is not visible. Contact alterations are almost not observable visually, and can only be established under microscope.

Coloured minerals are represented by amphibole and biotite. Amphibole is a low-Al analogue of pyroxene (edenitic hornblende or edenite). Visual and optical parameters are identical to that of the amphibole of monzogranites.

Edenitic parageneses are rather rare in granite rocks, and are formed under specific conditions. In the literature, only a few analyses for edenites from granite rocks were found. From “granitites” of Vosges three analyses are published by ROSEBUSCH (1923). One analyse for edenite in granodiorite from western coastal area of the Ochotsk Sea is published by NEDOSEKIN (1976) and CHUKHROV (ed. 1981). All these data as well as composition of amphibole and biotite from melanocratic rocks discussed are summarised in Table 4. The rest of edenite analyses found in literature are from metamorphic and metasomatic rocks.

As compared to the low- Al_2O_3 amphibole biotite contains high, about 16% Al_2O_3 (Table 4), which a little bit exceeds the mean of bitotites from monzonites (USHAKOVA 1980). Relative Mg content [$Mg/(Mg+Fe)$] of biotite is 0.6 which is less than in co-existing amphibole (0.69). According to PERCHUK and RYABCHIKOV (1976) this value of the relative Mg content opposite to that in common cases shows high-temperature re-grouping of Mg from biotite to amphibole and marks temperature 720 °C.

Table 4. Composition of coloured minerals from melanocratic enclaves in the monzogranites of Mórógy Massif, in granite from Vosges (France) and in a granodiorite from Okhotsk Sea area (Russia)

4. táblázat. A Mórógyi-masszívum monzogranitjaiban lévő melanokrata zárványokban, vogézi (Franciaország) granititban és egy Ohotszki-tenger vidéki (Oroszország) granodioritban lévő színesásványok összetétele

Components	Edenitic hornblende			Biotite
	1	2	3	4
SiO ₂	52.18	52.37	49.00	38.18
TiO ₂	0.50	0.19	0.98	2.81
Al ₂ O ₃	3.65	4.10	4.74	15.94
Fe ₂ O ₃	–	0.69	3.75	–
FeO	12.35	11.90	9.70	16.45
MnO	0.26	0.38	1.03	0.27
MgO	15.65	14.65	14.36	13.65
CaO	12.43	11.46	11.73	0.10
Na ₂ O	0.46	3.64	1.15	0.11
K ₂ O	0.26	0.59	0.52	8.97
H ₂ O ⁺	–	0.50	2.63	–
Total	97.74	100.47	100.19	96.48
Si	7.48	7.56	7.20	2.86
Al ^{IV}	0.52	0.44	0.80	1.14
Al ^{VI}	0.09	0.25	0.02	0.27
Ti	0.05	0.03	0.11	0.16
Fe ³⁺	0.35	0.07	0.42	–
Fe ²⁺	1.13	1.44	1.19	1.03
Mn	0.04	0.05	0.12	0.02
Mg	3.34	3.16	3.14	1.52
Ca	1.91	1.77	1.84	0.01
Na	0.12	1.02	0.33	0.02
K	0.04	0.10	0.09	0.85
OH	2.00	1.40	1.95	1.66
F	–	no det.	0.07	–
O	22.00	22.60	22.03	10.34

Remarks: Mass-% and atomic ratios; no det. = no determination. 1, 4 — *microsond data from Üveghuta granite (SALLAY 2000)*: 1 — sample 84/1/2, 4 — sample 1/84/2. 2 and 3 — *chemical analyses*: 2 — amphibole from “granitite” from Vosges (ROSEBUSCH 1923, analyse 16), 3 — amphibole from granodiorite from Okhotsk Sea area (NEDOSEKIN 1976). Amphibole analyses were re-calculated to 13 cations. In analyse 1 for compensation of the valency part of Fe was recalculated from Fe²⁺ to Fe³⁺. In analyse 3 there are 0.15% F, additionally for each formula unit 0.05 H₂O⁺ was calculated. Biotite analyse (4) was re-calculated to 7 cations.

Megjegyzés: A táblázatban tömeg-%-ok és atommennyiségek szerepelnek. 1, 4 — *mikroszondás elemzések az üveghutai gránitból (SALLAY 2000)*: 1 — 84/1/2 sz. minta, 4 — 1/84/2 sz. minta. 2 és 3 — *kémiai elemzések*: 2 — amfibol vogézi „granititból” (ROSEBUSCH 1923, 16. sz. elemzés), 3 — amfibol Ohotszki-tenger környéki granodioritból (NEDOSEKIN 1976). Az amfibolelemzéseket 13 kationra számítottuk. Az 1. sz. elemzésben a vegyértékek kompenzálására a Fe egy részét Fe²⁺-ból Fe³⁺-ba tettük át. A 3. sz. elemzésben 0,15% F van, ezen kívül egy képletnyi egységre 0,05 H₂O⁺ mennyiséget számítottunk. A biotit (4) elemzését 7 kationra számítottuk.

Rocks of the enclaves are mainly *diorites*, in which sometimes accessory quartz and microcline occur (transition to *melanocratic sub-alkaline quartz diorites*). *Melanocratic monzonites* are rarer, in one case they are surrounded by coarse-grained (pegmatoid) quartz monzonites.

In composition of **melanocratic biotite-amphibole diorites** following minerals are present:

plagioclase	40-50%	allanite	accessory
biotite	25-30%	apatite	accessory
hornblende (edenite)	30-35%	zircon	accessory
titanite	2-3%		

Plagioclase mainly forms small (0.2–0.8 mm) lath-shaped tables with simple or lamellar twinning. occurrences of smaller (1.5 mm) individual isometric euhedral grains with satellites are much rarer. The latter seem to be formed in an early phase of crystallisation of plagioclase since some of them are included into plagioclase. Sharp shade-like zoning (An30-31) is visible in large plagioclase although its composition is balanced (by de-calcification). In the presence of de-calcified grains plagioclase of the groundmass is clearly zoned: cores have An40-45, margins, An29-34 composition. Compositional equalisation in large grains and its absence in smaller plagioclase of the ground mass can probably be related to variations in the speed of crystallisation: plagioclase of the ground mass crystallised faster, and its composition was not homogenised. In most of thin sections, in which larger grains are absent, the smaller lath-shaped plagioclase went through strong de-calcification and exhibits shade-like zoning at composition An30-31 (in the cores sometimes An33). Numerous small apatite inclusions are typical for this plagioclase.

Biotite occurs in greenish-brown knots between the grains of feldspars or feldspars and quartz. Acicular contours of lamellae are typical. *Amphibole* is represented by edenite (see above). It is a constituent of knots of coloured minerals together with biotite or alone in rhombic prisms.

Allanite occurs in single mostly altered grains. *Titanite* is represented by two generations. Early titanite forms single rather big (max. 0.5 mm) grains at the contacts of hornblende and plagioclase. The second generation forms small grains along with biotite. *Zircon* occurs as small inclusions in biotite. *Apatite* is also represented by two generations. Early apatite occurs in separated short prismatic grains inside plagioclase and biotite. Later acicular apatite is connected with de-calcified plagioclase.

When *microcline* is present (some %) typical monzonitic texture is observable.

The *secondary minerals* proper are present at about 2-3%. This is first of all epidote which occurs on the contact between biotite and plagioclase, rarer amphibole. Sericitisation takes place in central, most calcic parts of plagioclase grains.

Conditions of crystallisation can be characterised as follows. Properties of plagioclase and abundance of small apatite inclusions in it show that Ca released in the course of the de-calcification was concentrated in the melt and with no passing to the fluid (no late calcite) was *in situ* precipitated as apatite in plagioclase. Specific features which supported equilibrium composition of the melt at high Ca and alkalis are probably related to the high CO₂ in it. According to KOGARKO and RYABCHIKOV (1978) high P_{CO₂}

results in generation of magmas rather under-saturated with SiO₂ but enriched in Ca and alkalis. Not only abundance of apatite inclusions in plagioclase but also presence of amphibole in a quantity which is comparable with that of biotite as well as high concentration of titanite are probably explainable by this feature. Solubility of CO₂ in melt is promoted by high water content reflected in presence of two water-bearing aluminosilicates (ORLOVA and RYABCHIKOV 1977).

Distinct changes in mineral-equilibrium state occur on the contacts between melanocratic rocks and host monzogranite or sub-alkaline quartz diorite. Here greenish-brown biotite and light greyish-green amphibole (edenite) remain in equilibrium but biotite becomes aggressive to plagioclase. This shift of the equilibrium is accompanied by abundant separation of small (second generation) titanite. In the case of similar changes amphibole stays as indifferent mineral and forms aggregates of euhedral grains. Changes of this type seem to occur under influence of the melt of monzogranites or sub-alkaline quartz diorites if melanocratic diorite enclaves appear in the melt.

These aggregates of amphibole crystals, which occur along with biotite lamellae and do not contain plagioclase, rather frequently are generated just on the contacts of the less leucocratic rocks hosting melanocratic diorites. They can be regarded as restites *sensu* MEHNERT (1968). Restites are “relictic coloured minerals which form aggregates when melts of feldspar or quartz–feldspar composition are separated”.

Coarse-grained (pegmatoid) quartz monzonite, which is developed on the lower contact of a biotite-amphibole monzonite (monzodiorite) of 12.6 m apparent thickness with the host quartz diorite, has specific composition:

quartz	10-15%	as in monzogranite
plagioclase	35-40%	
microcline	30-35%	more than in monzogranite
biotite	3-5%	less than in monzogranite
hornblende	5-10%	less than in monzogranite
titanite	2-3%	

When the early quartz–plagioclase association is followed by the later quartz–K-feldspar association the plagioclase de-calcified up to An30 is incongruently replaced by K-feldspar, and monzonitic texture appears. Biotite starts crystallising earlier than amphibole, along with quartz and plagioclase, whereas edenitic hornblende and titanite is generated together with K-feldspar. Plagioclase in this rock despite its de-calcification (shade-like zoning) does not contain apatite inclusions which are absent in microcline as well. Apatite grains were generated earlier along with the first quartz separation.

Contact effect to the host quartz diorite is similar to that between the melanocratic rocks and host monzogranite or sub-alkaline quartz diorite.

Attention should be paid to the behaviour of Ca. It precipitates as acicular apatite during the de-calcification of

plagioclase in the early quartz diorite and is ex-solved from later quartz monzonite despite the de-calcification of plagioclase and its replacement by microcline. In the first case (quartz diorite) the effect from the higher CO₂ content of the melt and corresponding enrichment of the melt in Ca and impoverishment in SiO₂ is obvious. In the second case (quartz monzonite) the melt is not poor but rich in SiO₂ that is not common in the case of monzonites. That is why it is supposed that increase of P_{H₂O} plays the main role in generation of leucocratic quartz monzonite (pegmatoid).

In this case such as in leucocratic monzogranite-pegmatoids in-equilibrium increase of the P_{H₂O} has a stronger effect than that from the CO₂ and results in de-basification of the melt. Besides Ca also Fe and Mg pass to the fluid, and as a consequence the abundance of coloured minerals sensibly decreases.

Summarising it can be stressed that minerals and mineral parageneses of both rock groups — melanocratic diorite *etc.* enclaves and host monzogranites *etc.* — (not taking into account secondary products) are very similar. This makes possible to derive both of them from the same magma chamber.

Epilogue

Petrological study by Vladimir Alexandrovich Utenkov undoubtedly is the most detailed and most argued which was ever done for the Mórággy granitoids. Each of the conclusions is derived from a detailed analysis which is based on the phase rule and concept of the mineral parageneses.

In the discussion of the composition of Mórággy granitoids none of them was formerly used.

Questions formulated in the Introduction were answered by Utenkov as follows:

— Large K-feldspar crystals are of magmatic origin, their metasomatic origin is excluded by both composition and texture of minerals. [It should be noted that argumentation in favour of their metasomatic origin based on the temperature of crystallisation can be doubted even on the results of analogous investigations for 12 obviously magmatic plagioclase (BUDA 1969) from which an average temperature 517±10 °C can be calculated.]

— Petrographic variations of the host granitoids originated from magmatic differentiation. Different rock varieties are composed of the same minerals, their relationships being controlled by the path of the temperature decrease and by the volatile content of the melt.

— Rocks of both melanocratic enclaves and leucocratic dikes are in close connection with the host granitoids: both of them originated from the same magma, enclaves being early, dikes, late products of crystallisation.

A further conclusion consists in that Mórággy rocks are not of granite but of monzonite type which has a specific position among magmatic rocks: its crystallisation is not orientated towards eutectic but can be described as a temporary succession of different mineral parageneses.

Results obtained clearly show that classical microscope study can serve news even as compared to petrological conclusions from much more modern tools (FÖLDEVÁRI-VOGL and BÖJTÖS-VARRÓK 1968, PANTÓ 1975, SZEDERKÉNYI 1975, BUDA and NAGY 1995: geochemical studies; BUDA 1968, 1974, HÁDEN 1997: feldspar studies).

VLADYIMIR ALEXANDROVICS UTENKOV (BALLA ZOLTÁN és SALLAY ENIKÓ elő- és zárszavával):
A mórággyi gránitközetek petrológiája Bábaapáti (Üveghuta) környéki fúrások vizsgálatára alapján

Előszó

A mórággyi gránitközetek ma ismeretes három fő csoportja a porfiroz alapkőzet, a melanokrata zárványok és a leukokrata közzetelerek. Ezeket BUDA (1974) különítette el [„porfiroblasztos fehér és rózsaszín mikrokrintartalmú granodiorit”, „metabázit (főként amfibolit-zárványok)”, valamint „aplit vagy pegmatit (telérek vagy fészekszerű előfordulások)”, az illető közetek önállóságát azonban már ROTH (1875) felismerte („porfiroz gránit” és „palás szövetű gneiszgránit”, „bázisos telérek” és „aplit”). A mórággyi gránit felépítésében az első mikroszkópos és közetkémiai vizsgálat során PAPP és REICHERT (1929) dioritot, szienitet és gránitot különböztetett meg. Részletesebb

tanulmányozással PAPP (1952) még több közzetfeleség jelenlétét mutatta ki, amelyek közül az alapkőzetet valószínűleg a változó amfibol- és biotittartalmú gránit és granodiorit, a melanokrata zárványokat talán az amfibol-szienit, minette és kerzantit, a leukokrata telérek pedig feltehetőleg a gránitaplit képviseli; megállapította azt is, hogy a közetek átmeneti típusúak az alkáliak felé. Jól később BUDA (1985) felismerte, hogy a mórággyi közetek monzonitos jellegűek. Fél évszázada mutatta ki JANTSKY (1953), hogy a gránit dinamometamorfózist, valamint katalázos és milonitos deformációt szenvedett és kb. 60°-os irányban palásodott.

A kutatók mindeddig hallgatólagosan vagy bevallottan abból indultak ki, hogy a mórággyi gránit benyomuló

magmából keletkezett. A gránitközetek képződését illetően SZÁDECZKY-KARDOSS (1959) fordulatot hozott azzal, hogy feltételezte: „a gránitos közettest nem magmás, hanem migmás eredetű metasztatikus képződmény”. Ez a felfogás alapvetően változtatta meg a magyar kutatók szemléletét.

A gránittest **korát** VADÁSZ (1914) óta perm előttinek, pontosabban VADÁSZ (1935) nyomán variszkuszinak (TELEKI 1941, VADÁSZ 1953) gondolják. Az anatektikus („migmás”, „metasztatikus”) gránitképződés korát illetően felmerült a variszkuszinál idősebb, kaledóni (CSALOGOVITS 1964), sőt prekambriumi (SZEPESHÁZY 1966, 1967, 1973; JANTSKY 1975, 1979) kor lehetősége is, azonban a kutatók többsége a szemléletváltás után is megmaradt a variszkuszi kor hívének (VADÁSZ 1960, WEIN 1967, SZÁDECZKY-KARDOSS 1967, GHANEM, RAVASZ-BARANYAI 1969, SZÁDECZKY-KARDOSS 1969, BUDA 1985, 1990, 1994, BUDA, NAGY 1995, BUDA *et al* 1999, 2000), a K–Ar kormeghatározások (BALOGH *et al* 1983) pedig alátámasztani látszanak a variszkuszi kort.

A SZÁDECZKY-KARDOSS (1959) fordulatot hozó cikkét követő évtizedben a gránitképződés anatektikus-metasztatikus eredetéről vallott felfogás határozta meg a magyar kutatók gondolkodását (WEIN 1967, SZÁDECZKY-KARDOSS 1967, FÖLDVÁRI-VOGL, BÖJTÖS-VARRÓK 1968). Később azonban SZÁDECZKY-KARDOSS (1969) a migmatitosodást már a gránit intruzív, injekciós metamorf hatásával magyarázta. Ez jelentős változás az eredeti felfogáshoz képest, amely szerint a gránit a migmatitosodásnak terméke és nem oka lenne.

A gránit **ásvány-kőzettani jellegeit** ennek ellenére a továbbiakban is anatektikus-metasztatikus eredet feltételezésével vizsgálta és írta le GHANEM és RAVASZ (1969), SZEDERKÉNYI (1974, 1975, 1985), JANTSKY (1975, 1979) és BUDA (1968, 1969, 1972, 1974, 1975, 1981a, 1981b, 1990, 1994, 1995; BUDA, NAGY 1995; BUDA *et al* 1985). Ennek a felfogásnak lényeges szempontja volt, hogy a gránit közel egykorú a környezetében előforduló képződmények metamorfózisával, ezért a gránitban már ROTH (1875) által említett és JANTSKY (1953) által leírt metamorf jelenségeknek nem szenteltek komolyabb figyelmet, legfeljebb mellékesen említették azokat. JANTSKY (1979) szerint ez a metamorfózis retrográd jellegű, s nála fiatalabb (alsó-jura utáni) a kataklázis és milonitosodás.

A gránitosodás BUDA (1972, 1975) szerint kb. 450 °C körüli hőmérsékleten játszódott le. A későbbi hőmérséklet-emelkedés hatására az alapanyag káliföldpátjai részlegesen mobilizálódtak, így alakultak granodioritos összetételűvé a mecseki közetek. A felszabaduló K, Si, Al hozta létre a gránitokban a metasztatikus káliföldpát-kiválásokat és a gránitaplitokat (l. alább).

Eleinte az anatektikus-metasztatikus eredet egyik fontos elemének tekintették, hogy a korábban „porfiroso” minősítésű **káliföldpát** metasztatikus eredetű. BUDA (1994) két káliföldpát-generációt különített el: a közepesen rendezett szerkezetű az alapanyagban, a rendezett

szerkezetű porfiroblaszként fordul elő. Szerinte csak az alapanyag káliföldpátja kristályosodott anatektikus olvadékból, a porfiroblasztok későbbi K-metaszomatózis során keletkeztek. Rendezettségi vizsgálatai nyomán HÁDEN (1997) is arra következtetésre jutott, hogy a nagy káliföldpátok kristályosodási hőmérséklete 500–550 °C körül lehetett, azaz ezek a kiválások metasztatikus eredetűek. Ezzel az anatektikus-metasztatikus eredet SZÁDECZKY-KARDOSS (1959) által bevezetett leglényesebb eleme — az *in situ* kiolvadás (egyébként nagyobb gránittest nemigen származik más eredetű magmából, bár a kristályosodás a kiolvadási helytől különböző távolságban mehet végbe) — tulajdonképpen bizonytalanná vált. Nem véletlen, hogy az utóbbi években született munkák (BUDA 1996, 1998, 1999, BUDA, PUSKÁS 1997; BUDA *et al* 1999, 2000) a helyben történt kiolvadást már nem hangsúlyozták.

A gránit kristályosodási menetét illetően BUDA (1981a) azon a véleményen volt, hogy abban jelentős szerepet játszott a differenciáció és a viszonylag nagy vízgőznyomás, de később a differenciációt elvetette, mégpedig szembe állítva azt az anatektikus-metasztatikus eredettel (BUDA 1985), de megtartva azt a gondolatot, hogy az olvadék könnyenillókban dús volt. Szerinte kis hőmérsékleten először biotit és ilmenit kristályosodott, ezt követően váltak ki a leukokrata elegyrészek. A lehűlés lassú volt, így a földpátok szerkezete rendezetté vált.

Az anatektikus-metasztatikus eredet értelemszerűen az alapgránitra vonatkozik. E felfogás keretében a **melanokrata zárványok** legegyszerűbben az eredeti, megolvadás előtti közettömegnek a részleges megolvadás során szilárd állapotban maradt részeiként, azaz a migmatitok paleoszómájaként foghatók fel (BUDA 1974, JANTSKY 1975, 1979). Ezeket a zárványokat bázisos összetételűnek (BUDA 1974) minősítették, ami együtt járt azzal, hogy az alapgránitot és a zárványok közetét eltérő eredetűnek vélték (BUDA *et al* 1985). Ezt megerősíteni látszott az a körülmény, hogy az alapgránitnak magas a ritkaföldfém-tartalma, míg a melanokrata zárványoknak alacsony (BUDA 1990).

A zárványok összetétele zömmel nem bázisos, hanem intermedier (szienites, monzonitos, dioritos, l. BUDA 1996, 1998, 1999), bár BUDA (1995) szerint a titanit, a krómit, a ferrodipszid, a labradorit (An60) összetételű zónás plagioklász, a Mg-dús aktinolitos hornblende és a Mg-biotit, valamint a δD és az $\delta^{18}O$ arány bázisos magmás eredetre utal. A zárványok is palásak (JANTSKY 1979), s amfiboljoknak aktinolit, ill. aktinolitos hornblende összetétele posztmagmás vagy metamorf átalakulásra mutat (BUDA 1995).

Néhány éve megjelent az a gondolat, hogy a zárványok ugyan bázisos összetételűek, azonban a kétféle közet — az alapgránit és a zárványok köze — két, egy időben létező és időben egyszerre kristályosodó olvadék terméke (BUDA 1999, BUDA *et al* 1999, 2000). Ezzel eltűnt az alapgránit *in situ* anatektikus-metasztatikus eredetének legfőbb érve, a részleges megolvadás során szilárd

állapotban megmaradt, erősen metamorf kőzetzárványok jelenléte.

A mórággyi gránittest harmadik komponensét alkotó **leukokrata telérek** mindig is benyomult magmás olvadék kristályosodási termékének tekintették. Az anatektikus-metaszomatikus eredettel ezt BUDA (1968, 1972, 1974, 1975) úgy egyeztetette össze, hogy a teléreket a granodioritos kőzetek K-jának mobilizálását (l. feljebb) követő K-metaszomatózis alacsony (<450 °C) hőmérsékletű termékeinek tekintette. Később ugyanezeket a teléreket BUDA (1990) maradékolvadékból származtatva, az utóbbi években pedig a telérek önálló eredetét hangsúlyozza (BUDA 1996, 1998, 1999, BUDA *et al* 1999, 2000), megemlítve, hogy a telérek kőzetek normál differenciációs trend szerint kristályosodtak.

Az atomeróművi kis és közepes radioaktivitású hulladékok végleges elhelyezését célzó földtani kutatás során felismertük, hogy egyrészt a nagyméretű káliföldpát-kristályokat átszelik a savanyú kőzetelések, másrészt mind az alapkőzetet, mind a kőzeteléseket változó intenzitású palásság és metamorfózis érinti. Az első tény erősen kétségessé tette a nagyméretű káliföldpát-kristályok metaszomatikus eredetét, a második viszont kétségtelenné tette, hogy a mórággyi gránit megismerésében a metamorf jelenségek döntő fontosságúak, s fiatalabbak a nagyméretű káliföldpát kiválásánál.

Mindez arra készítetett, hogy felülvizsgáljuk a mórággyi gránit kialakulását illetően uralkodó elképzeléseket. Ennek legegyszerűbb módjaként az kínálkozott, hogy az előzményektől teljesen független külföldi szakemberrel vizsgálattunk meg a fúrások üde gránitkőzeteiből készített mintegy 100 vékonycsiszolatot. A vizsgálattal Utyenkov Vlagyimir Alexandrovicsot, a Moszkvai Földtani-kutatási Akadémia neves szakemberét bíztuk meg. Az alábbi leírásban a problémának csak az első részére, nevezetesen a magmás kőzetképződésre vonatkozó eredményeket ismertetjük. A vizsgálat feladata ezen a téren az volt, hogy megalapozott választ adjon a következő kérdésekre:

— Milyen — magmás vagy metaszomatikus — eredetűek a nagy káliföldpát-kiválások?

— Mi az alapgránit kőzettani változékonyságának a genetikai értelme?

— Milyen kőzetgenetikai viszonyban állnak az alapgránittal egyfelől a melanokrata zárványok, másfelől a leukokrata telérek kőzetei?

Bevezetés

A Mórággyi-rög a mai felszínén 18×7 km-es kristályos alaphegység kibúvást képez a Mecsek hegységtől DK-re. A kőzettest vastagsága geofizikai adatok szerint legalább 2-3 km. A földtani helyzet alapján feltételezhető, hogy a gránitkőzetek allochton módon, tektonikai takaró formájában települnek.

Az atomeróművi kis és közepes radioaktivitású hulladékok végleges elhelyezését célzó földtani kutatás során

a Mórággyi-rög ÉK-i részén, Bataapáti község területén nagyszámú fúrás mélyült, amelyek közül hat nagyobb (300–500 m-es) mélységű fúrásból vett 62 csiszolatot vizsgáltunk meg. Ez szolgált a jelen tanulmány alapjául.

A kutatási terület főleg *monzogranitból* áll, ritkábban fordul elő *szubalkáli kvarcdiorit* és *monzonit*. A kristályosodás későbbi fázisában keletkezett a *leukokrata monzogranit*, valamint az aplit- és pegmatoidtelérek sorozata. A monzogranitban *melanokrata kőzetek* zárványai fordulnak elő. Köztük ugyancsak előfordul *kvarcdiorit* és *monzonit*, de túlsúlyban *diorit* van.

Elsőként az alap-, majd a leukokrata telér-, végül a melanokrata kőzeteket tárgyaljuk.

A magmás kőzetek elemzésében *paragenezisek* kijelölésére és egymásutánjuk meghatározására törekszünk. A paragenezis KORZHINSKII (1973b) szerint „együtt előforduló és egymással egyensúlyi helyzetben lévő ásványok asszociációja”. A *másodlagos elváltozásokat* a posztmagmás oldatok lúgosság-savasság változásának KORZHINSKII (1969) által kidolgozott sémája alapján tárgyaljuk.

Az alapkőzet

Az alapkőzetek zöme monzogranit [BOGATIKOV *et al* (1981) osztályozásában kvarcmonzonit], és a szubalkáli kvarcdiorit–kvarcmonzonit csoport utolsó, alkáliákkal maximálisan telített tagját képezi. Az alapkőzetben a káliföldpát- és kvarctartalom erősen ingadozhat. Ha a káliföldpát-tartalom a monzogranitokra jellemző átlagnál kisebb, szubalkáli kvarcdiorit, sőt kvarcdiorit, ha nagyobb, egyrészt kvarcban szegény (monzonit), másrészt nagy kvarctartalmú kőzet (leukokrata monzogranit) jelenik meg. Mind a csoportokon belül, mind e kőzetek egyes fajtái között fokozatos átmenetek léteznek.

A fő változatot kétségtelennül az *amfibol-biotitos monzogranitok* képviselik. Az alábbiakban a monzogranitok, majd egyéb alapkőzetek jellemzése következik.

Monzogranit

Kinézését tekintve a monzogranit teljesen kristályosodott kőzet, amely nagyméretű (max. néhány cm-es) szabályos káliföldpát-kiválásokból és középszemcsés alapanyagból áll.

Nagyméretű káliföldpát-kiválások

Nagyméretű káliföldpát-kiválások foglalják el a kőzet térfogatának mintegy 10-15%-át. Összetételük a kutatási terület tágabb környezetéből származó kőzetek (Véménd, Mórággy, Kismórággy) 7 kémiai elemzésének adatai szerint (BUDA 1969, 1974) $Or_{80,3-83,6}$, $Ab_{15,3-18,3}$, $An_{0,8-3,2}$, azaz viszonylag stabil. A káliföldpátban 10%-ot elérő mennyiségben van jelen apró, normál, szételegyedésszerű peritit. A peritit albitjának alacsony hőmérsékletű szételegyedésszerű kiválásától független, külön formát képvisel a peremi lángperitit (l. alább). A nagyméretű kiválások egyszerű

ikrekből állnak, ezek hátterén durvafojtos mikroklines rácsosság fejlődik ki. Ténylegesen megfigyelhető másodlagos — késői dinamometamorfózissal kapcsolatos — rácsossága alapján a káliföldpátot a további tárgyalásban „mikroklinnek” nevezzük (kivéve az inkongruens reakciók és a kísérleti adatok tárgyalását).

A nagyméretű káliföldpát-kiválások belsejében gyakran fordulnak elő az alapanyagból származó zárványok. Ez a tény első pillantásra *metaszomatikus káliföldpátosodás* benyomását keltheti. Az alapanyag földpátosodását elsőként REYNOLDS (1947) írta le kovás-alkáli metasomatózisként, azaz olyan folyamatként, amelyben a kőzetbe Si, Na, K lép be, és onnan Ca, Mg, Fe távozik, és amelyet gránitosodásnak nevezett el. Ezt a folyamatot általában a kiindulási kőzetek plagioklászának tömeges és erős savanyosodása (kiszorításos antipertitek megjelenésével), valamint a káliföldpát és a kvarc mennyiségének fokozatos megnövekedése és a színesásványok mennyiségének jelentős csökkenése (debazifikálódás) kíséri a bázisos komponensek helyben történő kiválásának mindennemű jele nélkül. Leukokrata árnyékmigmatitok jönnek létre. Ezt a folyamatot általában a tulajdonképpeni gránitosodás (gránitos eutektikum kiolvadása) metasomatikus előkészítéseként értelmezik, és részleteit számos munkában ismertetik (KORZHINSKII 1952, RUNDKVIST 1976, GAVRIKOVA 1982, ZHARIKOV 1987, ZHARIKOV, GAVRIKOVA 1987, 1989).

Esetünkben a kvarc-, biotit-, amfibol-, titanit- és cirkonzárványok átkristályosodnak, sőt megnagyobbodnak, ami arról tanúskodik, hogy egyidejűleg nem távozott Fe és Mg. Világos nyomok mutatnak arra, hogy a Ca helyben vált ki a magmás folyamatban (l. alább), vagyis szintén nem távozott. A plagioklász-zárványok nem növekszenek, hanem oldódnak, és méretük csökken. A plagioklász a káliföldpát-képződés során olyan folyamatot jelez, amelyben időről időre egyensúlyi állapot jön létre a káliföldpáttal (l. alább). A tanulmányozott kőzetekben a plagioklász erős savanyosodása (albit-oligoklászig, vagy legalább közepes oligoklászig) nem fordul elő. Mindennek alapján feltételezhető, hogy a káliföldpát képződése olvadék részvételével játszódik le, s a nagy kiválások magmás eredetű *fenokristályok*.

Alapanyag

Az **alapanyag** átlagos ásványi összetétele a következő:

plagioklász	45-55%	titanit	járulékos
káliföldpát	~15%	allanit	járulékos
kvarc	~15%	apatit	járulékos
biotit	10-15%	cirkon	járulékos
hornblende	3-5%		

A tényleges kőzetösszetétel ezekhez a számokhoz viszonyítva a fenokristályok jelenléte miatt kissé eltolódik a káliföldpát irányába.

A *plagioklász* kvarc környezetében idiomorf táblákat alkot, amelyek optikai úton (az első kristálytengelyre

merőleges metszeteken) meghatározott összetétele főként az An₃₀₋₄₅ tartományban mozog. Jellemző a zónásság, többnyire teljesen szericitisedett bázisos maggal és savanyú peremmel. A zónásság gyakran csak árnyékszerűen marad meg, ami arra mutat, hogy a plagioklász összetétele az olvadékkal történő kölcsönhatás eredményeképpen kiegyenlítődik és savanyúbbá válik. A plagioklászban apró zárványokban biotit, titanit és cirkon, valamint alacsony kvarctartalmú kőzetben amfibol van jelen. Apró, cseppszerű mikroklínbenővések is előfordulnak benne finom, normál, esetleg elsődleges rácsossággal.

Az alapanyagban lévő *mikroklín* plagioklászszemcsék közeit tölti ki monzonitos szövetet hozva létre. Néhol a mikroklín-fenokristályok sima határából elágazások indulnak kifelé, amelyek a szemcséközi káliföldpátos anyagba mennek át. Ez a körülmény a kétféle káliföldpát szoros kapcsolatára mutat.

A *kvarc* mindenhol átkristályosodott, és varratos (szuturás) határu szemcsék halmazai alakultak.

A *biotit* világos zöldesbarna, pikkelyhalmazokat képez a földpát-szemcsék közein, nemritkán zárványokat alkot plagioklászban és mikroklínben. Az *amfibol* a kvarc-hoz társul, de kvarcszegény kőzetekben a plagioklászban fordul elő. Kinézete a vékonycsiszolatokban specifikus. Jellemzője a világoszöld szín és különösen az egyszerű és a 3-4 széles egyedből álló poliszintetikus ikresedés, a nagy C_{Ng} (25–27°) és a nagy $2V_{Np}$ (75–80°). Ezen ismérvek alapján, valamint a szerző személyes tapasztalatának értelmében ez az ásvány valószínűleg edenit (edenites hornblende). A melanokrata zárványok optikai jellemzőit tekintve ugyanilyen amfiboljának edenites jellegét közvetlenül igazolják a SALLAY (2000) által végzett vizsgálatok (l. a „Melanokrata zárványok” részben).

A *titanit* általában kvarcot és amfibolt kísér, de zárványokat is képez mikroklínben. Az *allanit* világosbarna idiomorf kristályokat alkot, amelyek kizárólag kvarc társaságában fordulnak elő. A *cirkon* főleg apró zárványként fordul elő biotitban. Az *apatit* viszonylag nagyméretű, rövidoszlopos kristályokat képez kvarcban, és apró tús kiválásokként van jelen földpátokban, főleg plagioklászban. Az utóbbi esetben szemcseszegélyekhez kötődik, és nincs meg a bázisosabb kristálymagban.

Genetikai áttekintés

A monzogránitok megkülönböztető sajátossága egyrészt a plagioklász erősen bázisos (andezines) összetétele, másrészt piroxén hiánya mellett amfibol és biotit jelenléte. Az első e sorozat kőzeteinek általános sajátossága, amely az olvadék kezdettől fogva magas Ca-tartalmát tükrözi. A második sajátosság már specifikusabb. A monzonitokban általánosan elterjedt piroxén amfibollal történő felváltása, emellett biotit fellépése, azaz két víztartalmú alumíniumszilikát ásvány tényleges jelenléte a kőzetekben rendkívül magas vízgőznyomásról tanúskodik.

Valószínűleg az olvadék víztelítettségével függ össze a pegmatoid képződmények jelenléte és a posztmagmás

ásványok bősége is. A víztelítettség miatt az ásványok *egyensúlyi elemzésében* a nagy vízgőznyomáson ($P_{H_2O} = 5$ kbar) végzett kísérletek eredményeként nyert diagramokat alkalmazzuk.

AZ ALAPANYAG KRISTÁLYOSODÁSA

A monzogranitok kristályosodási rendje (1. táblázat) eléggé stabil. Elsőként kezd kristályosodni a biotit, a titanit és a cirkon [alacsony kvarctartalom esetén — a szubalkáli kvarcdioritokban (l. az Egyéb alapkőzet-változatok részben) ezekhez az ásványokhoz amfibol is csatlakozik]. Mindezek az ásványok apró zárványokat alkotnak a plagioklászban. A továbbiakban a színes és járulékos ásványok kiválása folytatódik, de már a kvarccal és káliföldpáttal együtt, vagyis a színes és járulékos ásványok „áthúzódozó” fázist képviselnek. A kvarchoz társulva allanit jelenik meg. Ugyancsak a kvarccal asszociál az apatit rövidoszlopos, viszonylag nagyméretű változata is.

A tárgyalt monzogranitokban és kísérő kőzeteikben a plagioklász (kristályosodás során lejátszódó) összetétel-változásának két különböző tendenciája figyelhető meg. Egyik a normális zónásság bázisos maggal és savanyúbb peremmel, éles határral a zónák között. A másik e zónásság elmosódása, amikor a zónásság csak árnyékszerűen marad meg, az összetétel pedig An30 körül kiegyenlítődik vagy az egész szemcsében, vagy annak külső részén. Az árnyékszerű zónásság ellenére az ikerlemezek mindegyike egyidejűleg („átfutóan”) olt ki. E második folyamat lényege az, hogy a plagioklász savanyúbbá válik, s ezt a folyamatot gyakran *deanortitosodásnak* nevezik.

BOWEN (1913) kísérletei óta ismeretes, hogy a kristályosodó plagioklász minden konkrét összetételének savanyúbb olvadék-összetétel felel meg, s a hőmérséklet csökkenése során zónás kristályok keletkeznek bázisos maggal és savanyú szegéllyel, amelyek együttes átlagos összetétele felel meg a kiindulási olvadék összetételének. Ugyanakkor lassú lehűlés esetén a komponensek diffúziója nemcsak az olvadékban játszódik le, hanem átterjed a szilárd fázisra is, amelynek összetétele ennek következtében homogenizálódik, s az eredeti olvadék összetételéhez közeledik (NIKOLAEV, DOLIVO-DOBROVOL'SKII 1961, DEER *et al* 1963). Pontosán ez a jelenség figyelhető meg a tárgyalt monzogranitokban, amit az is alátámaszt, hogy a Ca néhol — egyes kőzettípusokban rendszeresen — helyben, azaz olvadékban marad (l. alább), s tús apatitban válik ki.

Ugyanígy értelemben fogta fel a plagioklász magmás deanortitosodását LODOCHNIKOV (1974) is, aki már könyvének első (1931-es) kiadásában rámutatott arra, hogy a diffúziós deanortitosodás, vagyis az egyensúly beállása az olvadékkal lassúbb folyamat, mint a lehűlés. Ugyanő mutatott rá arra is, hogy a diffúzió útján kölcsönhatásba lépő plagioklászrtegek összetétele ritkán savanyúbb An25-35-nél, ami valószínűleg azzal kapcsolatos, hogy amikor az összetétel az albitoshoz közeledik, a viszkozitás megnövekedése miatt a diffúzió már a folyadékfázisban is megnehezül. Ez lehet a fő oka annak,

hogy a tárgyalt kőzetekben a plagioklász összetétele An30-ra áll be. Ez az összetétel jelzi azt a határt, amelyen a deanortitosodás a legerősebbé válik, s egyúttal lényegesen megváltozik az olvadék összetétele is: a plagioklász és a kvarc együttes kristályosodása következtében dúsul benne a Ca és Al, valamint a K is.

A keletkezési viszonyok vonatkozásában tehát nem a színesásványok, hanem a fő kőzetalkotók — a földpátok és a kvarc — a leginformatívabbak. A korai (káliföldpát előtti) szakaszban zónás plagioklász kristályosodik. A plagioklásztáblák legbázisosabb belső zónája átlag An36-38 (ritkábban An45-öt elérő, a bázisos magokban pedig esetleg bázisosabb) andezin, a peremek pedig An30 oligoklász-andezin összetételűek. Az olvadékkal történő kölcsönhatás folyamán azonban a plagioklász deanortitosodik, zónássága árnyékszerűvé válik, és nemcsak a peremek, hanem a táblák jelentős részének összetétele is az An30 oligoklász-andezinhez közeledik. Ezekben a táblákban csak a szericitesedett mag bázisosabb összetételű. Ahogy a plagioklász eléri az An30 összetételt, idiomorf táblái között kvarc kezd kiválni az olvadékból.

Az „áthúzódozó” színesásványokat figyelmen kívül hagyva, Yoder diagramja (1. ábra) alapján az An45 plagioklász kristályosodásának kezdeti hőmérsékletét 850 °C-ra, a kvarc és az An30 oligoklász-andezin eutektikus kristályosodásának hőmérsékletét pedig 760 °C-ra tehetjük. Ezt az értéket arra alapozzuk, hogy a plagioklász a befogadó kvarccal alkotott kontaktusán egy An30-as összetételű külső zónával rendelkezik. A bázisosabb plagioklász reliktumokat alkot, a savanyúbb viszont (An26-ig) a földpátgyensúly későbbi, alacsony-hőmérsékletű eltolódását jelzi. A diagram (1. ábra) jól szemlélteti az olvadék összetételének megfelelő, a kristályosodáskor fellépő változási trendet és a végső eutektikus pontot. A kvarccal együtt kristályosodik a biotit fő tömege, majdnem az összes amfibol és teljes egészében az allanit. A fő ásványok legelterjedtebb és legstabilabb káliföldpát előtti paragenezise — a Qtz+Pl+Hbl+Bt — kvarcdioritnak felel meg, ez teszi ki a kőzet térfogatának mintegy 80%-át [itt és a továbbiakban az ásványok jelölésében KRETZ (1983) rendszerét alkalmazzuk].

Fontos, hogy a monzogranit kvarc-plagioklász (+amfibol, +biotit) alapanyagának kristályosodási folyamatában a plagioklászszemcsék nem teljesen, hanem csak An30-ig deanortitosodtak. Nagyon gyakran, különösen a nagyméretű szemcsékben, bázisosabb mag marad meg. Minél több az ilyen reliktum, annál több a kvarc a kőzetben. És fordítva, minél elterjedtebb a deanortitosodás (kevés a bázisos reliktum vagy hiányzik), annál kevesebb a kőzetben a kvarc. Így tehát az olvadékban lévő SiO₂ különböző mértékben használódik el deanortitosodásra. Ezzel a folyamattal hozható kapcsolatba az apatit apró túkristályos változata, amely néha plagioklászszemcsék deanortitosodott széléin jelenik meg (e szélek belsejében és a szemcsék bázisos magvaiban már nincs apatit). A Ca csak részben kötődik meg a tús apatitban, nagyrészt kilép az olvadékba, majd átterül a fluidumba, és csak a poszt-

magmás szakaszban, annak is a legvégén csapódik ki kalcit formájában.

A FENOKRISTÁLYOK KÉPZŐDÉSE

A további kristályosodás a maradékolvadékból megy végbe a kezdeti olvadékhoz viszonyítva alacsonyabb SiO_2 -tartalom és egyidejű alkáliadúsulás mellett. Ilyen olvadékból kristályosodik ki az a káliföldpát, amelyik mind fenokristályokat, mind szemcseközi formákat alkot. A káliföldpátoknak a kvarcdiorit-alapanyaghoz viszonyított későbbi kiválása elvileg különbözteti meg ezeket a kőzeteket a gránitoktól.

A káliföldpát és a kvarcdiorit-alapanyag kölcsönhatása a fenokristályok belsejében a legaktívabb, és a szemcseközi káliföldpátos anyagban lényegesen kisebb. A plagioklász viszonya a káliföldpáthoz nem állandó. Mivel a monzogranitokban a plagioklász savanyúvá válása (deanortitosodása) nem volt teljes, hanem csak An_{30} oligoklász–andezin szintig ment végbe, a fenokristályok belsejében különböző összetételű plagioklász-szemcse-reliktumok fordulnak elő. A fenokristályokon belül a plagioklász-zárványok eloszlásában az alábbi *zónáság* észlelhető:

1. A fenokristályok közepe táján az andezinreliktumokat a káliföldpát intenzíven korrodálja és feloldja (1. fénykép). Idiomorf andezin-zárványok csak ritkán őrződnek meg (2. fénykép).

2. A plagioklász-zárványok nagyjából idiomorf-fá válnak, míg a félig feloldott andezint albitburok veszi körül (3. fénykép). Az ilyen burok olykor kettős felépítésű: az andezin körüli első gyűrű oligoklász-ból áll, a második pedig, azaz a külső, albitból. Vannak esetek, amikor a plagioklász-zárványok oligoklászos összetételű történő deanortitosodása széles párhuzamos sávok — pszeudoperititek („elkent” vagy „elnyújtott” plagioklász-reliktumok) — keletkezésével megy végbe. Mindkét eset közbelső oligoklász–káliföldpát egyensúlyt képvisel.

3. Közvetlenül a fenokristály pereménél az andezinreliktumok ismét buroknélküliek, viszont nagyméretűek és oválisan kerekdedek (monzonitos szövet).

Ez a három változat a

$$C = K - F + 1$$

formában leírt fázisszabály alapján (ahol C a szabadságfokok száma, K a komponensek mennyisége, F a fázisok száma, köztük az olvadékkal) a következőképpen értelmezhető. Mivel feltételezzük, hogy $P_{\text{H}_2\text{O}} = \text{konst}$, egyes értéket fogadunk el (a fázisszabály kettese helyett). A komponensek számát, figyelembe véve a plagioklász változó összetételét, hárommal (albit, anortit, káliföldpát) vesszük egyenlőnek. A fázisok közötti reakció csökkenti az egységre jutó szabadságfokok számát.

A fenokristályokon belüli *plagioklász–káliföldpát kölcsönhatás* elemzésében az andezin olvadékkal történő helyettesítését és a káliföldpát azt követő kristályosodását leíró reakciókat egyszerűsítjük. Feltételezzük, hogy a Na és Ca kilép a maradékolvadékba, a Na ezután albitban

kötődik meg, s gyakorlatilag az összes felszabaduló Ca az olvadék végleges kristályosodásakor attól elkülönülő fluidumfázisba megy át. Az Al egy része az andezin káliföldpáttal történő inkongruens helyettesítése során az olvadékba, majd a fluidumfázisba kerül át.

A három változat a következőképpen írható le.

1. Plagioklász-reliktumok oldódása káliföldpátban (az andezin + olvadék = káliföldpát inkongruens reakció eggyel csökkenti a szabadságfokok számát):

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 3 + 1 - 1 = 0 .$$

Egyensúlyi helyzetben minden andezinösszetétel egy meghatározott hőmérsékletnek felel meg. Bármilyen hosszú időre rögzítjük a hőmérsékletet, az egyensúly megmarad, és az idiomorf andezintáblák a káliföldpát belsejében az olvadéktól izolált helyzetbe kerülhetnek, s így a hőmérséklet soron következő csökkenésekor már nem vehetnek részt a reakcióban. Általános esetben, amikor az olvadék andezinnel reagál, és a hőmérséklet csökken, az egyensúly jobbra tolódik el, és az egyik reagáló fázis eltűnik. A mikroklínben megfigyelhető nagyszámú korrodált (félig oldott, kimart) reliktum alapján ez a fázis az andezin.

2. Albit (vagy, ami lényegesen ritkább, oligoklász) védőszegély kialakulása a káliföldpát belsejében lévő andezin körül eggyel növeli a kölcsönhatásban résztvevő fázisok számát, az andezin + olvadék \rightarrow albit + káliföldpát inkongruens reakció pedig eggyel csökkenti a szabadságfokok számát:

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 4 + 1 - 1 = -1 .$$

Mind a négy fázis egyidejű létezése (egyensúlyi érintkezése) lehetetlen. Ezért albitburok képződik, amely kizárja az andezin és az olvadék közötti kölcsönhatást, és az olvadékkal valójában az albit reagál, aminek következtében káliföldpát képződik: albit + olvadék = káliföldpát. Állandó hőmérséklet mellett az albitburok egyensúlyban van a káliföldpáttal, és külső kontúrjai idiomorf-fá válnak, mivel

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 3 + 1 - 1 = 0 .$$

A hőmérséklet csökkenése a reakciót jobbra tolja el, és a plagioklász-olvadék kölcsönhatáskor az albitburok, valamint a belső andezinreliktumok eltűnéséhez vezet. Amennyiben a képződő káliföldpát a zárványokat megbízhatóan izolálja az olvadéktól, az ilyen zónás zárványok megmaradnak. Azt, hogy az andezin-zárványok körüli albitburok képződése mobilis fázis (olvadék) részvételével megy végbe, a zárványok jellegzetes kanyarulatai igazolják. Nevezetesen, nagyméretű szabályos fenokristályban ezek a zárványok a fenokristály peremével párhuzamos láncocskába rendeződnek, a peremtől bizonyos távolságban. Ugyanebben az irányban orientálódik az albitburok ikresedése.

3. A fenokristályok szegélyén közvetlenül jelenlévő, albitburokkal nem rendelkező ovális–kerekded, nagyméretű és nagyszámú plagioklász (oligoklász–andezin)-

zárványok arról tanúskodnak, hogy az olvadékkal fennálló kölcsönhatásuk során nem lépett fel agresszív oldódás. Az oligoklász-andezin+olvadék = káliföldpát inkongruens behelyettesítés, mint az első esetben is, invariáns egyensúlyhoz vezet, azzal a különbséggel, hogy itt (közvetlenül a fenokristályok szegélyén) az egyensúly további eltolódása kis hőmérsékleti gradiens mellett zajlott és nem lehetett elegendően mély az alsó hőmérsékletlátár (~700 °C, 1. ábra) közelsége miatt.

Összevetve a káliföldpát-képződést a kvarc–plagioklász alapanyag korábbi keletkezési folyamatával, megállapíthatjuk, hogy a káliföldpát-képződéskor alapvetően megváltozik az olvadék kristályosodási módja. A zónás, részben deanortitosodott plagioklász és a kvarc–plagioklász eutektikum fokozatos kristályosodása helyére teljesen eltérő mechanizmus lép — az olvadék inkongruens kölcsönhatása a plagioklással. Ekkor a korábban kivált plagioklász instabillá válik, feloldódik az olvadékban, s helyette káliföldpát kristályosodik. Az oldódás következtében a plagioklászról alaktalan (kimart) reliktumok maradnak vissza, amelyek összetétele erősen változó.

Ennek során minden konkrét hőmérsékleten „konzerválódhat” a káliföldpát egyensúlya egy konkrét összetételű plagioklással. Magas hőmérsékleten ez a szemcsemagok bázisos plagioklász, amelynek külső, oligoklász–andezines övét káliföldpát helyettesíti. Alacsonyabb hőmérsékleten köztes egyensúly állhat be a káliföldpát és a savanyúbb, akár nem reliktum-, hanem szemcseburok és lángpertit újonnan képződött plagioklász között.

A káliföldpát-képződés hőmérsékleti intervalluma a plagioklász és az olvadék káliföldpát-képződéssel járó kölcsönhatásának markerpontjaira támaszkodva megközelítőleg becsülhető. A legbázisosabb a mikroklínben észlelt idiomorf zárványok közül az An38 plagioklász. Ennek egyensúlya a káliföldpáttal $P_{H_2O} = 5$ kbar mellett 750–760 °C hőmérsékletet jelez (2. ábra). Amikor az andezinzárványok körül a befogadó káliföldpáttal egyensúlyban lévő burkok képződnek, a belső (korábbi) oligoklászburkok 715 °C hőmérsékletnek felel meg, ha az oligoklász összetétele An20. A külső albitburkok a káliföldpáttal 698 °C hőmérsékleten van egyensúlyban (2. ábra).

Megközelítőleg 700 °C hőmérsékleten a kristályosodó rendszer megváltozik. Míg a káliföldpát belsejében a fenokristály szélétől nem nagy, de jól érzékelhető távolságban a plagioklász-zárványok körül albitburkok képződik, addig közvetlenül a káliföldpát kontaktusain peremi lángpertit képződik, amely a káliföldpát szélénél a legteljesebb és a fenokristály közepe felé kiemelkedik. Ez a peremi lángpertit rendszeresen előfordul nemcsak a nagyméretű fenokristályok peremén, hanem a jellegzetes monzonitos szövetben, főként az alapanyagban lévő káliföldpát szélein. Ily módon itt a plagioklász tudható be, hogy az olvadékkal való kölcsönhatásakor az albitos és a káliföldpátos fázisok nem egymás után, hanem egyidejűleg lépnek fel. Ez lehetővé teszi, hogy a kettőt egy egységes fázisnak (mikroklín-pertitnek) tekintsük, amelyben az albitos kom-

ponens mennyisége (40% és több) összemérhető a káliföldpátoséval. Ez az összetétel — bomlási pertitek kis mennyiségéből ítélve — élesen eltér a majdnem Na-mentes fenokristályokétól. Az inkongruens reakciót a fenokristályok szegélyén és a káliföldpátos alapanyagban andezin + olvadék = mikroklín-pertit formában fejezzük ki. Ennek a reakciónak a figyelembe vételével a háromfázisú (andezin, mikroklín-pertit, olvadék) és háromkomponenses (albit, anortit, káliföldpát–nátronföldpát) rendszer ($P_{H_2O} = \text{konst}$ mellett) invariáns:

$$C = K - F + 1 - 1 = 3 - 3 + 1 - 1 = 0.$$

Az általános hőmérséklet-csökkenési tendencia mellett az egyensúly jobbra, azaz a plagioklász eltűnésének irányába tolódik. Ugyanakkor a szegélypertitrendszer két-fázisúként is ki lehet fejezni, mivel peremi pertit nemcsak plagioklással, hanem kvarccal és színesásványokkal alkotott kontaktusokon is képződik. A Morse-diagramon (3. ábra) jól látható, hogyan változik az olvadék összetétele káliföldpát kristályosodásakor, amikor a hőmérséklet csökken, majd eléri a szolidusz- és szolvuszgörbe kereszteződését. Ez a pont — 703 °C hőmérséklet ($P_{H_2O} = 5$ kbar) — határozza meg a káliföldpát–albit egyensúlyt jelző kétfázisú földpát (peremi lángpertit) megjelenését.

Összegezve: a káliföldpát-fenokristályok kialakulása a hőmérséklet csökkenése mellett megy végbe, ~760 °C-tól kezdve ~700 °C-ig. A plagioklász káliföldpáttal az olvadékból történő inkongruens behelyettesítése magas hőmérsékleten a legagresszívabb. Az adott hőmérséklet-intervallum alsó határának közelében a reakcióban résztvevő átmeneti albitos, olykor oligoklászos fázisnak köszönhetően a behelyettesítés „lankadttá”, agresszívnek nem nevezhetővé válik.

A hőmérséklet csökkenése mellett a fenokristályok kialakulásával együtt nem csak káliföldpát–plagioklász kölcsönhatás zajlik. Jellemző a mikroklín és kvarc viszonya. A káliföldpát-fenokristályba monokristályos kvarc nő belé. Ezenkívül a nagyméretű mikroklínben, annak külső határai mentén időnként egyidejűleg kioltó, apró kerekded vagy cseppformájú kvarcreliktumokból álló sorozatok fordulnak elő. Az ilyen szimplektitszerű kvarckiválások a fenokristály kialakulásának befejező szakaszában, azaz a káliföldpát–kvarc rendszer eutektikus minimumában végbement egyidejű kristályosodásáról tanúskodnak. A Shaw-diagramon (4. ábra) $P_{H_2O} = 5$ kbar-nál extrapolálással megkaphatjuk az eutektikus pontot, amely megközelítőleg 700 °C hőmérsékletnek felel meg. Ez az érték megegyezik a fenokristályok szélein és a káliföldpátos alapanyagban fennálló káliföldpát–albit egyensúly alapján becsült hőmérséklettel, ezért megbízhatónak tekinthető.

Jelentéktelen ásványelváltozások a maradék-olvadékkal kölcsönhatásban 700 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten is végbemennek. Ilyen a plagioklász szórva nyosan előforduló foltos savanyosodása An26–27 oligoklászig. E foltokhoz apró, szabálytalan alakú, igen finomrácsos mikroklínbenövések kapcsolódnak. Az ilyen mikroklín olykor kvarccal együtt plagioklásztablákat átszelő

mikroereket alkot. Ezeknek a késői képződményeknek a mennyisége általában nem haladja meg az 1%-ot. Megjelenésük a rendszernek a gránit irányába történő elmozdulását jelzi.

E folyamat hőmérsékleti szintjét csak hozzávetőlegesen lehet megadni. Gránitok esetében az alsó határ megközelítőleg 650 °C (ZHARIKOV, RUSINOV 1998), de a vizsgálat tárgyát képező kőzetekben inkább valamivel magasabb, 650 és 700 °C között van, mivel a plagioklász a savanyosodásához vezető egyértelmű tendencia ellenére is eléggé bázisos marad, s így a hármas kvarc–földpát egyensúly a monzogránitokban még a későmagmás szakaszban sem áll be.

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgált monzogránitok lényegesen eltérnek az irodalomban ismertetett analóg kőzetektől, amelyekre fenokristályok nélküli monzonitos szövetet, színes ásványként piroxént tartanak jellemzőnek. Így YARMOLYUK és KOVALENKO (1987) összesítésében a kvarc-monzonitokat (amelyek a tárgyalt monzogránitoknak felelnek meg) úgy jellemzik, hogy azok piroxéntartalmúak, és nincsenek káliföldpát-fenokristályaik. Elemzésünk tükrében feltételezhető, hogy a vizsgált monzogránitok mindkét sajátosságát (két víztartalmú alumoszilikát és nagyméretű káliföldpát-fenokristályok létezését) a magma magas víztartalma határozta meg.

E kőzetek másik jellegzetessége az, hogy a káliföldpát-fenokristályok nem elsőként kristályosodnak, amint ezt a vulkanitok tanulmányozása alapján várhatnánk, hanem az alapanyag kristályosodása után (akárcsak az alapanyagban lévő káliföldpát). Ezt az magyarázza, hogy a plagioklászt inkongruens módon olvadék helyettesíti, és annak helyén káliföldpát képződik.

Egyéb alapkőzet-változatok

A monzogránitok kíséretében más kőzetek is előfordulnak, azonban jóval kisebb elterjedésben. Ezek a kőzetek a monzogránitokhoz fokozatos átmenetekkel kapcsolódnak, és rendkívül változékony káliföldpát- és kisebb kvarctartalmukkal különböznek azoktól. Ilyen a szubalkáli kvarcdiorit és a jelentéktelen káliföldpát-tartalmú kvarcdiorit, valamint néhány magas káliföldpát-tartalmú, de ugyancsak kvarcban szegény kőzet egészen a kvarcmentes monzonitig. Mennyiségétől függetlenül a káliföldpát a plagioklásszal monzonitos szövetet alkot.

A szubalkáli kvarcdioritokra (5–15% Qtz, 2–5% Kfs) a plagioklász deanortitosodása (az An30-as szintig) jellemző, s bázisosabb szericites magok majdnem teljes hiányára vezet. A táblákban csak olykor figyelhető meg árnyékszerű zónásság. Ebben a plagioklászban nagyon sok apró apatitzárvány van (a kvarc közötti nagyobb apatit itt is megvan), amely a deanortitosodás során felszabaduló Ca jellegzetes kiválási terméke. Előfordul apatit a plagioklászt inkongruens módon helyettesítő káliföldpátban is.

A monzonitokban (0–2% Qtz, 25–30% Kfs) a plagioklász deanortitosodása An30-31-ig szintén általános jelenség. Bár árnyékszerű zónásság megfigyelhető, néha bázisosabb foltok és gyűrűk láthatók. A tús apatit itt plagioklász mellett már az azt inkongruens módon (olvadék részvételével) kiszorító káliföldpátban is bőséges.

A kalcit mindkét kőzettípusban hiányzik (vagy csak kis mennyiségben van jelen), bár a másodlagos ásványosodás erős. Ugyanakkor a plagioklász szericitesedése — savanyú összetétele ellenére — bőséges (különösen a monzonitokban).

Egyes kőzetes összetételű változatokban — az igen változékony kvarc- (5–20%) és mikroklintartalmú (5–15%), feltételesen *granodiorit* minősítésű kőzetekben — a plagioklász deanortitosodási foka erősen változékony. Tús apatit a plagioklász savanyú szegélyein, de gyakrabban a mikroklinben fordul elő.

Különleges kőzetváltozat a *leukokrata monzogránit*. Ezt tipikus monzonitos szövete és elég bázisos plagioklásza a monzogránitokkal rokonítja, ugyanakkor a fenokristályok és a színesásványok kis mennyisége a leukokrata telérkőzetekkel — aplitokkal és pegmatoidokkal (l. alább) — azonos jelleg. A leukokrata monzogránitok a káliföldpát-fenokristályok hiánya és a színes elegyrészek alacsony aránya (maximum 5-10% biotit) mellett jellegzetes összetételűek — kvarc- és mikroklintartalmuk magasabb (külön-külön 30-40%-ig), s a nem zónás és nem szericitesedett plagioklászok bázisosága stabilan magas. Igen jellemző a földpátok közein előforduló kvarc-halmazok „borsós” szövete. Feltűnő, hogy a másodlagos elváltozások nem a plagioklász szericitesedésében, hanem a kvarc kalcittal való helyettesítésében nyilvánulnak meg, amelynek során a „borsós” kvarchalmazokban csipkés rajzolat jelenik meg.

Másodlagos elváltozások

A vízzel telített és széndioxidban dús olvadékból kristályosodó kőzetekben a másodlagos elváltozásoknak nagyon széles körben kell megjeleníteniük. S valóban, az üveghutai kőzetek kialakulását a másodlagos paragenézisek egész sora kíséri.

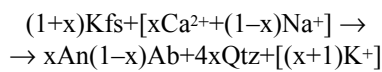
A monzogránitokra és kísérő kőzeteikre jellemző a *másodlagos ásványok* — nagyon kis mennyiségben mirmekit, finomszemcsés kvarc és plagioklászra kifejlődött epidot halmaz, továbbá apró kvarc, nagyszámú apatitzárványt tartalmazó „csipkés” biotit, valamint plagioklászra együttesen kifejlődött kalcit és szericit — állandó jelenléte. A kevésbé elváltozott kőzetváltozatokban ezeknek a másodlagos ásványoknak a mennyisége stabil, 2-5%-ot tesz ki. A breccsásodást és milonitosodást elszenvedett kőzetekben a másodlagos ásványok mennyisége elérheti az 50%-ot, ezekben alacsonyhőmérsékletű ásványok sorozata — klorit, pirit, magnetit, eres kifejlődésű kalcit, adulár stb. — jelenik meg.

A posztmagmás ásványképződés általános sorrendjét KORZHINSKII (1969) az oldatok savasságában törvényszerűen

rően bekövetkező változásokkal magyarázta. Szerinte állandó hőmérsékleten elkerülhetetlen az oldatok savasságának hullámszerűen terjedő változása, és ennek megfelelően korai lúgos, savas kilúgozási, késői lúgos és záró neutrális szakasz különböztethető meg.

A másodlagos elváltozások a tárgyalt közetek közül legelterjedtebbek a *monzogranitokban*. Menetük (2. táblázat) jól korrelálható a KORZHINSKII (1969) által kijelölt szakaszokkal:

1. A legkorábbi elváltozás termékei a mirmekitek, amelyek mikroklínben az andezin határán fejlődnek ki és savanyú plagioklászban lévő szimpektites kvarcbevésekből állnak. A gránitközetek utómagmás elváltozásai között a mirmekitesedés a legmagasabb hőmérsékletű autometaszomatikus folyamat (KORZHINSKII 1955). PERCHUK és GREYA (1998) nyomán az



reakció (ahol az ionok a fluidumban vannak, Kfs = káliföldpát, An = anortit, Ab = albit, Qtz = kvarc), nemcsak az alkáliák, hanem a Ca mobilitása mellett játszódik le. Ez a reakció valamennyi utómagmás reakció között különleges helyzetet foglal el, mivel víz közvetett részvételével zajlik: a víz a fluidumban oldószer és erős katalizátor (GRAMENITSKII *et al* 2000). A mirmekitesedés *savas* folyamat, amely utómagmás körülmények között játszódik le, amikor már nincs olvadék, s a hőmérséklet alacsonyabb, mint a földpátok kristályosodása során. A fluidum összetétele ennek során nem a káliföldpáttal, hanem a savanyú plagioklászsal van egyensúlyban.

A reakció során a fluidum lúgossága növekszik, s ez vezeti be az utómagmás metaszomatózis korai lúgos szakaszát (l. alább). A másodlagos ásványképződés további reakcióiban a víz már közvetlenül (hidratálási-dehidratálási reakciókkal) vesz részt.

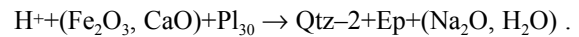
2. A víz közvetlen részvételével lejátszódó kezdeti reakciók a monzogranitoktól elkülönült *lúgos* fluidumokkal való kölcsönhatást jelentik. Legszemléletesebb a másodlagos biotit kifejlődése plagioklászon. Itt lúgos oldatokból K, Fe és Mg, valamint víz lép be, s Na, Ca és Si oldódik ki. Egyszerű ionszámítás a reakció lúgos jellegére mutat, mivel protontávozás eredményeként a reakcióban résztvevő (maradék-) fluidum savassága megnövekszik, és a következő reakciók savassá válnak. Emellett a plagioklászon kifejlődő biotit zöld (nem pedig vöröses, mint a monzogranitokban), ami a Fe oxidáltóságára (USHAKOVA 1971), ez pedig a közeg magasabb lúgosságára (KORZHINSKII 1963) mutat.

A posztmagmás folyamat korai lúgos szakaszában a biotittal együtt néha apró *gránát* is képződik, amely tökéletesen izotróp, de fénytörése nem nagyon magas (feltételezhetően hidrogrosszulár). Lehetséges, hogy a színes-ásványok (biotit, gránát, időnként amfibol) halmazai lúgos-savas átmeneten képződő „bazifikátumoknak” tekinthetők (RONENSON 1989).

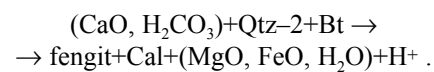
3. A továbbiakban a hőmérséklet csökkenésével

csökken a lúgosság is. Ebben a folyamatban a legjobban a nagypikkelyes biotit változik el. Jellemző a csipkés biotit–2 és az apró kvarc–2 együttes keletkezése a korábbi biotitpikkelyes szegélyén. Ebben a folyamatban stabil a titanit és az apatit, melyek nagyon apró kiválásokban (titanit–2, apatit–2) kísérik a csipkés biotitot. A titanit és az apatit stabilitása *lúgos vagy semleges* közegről tanúskodik.

4. Ezzel együtt a folyamat a plagioklász irányába is halad, s azon finomszemcsés kvarc–2 és epidot alkotta szegélyek képződnek. A reakciónak ez a — vázlatosan bemutatott — szakasza már nem lúgos, hanem *savas* irányítottaságú:



5. Közvetlenül ez után a savas reakció után ismét *lúgos* reakció következik aprópikkelyes fengit (esetleg hidrobiotit) és kalcit keletkezésével:



A korai lúgos és savas szakaszok ásványaitól eltérően a későbbi kalcit foltosan fejlődik a plagioklászból, a folyamat késői lúgos szakaszát jelezve.

A savas és lúgos irányok közötti ilyen közvetlen átmenetek nem gyakran fordulnak elő. Többnyire a savas és lúgos elváltozások eltérő szöveti helyzetben lépnek fel. A korai lúgos és az azt követő savas reakció rendszerint a korai ásványok kontaktusaihoz kapcsolódik. Bizonyos fokú különbséget jelent, hogy epidot plagioklászszemcsék közepében is kifejlődhet, azonban az elsődleges ásványok szemcsehatárain gyakoribb. Különösen szemléletes ebben a vonatkozásban a kvarc–2, amely finomszemcsés halmazokban, hurkos szövetet alkotva plagioklászszemcsék körül koncentrálnak.

6. A hőmérséklet további csökkenésekor a plagioklász bázisos magjai szericitisednek (*gyengén lúgos vagy semleges* folyamat).

Összesítésként elmondhatjuk, hogy az ismertett posztmagmás ásványok a hőmérséklet csökkenésével váltják egymást (kezdetben stabil a biotit és a titanit, majd az epidot, később a kalcit és a szericit).

Külön figyelmet érdemel az a gyakori eset, hogy a *mikroklín-fenokristályokban* a biotit kloritosodik, az *alapanyagban* nem. Erre alapvetően kétféle magyarázat adható, amelyek akár együttesen is érvényesek lehetnek:

a) Feltételezhetjük, hogy ez a tény azzal van összefüggésben, hogy a káliföldpát mikropepedésein, sőt rácsozatán oldatok diffundálnak át, amikor olyan szűrőhatás lép fel, amelyben az oldat kationjai ellökődnek a kristályrács pozitív töltésű felszínétől, az anionok pedig ellenkezőleg, nagy sebességgel hatolnak át rajta (ZHARIKOV 1968). Az oldat a káliföldpát belsejében savassá válik, ami a biotitzárványok kloritosodásához vezet.

b) Ugyanezt a jelenséget azzal is magyarázhatjuk, hogy a víz és a széndioxid különbözőképpen viselkedik az oldat és a káliföldpátban lévő biotitzárványok diffúziós reakciója során. A fenokristály belsejében az oldat

nyomásának állandósága mellett a hőmérséklet csökkenésekor erősödik a szénsav disszociációja, ami az oldat savasságát megnöveli (NAUMOV, V. B., NAUMOV, T. B. 1980). Ez a biotit kloritképződéssel járó savas kilúgozására vezet.

A fentebb leírt elváltozásokon túlmenően néhol az összes ásvány és a kőzet egészének tömeges elváltozása figyelhető meg, breccásodást, milonitosodást, valamint a színesásványok és a milonitok alapanyagának teljes kloritosodását is beleértve. Mindezek az elváltozások, más alacsony hőmérsékletű ásványok (pirit, eres kalcit magnetit vagy kvarccal és albittal, adular, aktinolit, kevert-reteges klorit) kiválásával együtt lényegesen később mentek végbe, minden bizonnyal későbbi tektonikus megújulással kapcsolatosan.

Genetikai összesítés

A monzogranitok és monzonitok családjában a kőzetek változatossága az olvadék alkália- és SiO_2 -telítettségének mértékétől függ. Ahhoz, hogy az erre a telítettségre ható tényezőket kimutassuk, e kőzetek jellegzetes genetikai sajátosságainak egész sorát kell feltárnunk. A monzogranitokban a plagioklász deanortitosodása sohasem teljes, és mindig van egy bázisosabb mag a savanyú (An30) peremhez viszonyítva. A deanortitosodásból visszamaradt SiO_2 a kristályok külső öveiben lévő oligoklász-andezinhez (~An30) társuló kvarc formájában kristályosodik ki. Ezenkívül a kvarc olykor később, a káliföldpáttal közös eutektikumban is kiválik. Kvarc képződik továbbá a posztmagmás szakaszban is. A Ca viszont (3. táblázat) a SiO_2 -ben gazdag maradékolvadékban rosszul oldódik, ezért a fluidumba megy át, majd a posztmagmás szakasz végén kalcitként válik ki.

A közönséges monzogranitokhoz fokozatos átmenetekkel kapcsolódó és ugyanakkor azoktól összetételükben lényegesen eltérő kőzetek (3. táblázat) közül csak a leukokrata monzogranit tartalmaz bőségesen késői kalcitot. A többi kőzetben, amelyben kvarc vagy nincs, vagy sokkal kevesebb van, mint a leukokrata monzogranitokban, a késői kalcit gyakorlatilag hiányzik. Ugyanakkor rendszeresen jelen van bennük apatit, amely deanortitosodott plagioklászban és mikroclinben tús zárványok tömegét alkotja. Ez azt jelenti, hogy e kőzetek kristályosodása során a Ca nem távozott el a fluidumfázisba, hanem megmaradt az olvadékban, és tús apatitban kötődött meg.

Az olvadék savanyúságának csökkenése, az alkáliák hányadának megnövekedése és a Ca megmaradása az olvadékban a hőmérsékleten és a magas vízgőznyomáson kívül minden bizonnyal valamilyen kiegészítő tényező hatásáról tanúskodik. KOGARKO és RYABCHIKOV (1978) adatai szerint ilyen tényező lehet az olvadék jelentős CO_2 -tartalma, amely hozzájárul az olvadék SiO_2 -alultelítettségéhez, valamint Ca-ban és alkáliákban dúsulásához. Az olvadékban a CO_2 oldhatóságának növekedését a $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$ növekedése is elősegíti (ORLOVA, RYABCHIKOV 1977). Feltehető, hogy a $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$ és a P_{CO_2} arányának változása

elősegítette a komponensek átcsoportosulását a fluidum-olvadék rendszeren belül.

Az eltéréseket az olvadék CO_2 -dúsulásának időpontjára (l. a 3. táblázatban) és intenzitására a következőképpen vezethetjük vissza:

— *Korai, de nem túl erős* dúsulás elősegítette a SiO_2 -tartalom csökkenését és a Ca olvadékban maradását. Így jöttek létre a kevés kvarcot és egyenletesen (An30-ig) deanortitosodott, apatitús plagioklász tartalmazó szubalkáli kvarcdioritok. Ha a nyomásgradiens miatt az olvadék kevesebb CO_2 -t tartalmazott, K-ban és Si-ben dúsult, ami közönséges és leukokrata monzogranitok képződését segítette elő.

— *Erősebb* dúsulás és ennek következtében lúgosabb válás arra vezetett, hogy nagy mennyiségben (30%) kristályosodott káliföldpát, amely inkongruens módon nemcsak plagioklász, hanem kvarcot is helyettesített. Ennek eredményeként keletkeznek a tipikus szövettű monzonitok. Csiszolatokban néha megfigyelhetők a korai kvarc-plagioklász paragenézis „szigetecskei”, amelyekben idiomorf plagioklász táblák úsznak kvarcban. A kvarc + oligoklász + andezin + olvadék = mikroclin + apatit reakció következtében az egész SiO_2 , beleértve a kvarcreliktumokat is, káliföldpát képződésére használódik el, a Ca pedig apatitban válik ki. A szilikátolvadék eltűnik, a kvarc és plagioklász pedig le nem reagált reliktumok formájában marad meg a kőzetben. A reakció során felszabadult Al_2O_3 a CO_2 - H_2O fluidumba megy át, s a monzonitok plagioklászának különlegesen erős szericitesedése során kötődik meg.

— *Igen késői, de nem túl erős* dúsuláskor közbeső kőzetek — feltételesen granodioritok — keletkeznek.

A különböző H_2O - és CO_2 -tartalmú olvadékokkal folytatott kísérletek (EBADI, JOHANNES 1991) megmutatták: az olvadék CO_2 -tartalmában mutatkozó eltérések csak kis mértékben hatnak a kristályosodási hőmérsékletre, fő tényező a $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$ marad. Az olvadékban a H_2O és a CO_2 különböző aránya megváltoztatja a kvarc- és káliföldpát-tartalmat, valamint a plagioklász-összetételt, ez vezet a monzogranitoktól eltérő összetételű változatok megjelenéséhez.

A monzogranitoknál több kvarcot és káliföldpát tartalmazó leukokrata monzogranitok kristályosodási sorrendje a kezdeti szakaszban abban különbözik a közönséges monzogranitokétól, hogy a plagioklász és a kvarc csaknem kezdettől fogva (eutektikumként) együtt kristályosodik (a plagioklászban kvarcbe-növések vannak, amelyek monzogranitokban nem figyelhetők meg, és ugyanakkor az An35 plagioklász nem zónás és nem deanortitosodik). Ez után a kristályosodó kvarchoz egyszerű ikresedésű, apró, megnyúlt táblák formájában káliföldpát csatlakozik. Benne, akárcsak a plagioklászban, cseppszerű kvarcbe-növések vannak. Ezzel a káliföldpáttal és kvarccal egyidejűleg jelenik meg a biotit, amelynek mennyisége a kőzetben csekély (5-10%), amfibol pedig egyáltalán nincs. A továbbiakban a káliföldpát kristályosodása a plagioklász inkongruens helyettesítésével folytatódik. A kvarc a káliföldpáttal együtt kristályosodik, félgömbök formájában

növekszik a nagyméretű káliföldpátszemcsék szegélyétől azok középpontja felé. A kvarc ezekben a közetekben áthúzódó ásvány, és a végső kvarc-káliföldpát együttes mind eutektikumként, mind a plagioklász inkongruens helyettesítésével kristályosodik ki.

Az olvadék kristályosodása tehát egyik eutektikumtól a másik felé tart, a diagrammokból (1–3. ábra) ítélve mintegy 50 °C-os hőmérséklet-tartományt fogva át. A káliföldpát azért nem képez fenokristályokat, mert viszonylag alacsony hőmérsékleten vált ki.

Ezeket az eltéréseket valószínűleg az okozza, hogy az olvadék összetétele a kristályosodás legelejétől a nagyobb SiO₂- és K-tartalom, továbbá a kisebb Fe- és rokonkomponens-tartalom felé van eltolódva, azaz a közönséges monzogranitokhoz képest a gránitokhoz közeledik. Ezért a kristályosodás kezdeti hőmérséklete alacsonyabb, mint a befogadó monzogranitban. Az olvadék összetételének megváltozása és a kristályosodás kezdetének késleltetése abból eredhet, hogy az olvadékban még a kristályosodás kezdete előtt megnő a H₂O mennyisége.

A kristályosodás kezdeti feltételeiben fennálló változások következményeként a fluidum összetétele is megváltozik. Az a Ca, amely a plagioklász káliföldpáttal történő inkongruens behelyettesítésekor átmegy az olvadékba, a SiO₂-túltelítettség miatt nem marad meg abban. Ezért a Ca a fluidumba megy át, s az utómagmás szakaszban kalcitként válik ki, agresszív módon korrodálva a kvarcot. A P_{H₂O} növekedésével kiváltott hőmérsékletcsökkenés miatt erősödnek a fluidum savas tulajdonságai, az olvadék részlegesen debazifikálódik, Mg- és Fe-szegényé válik, és mindennek következtében leukokrata kőzetként kristályosodik ki. A leukokrata monzogranitok tehát abban különböznek a közönséges monzogranitoktól, hogy az olvadék eltűnése után az alkáliákban dúsult fluidum és a szilárd fázis viszonya rendkívül kiegyensúlyozatlan. Ezért a kvarcot kalcit helyettesíti.

A leukokrata monzogranitok összetételének jellegzetességei (l. a 3.2. részben), valószínűleg ugyanúgy, mint a monzonitok esetében, a P_{H₂O} és P_{CO₂} arányának megváltozására vezethetők vissza. Itt azonban a CO₂-ben való elszegényedés során az olvadék ellenkező irányú folyamattal SiO₂-ben dúsul, a gránithoz közeli összetételű olvadék kiegyensúlyozatlanul megemelkedett P_{H₂O} hatása alá kerül, s a komponensek gázfázisba való extrahálásának jelei lépnek fel. Ezenkívül, éppen a folyamatos átmenetek a közönséges monzogranitoktól a leukokrata monzogranitok (valamint a szubalkáli kvarcdioritok és monzonitok) felé arra mutatnak, hogy az olvadék összetételére nagy hatással volt annak H₂O- és CO₂-tartalma.

Az érc- és opak ásványokat gyakorlatilag nem tartalmazó leukokrata gránitok keletkezésének problémáját KORZSINSZKI (1973a) metamagmás debazifikálódással hozta összefüggésbe, amely a gránitos magmán átáramló, mélységi eredetű fluidumok hatására ment végbe. A hőmérséklet csökkenésével a fluidum kondenzálódik (sűrűsége megnövekszik), és következképpen savassága megnő.

Ezt az elképzelést kísérleti úton ellenőrizték (SALOVA *et*

al 1980). Laboratóriumi kísérletekben a gránitolvadék és a savas fluidum kölcsönhatását különböző hőmérsékleteken vizsgálták. A kísérlet eredményeként megállapították, hogy a fluidumban a hőmérséklet csökkenésével megnövekszik az alkáliák és a szilícium aránya, azaz növekszik a fluidumnak az olvadékkal szemben tanúsított savas agresszivitása (az olvadék kilúgozása). Amikor a kísérletben a hőmérséklet 700 °C-ra esett, a savas agresszivitás hirtelen megnövekedett, és még megkétszereződött, amikor a hőmérséklet 600 °C-re süllyedt. A hőmérséklet csökkenésével az olvadék egyre jobban debazifikálódik, azaz Ca-, Mg- és Fe-szegényé válik. Ily módon, a fluidum savasságának növekedése arra vezet, hogy az olvadékból alkáliföldfémek és Fe távozik. Ezzel az aplitokhoz közeli összetételű olvadék keletkezik. (SALOVA *et al* 1980).

Úgy tűnik, hogy hasonló jelenséggel állunk szemben a tárgyalt leukokrata monzogranitok képződésekor is. Itt ugyancsak nyilvánvaló a bázisok távozása az olvadékból, valamint a maradékfluidum agresszív lúgos kölcsönhatása a megszilárdult kőzettel (a kvarc karbonátosodása).

Leukokrata telérek

A mórágvi telérek aplitból és pegmatoidból állnak. Kontaktusuk a mellékkőzettel éles.

Az ebbe a csoportba tartozó közetek legfontosabb sajátossága a leukokrata összetétel. Másik sajátosságuk a csak vékonycsiszolatban megfigyelhető, speciális megjelenésű grafikus szövet. Ez a rajzolat nem terjed ki a vékonycsiszolatok teljes területére, hanem azoknak csak egyes részeit foglalja el. Nem figyelhető meg továbbá ez a rajzolat minden vékonycsiszolatban. Ezért először azokkal az esetekkel foglalkozunk, amikor az ásványparagenezisek kialakulása grafikus szövet nélkül megy végbe.

Ezeknek a közeteknek közös ismérve nemcsak leukokrata összetételük, hanem a monzogranitokénál magasabb (30-40%) mikrokrintartalmuk is. A plagioklász deanortitosodásának mértéke viszont teljesen különböző lehet, a gyengétől (An36) az intenzívig (An25-26). A kvarctartalom általában magasabb, ha a plagioklász nem deanortitosodott, ekkor a mikrokrintartalommal (30-40%) összemérhető. Deanortitosodott plagioklász jelenlétében a kvarctartalom megközelítőleg 20%-ra csökken.

Jellemző a lángpértitek bőséges jelenléte, különösen a káliföldpát-szemcsék határán, valamint a mikroklin fonalszerű repedéseiből és más ásványok zárványaiból kiindulva is.

A mikropegmatit eloszlása rendkívül kaotikus. A kvarc és káliföldpát által alkotott mikropegmatitos részek mérete a mm tört részétől 1-2 mm-ig változik, és ezek a részek leggyakrabban egy-egy nagyobb mikroklin szemcsé belsejében helyezkednek el, rendszerint, annak valamelyik széléhez közelebb. Esetenként a mikropegmatit részben plagioklászszemcsék szélét is elfoglalja, attól függetlenül, hogy végbement-e deanortitosodás, vagy nem. Ebben az

esetben a kvarc–káliföldpátos mikropegmatitban szubgrafikus kvarcbeövéseket tartalmazó plagioklászreliktumok (köztük andezin is) őrződnek meg. A kvarc–káliföldpát összetételű mikropegmatitos részek szabálytalan eloszlása, azoknak nemcsak a mikroklinszemcsékhez való kapcsolódása, hanem a plagioklászszemcsék bizonyos részeinek elfoglalása is, a mikropegmatitot jól megkülönbözteti az összenövés más típusaitól, amilyen például a perem menti vagy repedés körüli lángpertit vagy csepp alakú kvarcbeövés mikroklinben, annak határa mentén.

A kvarc–káliföldpátos mikropegmatit az aplitok és pegmatoidok későmagmás keletkezési stádiumának legutolsó ásványegyütteseként jelenik meg, azonban csak abban az esetben, ha a maradékolvadék egyértelműen SiO_2 -vel telített. Ilyen telítettség nélkül az utolsó kiválás a repedés körüli lángpertit.

A kvarc–káliföldpátos mikropegmatit lényegében ugyanolyan eutektikumot képvisel, mint a monzogránitban a mikroklin-fenokristályok peremén lévő szimplektitszerű kvarcbeövés.

Aplitok

Az aplitok többé-kevésbé egyenletesen szemcsés kvarc–földpátos kőzetek, amelyek szemcsenagysága kisebb, mint a befogadó monzogránit. Keletkezésük során a káliföldpát két fázisban kristályosodik. A korai (kvarc előtti) táblás káliföldpát egyszerűen ikresedett (lehet, hogy ortoklász), a későbbi (kvarc utáni) káliföldpát szegélypertiteket tartalmaz. A káliföldpát-képződést a kvarc és a plagioklász közös kristályosodása osztja ketté. A plagioklász kristályosodása után megy végbe a kvarc és (második fázisú) káliföldpát közös kristályosodása. Ezt a lépcsőzetes kikristályosodást valószínűleg az aplitok kiindulási olvadékának összetételei sajátossága (túltelítettsége K-val) váltja ki.

A plagioklász (An26) gyengén észlelhető zónáság és gyakorlatilag eltűnő, árnyékszerű poliszintetikus ikresedés formájában mély deanortitosodás nyomait viseli. A második fázis káliföldpátjához képest a plagioklász instabil, s tipikus monzonitos szövetet képez vele. Ennek a káliföldpátnak a táblás káliföldpáthoz viszonyítva jóval későbbi keletkezésére mutat az, hogy a korai káliföldpát-táblákra jellegzetes módon mikroklin nő, a kettő között éles fázishatárral. A lángpertitek csak a xenomorf, késői káliföldpát határai mentén keletkeznek. A kvarc–földpátos mikropegmatit fészkekben fordul elő, néha apró „kulisszaszerű” kvarcbeövés formájában figyelhető meg korai káliföldpáttáblák sima határa mentén.

Pegmatoidok

A pegmatoidok kvarc–földpátos kőzetek, amelyek szemcséssége kis mértékben tér el a monzogránitok alapanyagától, bár a szemcseméret szerinti differenciálódás erősebb. Nincsenek bennük káliföldpát-fenokristályok, s a földpát szemcsék maximális mérete 3–5 mm. A kvarc

általában apróbb szemcsés, aggregátumos, csak helyenként alkot 1 cm-es nagyságot elérő monokristályokat. Egyes pegmatoidokban, amelyek abban térnek el a többitől, hogy plagioklászuk nem deanortitosodott, éppen a leukokrata monzogránitokhoz hasonló szakaszokon „borsós” szövétű kvarchalmazok fordulnak elő. A pegmatoidok fontos sajátossága, hogy bennük csakúgy, mint a monzogránitokban, monzonitos szövet alakult ki.

A kristályosodási sorrend nagy vonalakban ugyanolyan, mint az aplitokban. Egyet kell értenünk VARLAMOFF (1956) véleményével, aki szerint „a kihülés feltételeinek és az illó elemek kiválási sebességének függvényében ... akár aplitok, akár pegmatitok, akár átmeneti összetételű kőzetek” képződhetnek. Hozzáteszük, hogy az egymást váltó egyensúlyok számát növelő lépcsőzetes kristályosodás az olvadék megszilárdulásának ugyanazon sebessége mellett aprószemcsés szövet kialakulását segíti elő.

Genetikai áttekintés

Az aplitok és pegmatoidok teléres települése és leukokrata összetétele alapján feltételezhető, hogy kialakulásukban alkáli–vizes–széndioxidos fluidum és a befogadó monzogránitokénál magasabb $P_{\text{H}_2\text{O}}$ érték játszott nagy szerepet. Ismeretes, hogy minél magasabb a vízgőznyomás, annál szélesebb a Na–K elegyedés a szubsolidusz olvadékban, és annál szűkebb az olvadékkal egyensúlyban lévő albitban és káliföldpátban.

A vízgőz nyomásának lecsökkenésekor (l. a 3. ábrán) „felszabadul” a magas hőmérsékletű kétföldpátos egyensúlyi mező, amelyet korábban a magas vízgőznyomás, azaz a szolidusz- és szolvuszvonalak kereszteződése határolt le. Mivel a magas vízgőznyomás miatt a szoliduszhoz közeli olvadék telített volt mind Na-val, mind K-val, a nyomás visszaesésekor a Na-fázis aránya a K-fázis arányával összemérhetővé válik. Ezért a $P_{\text{H}_2\text{O}}$ hirtelen csökkenése miatt a repedések mentén a káliföldpátban az olvadékkal lejátszódó kölcsönhatás következtében telített lángpertit keletkezik. Más szóval a „kiszáradt” olvadék tényleges hőmérséklete lényegesen alacsonyabbnak bizonyul a szoliduszhoz közelinél, amely — mint a káliföldpáttal kölcsönhatásban lévő olvadék — mindkét (Na és K) komponenssel telített.

Úgy tűnik, hogy a mikropegmatitos „fészkek” kialakulása azzal magyarázható, hogy a vízgőznyomás a repedések felnyílása miatt leesett. A mikropegmatit finom és „szabályos” felépítése, valamint szabálytalan eloszlása arra utal, hogy megjelenése nem állandó $P_{\text{H}_2\text{O}}$ melletti, fokozatos hőmérsékletcsökkenéssel, hanem ellenkezőleg, meghatározott hőmérsékleten lejátszódó hirtelen vízgőznyomás-csökkenéssel áll összefüggésben. Az utóbbi eredményeként az olvadék „felforr”, elveszti a vizét, és a maradékolvadék hőmérséklete a „vízmentes” szolidusz hőmérsékleténél alacsonyabbra esik. Az olvadék ekkor hirtelen kikristályosodik. Ez a folyamat bizonyos mértékben inkongruensen zajlik, azaz a korábban kristályosodott (nagy méretű) káliföldpát, sőt még az andezin (An31–33) szilárd fázisú anyaga is részben bekebeleződik.

A plagioklász (An52) hasonló, nem izokémiái olvadása volt megfigyelhető 730 °C-os hőmérsékleten végzett dekompresziós kísérletekben [amelyekben ZHARIKOV *et al* (1994) a kezdeti magas $P_{H_2O} = 5$ kbar nyomást hirtelen 4,5 és 3,5 kbar-ig csökkentette]. A kísérlet legfontosabb következtetése abban áll, hogy magas P_{H_2O} -nál a vizes fluidum SiO_2 -vel és alkáliakkal telítődik, a P_{H_2O} esésénél ezek oldhatósága a fluidumban csökken, és ezek a komponensek átmennek az olvadékba, inkongruensen helyettesítve a plagioklászt.

A vázolt kísérlet és a monzogránit-aplitokban és -pegmatoidokban az andezin kvarc-káliciföldpátos mikropegmatitokkal történő inkongruens behelyettesítése között az a különbség, hogy a kísérletben meghatározott hőmérséklet (730 °C) a szolidusznál magasabb volt, ezért ott az olvadék (gránit összetételű alkáli-szilikát üveg) bázisos plagioklász rovására képződött. A tárgyalt monzogránit-aplitokban és -pegmatoidokban viszont a maradékolvadék kvarc-káliciföldpátos mikropegmatit képében kristályosodott, mivel a P_{H_2O} gyors esése miatt az olvadék hőmérséklete a „száraz” (víztől mentesített) olvadék szolidusza alá esett.

A fenti elemzésből az következik, hogy a repedés-környéki lángpertitek és a kaotikus eloszlású mikropegmatitos halmazok megjelenése a vízgőz nyomásának hirtelen esésével kapcsolatos. A mikropegmatit megjelenését még a maradékolvadék feleslegben lévő SiO_2 -tartalma is elősegíti.

Ugyanakkor a kőzetek leukokrata összetétele és a plagioklász különböző mérvű deanortitosodása nem magyarázható a vízgőznyomás növekedésével és ezt követő zuhanásával. RAGUIN (1976) összesítő művében olyan kísérleti eredményeket közöl, melyek szerint a vízgőz hiperkritikus állapotban K-t és Si-t képes oldani, s a kondenzálás folyamán azokat újabb kvarc- és káliciföldpát képződésével átcsoportosíthatja. Ezen ásványok mennyisége azonban nem mindig, hanem csak bizonyos esetekben növekszik együttesen. Általános esetben korreláció van a kőzetek leukokrata összetétele és a káliciföldpát hányadának megnövekedése között.

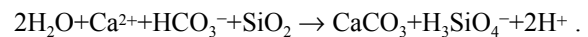
A gránitolvadék debazifikálódását imitáló kísérlet (SALOVA *et al* 1980) eredménye sokban egyezik a tárgyalt monzogránitokban lejátszódó aplit- és pegmatitképződéssel, amelynek során szintén Ca, Mg és Fe távozása figyelhető meg jellegzetes monzonitos szövet keletkezése mellett. Ebben különböző variánsok lehetségesek.

Az az eset, amikor a leukokrata pegmatoid metasomatikus átkristályosodása folyamán a kvarc, a plagioklász és a káliciföldpát növekszik, de a plagioklász bázisos marad, talán arra vezethető vissza, hogy az olvadék debazifikálódása magas hőmérsékleten kezdődik, azaz a fluidum savas agresszivitása viszonylag alacsony.

Abban az esetben, amikor az olvadék debazifikálódása nemcsak Fe és Mg, hanem Ca távozásához is vezet, azaz amikor a fluidum savas agresszivitása erősebb, a metamagmás folyamat hőmérséklete alacsonyabb volt. Itt a kőzet „leukokratosodásával” együtt a plagioklász tömeges elsavanyodása is megfigyelhető (An25-26-ig).

A fluidum savas agresszivitását előidéző komponens minőségében mindenekelőtt CO_2 lép fel, de más komponensek is lehetségesek, mint pl. F, Cl vagy P (az utóbbi jelenlétét a monzonit földpátjában bőségesen előforduló apatit igazolja). Az olvadékot kilúgozó képessége következtében a fluidum magas koncentrációjú sóoldatot képvisel (ZHARIKOV 1987).

Az olvadék eltűnésének pillanatától kezdve az alkáliakkal telített fluidum alacsony hőmérsékleten nincs egyensúlyban a mikropegmatit kvarcával. A kvarc kalcittal történő metasomatikus behelyettesítésével pszeuromorf (instabil) kalcit-kvarc-mikroklines rajzolat képződik (l. a 4. fényképen). E behelyettesítés lúgos és ugyanakkor agresszív jellege az alábbi reakcióból adódik:



Megjegyezzük, hogy a kvarc körül kifejlődő és csipkés szövetet alkotó kalcit nem terjed túl a mikropegmatit határain. Következésképpen a kalcit képződése elszakíthatatlan kapcsolatban áll az olvadék utolsó adagjainak megszilárdulásával. A metasomatózis korai savas szakaszának hiánya és lúgos szakaszának megjelenése közvetlenül az olvadék kikristályosodása után az aplitokat és pegmatoidokat jól megkülönbözteti mind a befogadó monzogránitoktól, mind általában a gránit utáni metasomatitoktól is (azok normális ásványképződési sorrendje esetén). Ez azzal állhat összefüggésben, hogy az aplitok és pegmatoidok képződése során a metasomatózis korai savas szakasza még az olvadék létezésékor megjelent, s az olvadék metamagmás savas kilúgozására vezetett. Ilyen folyamat az olvadék alacsony hőmérséklete esetén lehetséges, amely a kiugróan magas (5 kbar-nál nagyobb) P_{H_2O} eredménye. Ez összhangban állna az aplitok és pegmatoidok repedésbeli helyzetével.

Ily módon a hőmérséklethez — a monzogránitokat alkotó paragenézisek egymást követő kristályosodásának fő tényezőjéhez — a pegmatoidok esetében a fluidumnyomás (P_{H_2O}) változása adódik hozzá. Ez a nyomás a monzogránitokban lévénél kezdetben magasabb volt, majd a kvarc-földpátos mikropegmatit keletkezésékor hirtelen lezuhant. A fluidum olvadékkal lejátszódó savas kölcsönhatásának módja a hőmérséklet függvényének bizonyul.

Igen fontos, hogy az aplitok és pegmatoidok többsége abban különbözik a leukokrata monzogránitoktól, hogy a fluidum és az olvadék közötti kölcsönhatás az után történhetett meg, hogy a kristályosodás már részben végbement, s nem a kristályosodás előtt, mint a leukokrata monzogránitokban. Az aplitok és pegmatoidok kristályosodása tehát jóval alacsonyabb hőmérsékleten játszódott le.

Melanokrata zárványok

Melanokrata kőzetek a monzogránitokban kisebb (néhány cm – több m méretű) kerekded vagy ovális zárványokként fordulnak elő. A monzogránitokhoz viszonyítva apróbb szemcséjűek és homogénebbek. Porfíros

szövet szabad szemmel nem látható. A kontaktelváltozások szabad szemmel csaknem észrevehetetlenek, és csak mikroszkóp alatt állapíthatók meg.

A **színesásványokat** amfibol és biotit képviseli. Az amfibol a piroxén kis Al-tartalmú analógja (edenites hornblende vagy edenit). Kinézését és optikai tulajdonságait tekintve nem különbözik a monzogránitok amfiboljától.

Edenites paragenezisek eléggé ritkán fordulnak elő gránitközetekben, és minden jel szerint különleges viszonyok közepette keletkeznek. Az irodalomban kevés, gránitközetből származó edenitelemzést találtunk. A Vogézek „granititjából” három elemzést közöl könyvében ROSEBUSCH (1923). Egy, az Ohotszki-tenger nyugati partvidékén előforduló granodiorit edenitjének elemzése szerepel NEDOSEKIN (1976) cikkében és CHUKHROV (1981) kézikönyvében. Mindezen elemzések adatait, valamint a tárgyalt melanokrata kőzetekből származó amfibol és biotit összetételét a 4. táblázatban összesítjük. Az irodalomban fellelt egyéb edenitelemzések metamorf és metasomatikus kőzetekből származnak.

Az alacsony Al_2O_3 -tartalmú amfibolhoz viszonyítva a biotit sok, mintegy 16% Al_2O_3 -ot tartalmaz (4. táblázat), ami valamennyivel meghaladja a monzonitból származó biotitok átlagszintjét (USHAKOVA 1980). A biotit relatív Mg-tartalma $[Mg/(Mg+Fe)]$ 0,6-ot tesz ki, ami kevesebb, mint a megfelelő amfibolé (0,69). A relatív Mg-tartalom ilyen, a szokásossal ellentétes aránya PERCHUK és RYABCHIKOV (1976) szerint az Mg-nek a biotitból az amfibolba történő magas hőmérsékletű átcsoportosításáról tanúskodik és 720 °C hőmérsékletnek felel meg.

A **zárványok kőzetei** zömmel *dioritok*, melyekben ritkán járulékos kvarc és mikroklin fordul elő (átmenet *melanokrata szubalkáli kvarcdioritokhoz*). Még ritkábbak a *melanokrata monzonitok*, egy esetben nagyszemcsés (pegmatoid) kvarcmonzonitokkal körülvéve.

A **melanokrata biotit-hornblendés dioritok** összetételében az alábbi ásványok vannak jelen:

plagioklász	40-50%	allanit	járulékos
biotit	25-30%	apatit	járulékos
hornblende			
(edenit)	30-35%	cirkon	járulékos
titanit	2-3%		

A *plagioklász* uralkodóan apró (0,2–0,8 mm-es) léces táblákat alkot egyszerű és poliszintetikus ikresedéssel. Sokkal ritkábban fordul elő kisebb (1,5 mm-es) egyedi izometrikus idiomorf szemcsékben, szatellit jellegű kísérőkkel. Ezen utóbbiak a plagioklász kristályosodásának korai fázisában keletkezettek, mivel közülük néhány nagyméretű plagioklászba záródott. A nagyméretű plagioklászban éles árnyékszerű zónásság látható, bár az összetétel (deanortitosodással) kiegyenlített (An30-31). Jellemző, hogy nagyobb deanortitosodott szemcsék jelenlétében az alapanyagban lévő plagioklász kifejezetten zónás: a magok An40-45, a peremek An29-34 összetételűek. Az összetétel kiegyenlítődése a nagyobb szemcsékben és a kiegyenlítődési hiánya az alapanyagban lévő kisebb plagioklászban

valószínűleg a kristályosodás eltérő sebességével kapcsolatos: az alapanyagban a plagioklász gyorsabban kristályosodott, és összetétele nem homogenizálódott.

Azoknak a vékonycsiszolatoknak a többségében, amelyekben hiányoznak a nagyobb szemcsék, a kisebb, léces plagioklász erősen deanortitosodott: árnyékszerű zónásságot mutat An30-31 (a magban néha An33) összetétel mellett. Erre a plagioklászra jellemző a nagyszámú, apró apatitzárvány jelenléte

A *biotit* zöldesbarna, földpátok vagy földpátok és kvarc közén csomók formájában fordul elő. Jellemző a pikkelyek szállás körvonala. Az *amfibol* edenit képviseli (1. feljebb), s a színesásványcsomókban vesz részt biotittal együtt vagy önállóan, rombos metszetű oszlopos kristályokként.

Az *allanit* egyedi, többnyire elváltozott szemcsékben fordul elő. A *titanit* két generáció képviseli. A korai titanit egyedi, viszonylag nagyméretű (max. 0,5 mm-es) szemcsékként hornblende- és plagioklászszemcsék határaihoz kapcsolódik. A második generáció apró szemcséket képez biotittal együtt. A *cirkon* apró zárványokat alkot biotitban. Az *apatit* ugyancsak két generációban van jelen. A korai apatit különálló, rövid, prizmás szemcsék formájában plagioklász és biotit belsejében fordulnak elő. A későbbi — tús — apatit deanortitosodott plagioklászhoz kötődik.

Mikroklin jelenléte (néhány %) esetén tipikus monzonitos szövet látható.

A tulajdonképpeni *másodlagos ásványok* mennyisége általában 2-3%-ot tesz ki. Ez elsősorban epidot, amely biotit és plagioklász, ritkábban amfibol kontaktusán képződik. Szericitesedés a plagioklászszemcsék központi, összetételüket tekintve legbázisosabb részeiben lépett fel.

A *kristályosodási körülményekről* a következők mondhatók el. A plagioklász jellege, tovább nagyszámú, apró apatitzárványa arról tanúskodik, hogy a deanortitosodás során felszabaduló Ca az olvadékban dúsult, és fluidumba történő átmenet nélkül (nincs késői kalcit) helyben, a plagioklászban belül csapódott ki apatit formájában. Az olvadék egyensúlyi összetételét magas Ca- és alkáliakoncentráció mellett fenntartó különleges körülmények valószínűleg az olvadék magas CO_2 -tartalmával kapcsolatosak. A nagy P_{CO_2} KOGARKO és RYABCHIKOV (1978) adatai szerint SiO_2 -vel erősen telítetlen, de Ca-ban és alkáliákban dúsult magmák keletkezésére vezet. Minden bizonnyal ezzel magyarázható nemcsak az apatitzárványok bősége a plagioklászban, hanem a biotitéval azonos nagyságrendű amfiboltartalom, valamint a titanit magas koncentrációja is. A CO_2 oldhatóságát az olvadékban a két víztartalmú alumíniumszilikát jelentős mennyiségében tükröződő magas víztelítettség is elősegíti (ORLOVA, RYABCHIKOV 1977).

Az ásványi egyensúlyi állapotok bizonyos változásai a melanokrata kőzetek és a befogadó monzogránitok vagy szubalkáli kvarcdioritok határain mennek végbe. Itt a zöldesbarna biotit és a világos szürkészöld amfibol (edenit) egymással egyensúlyban marad, de a biotit a plagioklászszal szemben agresszívabbá válik. Az egyensúlynak ezt az eltolódását apró (második generációs) titanit bőséges kiválása kíséri. Hasonló változások esetében az amfibol

indifferens ásvány marad, és idiomorf szemcsehalmazokat képez. Úgy tűnik, ilyen jellegű változások mennek végbe a monzogranitok vagy szubalkáli kvarcdioritok olvadékának hatására is, ha annak belsejébe melanokrata diorit zárványok kerültek.

Ezek a biotitlemezekkel együtt előforduló és plagioklász nem tartalmazó amfibolkristály-halmazok elég gyakran képződnek a melanokrata dioritokban közvetlenül a befogadó, kevésbé leukokrata kőzetek kontaktusán. Az ilyen alakulatok MEHNERT (1968) nyomán resztitnek tekinthetők. A resztitnek „relikturnos színesásványok, amelyek földpátos vagy kvarc-káliföldpátos olvadék szét-elegyedésekor halmazokat alkotnak”.

A **nagyszemcsés (pegmatoid) kvarcmonzonit**, amely egy biotit–amfibolos monzonitból (monzodioritból) álló, 12,6 m látszólagos vastagságú testnek a befogadó kvarcdiorittal alkotott alsó kontaktusán fejlődik ki, sajátos összetételével tűnik ki:

kvarc	10-15% kb. annyi, mint a monzogranitban
plagioklász	35-40%
mikroklin	30-35% több, mint a monzogranitban
biotit	3-5% kevesebb, mint a monzogranitban
hornblende	5-10% kevesebb, mint a monzogranitban
titanit	2-3%

Amikor a korai kvarc–plagioklász asszociációt felváltja a későbbi kvarc–káliföldpátos együttes, az An₃₀-ig deanortitosodott plagioklász inkongruens módon káliföldpát helyettesíti, és monzonitos szövet alakul ki. A biotit az amfibolnál korábban, a kvarccal és a plagioklással együtt kezd kristályosodni, az edenites hornblende és a titanit pedig idiomorf kristályokként a káliföldpáttal együtt keletkezik. Ebben a kőzetben a plagioklász deanortitosodása (árnyékszerű zónásság) ellenére nem tartalmaz apatitzárványokat, s azok nincsenek a mikroklinben sem. A meglévő apatitzemcsék korábban, az első kvarckiválásokkal együtt keletkeztek.

A *kontakthatás* a befogadó kvarcdioritra hasonló ahhoz, mint a melanokrata kőzetek és a befogadó monzogranitok vagy szubalkáli kvarcdioritok között.

Figyelemre méltó a Ca viselkedése: tús apatit formájában csapódik ki a plagioklász deanortitosodásakor a korai kvarcdioritban és kioldódik a későbbi kvarcmonzonitban, dacára a plagioklász deanortitosodásának és annak, hogy azt káliföldpát helyettesíti. Az első esetben (kvarcdiorit) nyilvánvaló az olvadék magasabb CO₂-tartalmának hatása és ennek megfelelően az olvadék dúsulása Ca-ban és elszegényedése SiO₂-ben. A második esetben (kvarcmonzonit) az olvadék SiO₂-ben nem szegény, hanem dús, ami monzonitok esetében nem szokványos. Ezért feltételezzük, hogy a leukokrata kvarcmonzonit (pegmatoid) kialakulásában a fő szerepet a P_{H₂O} megnövekedése játssza.

Ebben az esetben, csakúgy, mint a leukokrata monzogranit–pegmatoidokban, a vízgőznyomás nem egyensúlyi növekedése a CO₂ hatásánál erősebbnek bizonyul és az olvadék debazifikálódásához vezet. A Ca mellett a Fe és a Mg is a fluidumba megy át, minek eredményeként érezhetően csökken a színesásványok mennyisége.

Összefoglalásként kiemeljük, hogy mindkét kőzetcsoporthoz — a melanokrata diorit összetételű stb. zárványok és a monzogranitok stb. — ásványparagenezisei és ásványai (a másodlagos elváltozásokat leszámítva) igen hasonlóak. Ez lehetővé teszi, hogy mindkettőt egyazon magmakamrából származtassuk.

Zárószó

Az Vlagyimir Alexandrovics Utyenkov által lefolytatott kőzettani vizsgálat minden bizonnyal a legrészletesebb és legmegalapozottabb, amely a mórágai gránit egészéről valaha is született. A következtetések mind-egyikét részletes elemzés támasztja alá, amelynek alapja a fázisszabály és az ásványparagenezisek koncepciója. A mórágai gránit összetételének elemzésében mindeddig egyiket sem használták.

A bevezetésben megfogalmazott kérdésekre Utyenkov az alábbi választ adta:

— A nagy káliföldpát-kiválások magmás eredetűek, metasomatikus keletkezésüket az ásványoknak mind összetétele, mind szöveti képe kizárja. [Megjegyezzük, hogy képződési hőmérsékletükkel kapcsolatos korábbi következtetések felhasználását a metasomatikus eredet indoklásához már annak alapján is kétségbe lehet vonni, hogy BUDA (1969) ugyanilyen módszerrel kapott 12 adatából a nyilvánvalóan magmás eredetű plagioklász kristályosodására is 517±10 °C számítható.]

— Az alapgránit kőzettani változékonysága magmás differenciáció következménye. A különböző kőzetváltozatok lényegileg ugyanazon ásványparagenezisekből állnak, amelyek viszonyát az olvadék hőmérséklet-csökkenési menete és illóanyag-tartalma szabta meg.

— Mind a melanokrata zárványok, mind a kőzettelérek anyaga szoros kapcsolatban áll az alapgránitával: a zárványok ugyanazon magma korai, a telérek pedig késői kristályosodásának termékei.

További fontos következtetés, hogy a mórágai kőzetek nem gránit eredetűek, hanem monzonitos típusúak, amely típus különleges helyzetet foglal el a magmás kőzetsorozatok között: kristályosodása nem eutektikum felé irányuló összetétel-változással, hanem különböző ásványparagenezisek időbeli egymásutánjával írható le.

A kapott eredmények világosan mutatják, hogy a klasszikus mikroszkópos vizsgálat még a modernebb eszközökkel (FÖLDVÁRI-VOGL, BÖJTÖS-VARRÓK 1968, PANTÓ 1975, SZEDERKÉNYI 1975, BUDA, NAGY 1995: geokémia; BUDA 1968, 1974, HÁDEN 1997: földpátvizsgálatok) kapott kőzetgenetikai következtetésekhez képest is újat tud mondani.

References – Irodalom

- BALOGH, K., ÁRVA-SÓS, E., BUDA, G. 1983: Chronology of granitoid and metamorphic rocks of Transdanubia (Hungary). — *Anuarul Institutului de Geologie și Geofizică* 61, pp. 359–364.
- BOGATIKOV, O. A., MIKHAILOV, N. P., GON'SHAKOVA, V. I. (editors) 1981: *Klassifikatsiia i nomenklatura magmaticeskikh gornyykh porod. Spravochnoe posobie* (in Russian: Classification and nomenclature of igneous rocks. Manual). — Nedra, 160 p.
- BOWEN, N. L. 1913: The melting phenomena of the plagioclase feldspars. — *American Journal of Science, Fourth Series* 35 (210), pp. 577–599.
- BUDA GY. 1968: A mecseki és velencei-hegységi granitoid kőzetek földpátjainak optikai és röntgen vizsgálata. Doktori értekezés. [In Hungarian, Optical and röntgen investigation of feldspars from Mecsek and Velence Mts. Doctoral dissertation.] — *Manuscript*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Ásványtani Tanszék és Közéttan és Geokémiai Tanszék könyvtára, Budapest.
- BUDA, GY. 1969: Genesis of the granitoid rocks of the Mecsek and Velence Mountains on the basis of the investigation of the feldspars. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 13 (1–4), pp. 131–155.
- BUDA GY. 1972: Magyarországi granitoid kőzetek genetikai és tektonikai csoportosítása, különös tekintettel a földpátok vizsgálatára. [In Hungarian: Genetic and tectonic classification of granitoid rocks in Hungary with a special emphasis on investigation of feldspars.] — *Magyar Tudományos Akadémia X. Osztályának Közleményei* 5 (1–2), pp. 21–26.
- BUDA, GY. 1974: Investigation of the alkali feldspar polymorphs of the Hungarian granitoid rocks. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 18 (3–4), pp. 465–480.
- BUDA, GY. 1975: Classification of the Hungarian granitoid rocks on the basis of feldspar investigation. — *Carpathian-Balkan Geological Association, Proceedings of the 10th Congress, Section III, Tectonics*, pp. 67–74.
- BUDA, GY. 1981a: Genesis of the Hungarian granitoid rocks. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 24 (2–4), pp. 309–318.
- BUDA, GY. 1981b: Mineralogy and petrology of the Hungarian granitoids. — *12th Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, Abstracts*, p. 312.
- BUDA GY. 1985: Variszkuszi korú kollíziós granitoidok képződése Magyarország, Ny-Kárpátok és a Központi Cseh (Bohémiai)-masszívum granitoidjainak példáin. Kandidátusi értekezés. [In Hungarian, Origin of Variscan collision granitoids with examples from Hungary, West Carpathians and Bohemian Massif. Candidate dissertation.] — *Manuscript*, Magyar Tudományos Akadémia Könyvtára, Budapest.
- BUDA, GY. 1990: REE in Hungarian and West-Carpathian Variscan granitoids. — *The 15th General Meeting of the International Mineralogical Association, 1990, Beijing, China, Abstracts* 2, pp. 982–984.
- BUDA, GY. 1994: The genesis and tectonic settings of the Hungarian Variscan granitoids correlated with some other surrounding occurrences. — *International Mineralogical Association, 16th General Meeting, 4–9 September 1994, Pisa, Italy, Abstracts*, pp. 89–90.
- BUDA GY. 1995: Variszkuszi paleotektonikai rekonstrukció a közép-európai kristályos kőzetek (granitoid) ásvány-, kőzetan és geokémiai korrelációja alapján. [In Hungarian, Variscan palaeotectonic reconstruction based on mineralogical, petrographical and geochemical correlation of Central European crystalline rocks (granitoids).] — *Manuscript*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Ásványtani Tanszék, Budapest.
- BUDA GY. 1996: Összefoglaló jelentés az Üveghuta–1 mélyfúrás granitoid kőzeteinek vizsgálatáról. [In Hungarian, Final report on the study of granitoid rocks from Borehole Üveghuta-1.] — *Manuscript*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Ásványtani Tanszék, Budapest.
- BUDA GY. 1998: Összefoglaló jelentés az Üveghuta–2, –3, –4, –5, –6, –8 mélyfúrások granitoid kőzeteinek vizsgálatáról. [In Hungarian, Final report on the study of granitoid rocks from boreholes Üveghuta-2, -3, -4, -5, -6, -8.] — *Manuscript*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Ásványtani Tanszék, Budapest.
- BUDA GY. 1999: Összefoglaló jelentés az Üveghuta–22, –23, –24 mélyfúrások granitoid kőzeteinek vizsgálatáról. [In Hungarian, Final report on the study of granitoid rocks from boreholes Üveghuta–22, –23, –24] — *Manuscript*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Ásványtani Tanszék, Budapest.
- BUDA, GY., DITRÓI-PUSKÁS, Z. 1997: Crystalline rocks of Üveghuta–1 borehole (Az Üveghuta–1 fúrás kristályos kőzetei). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése*, 1996/II., pp. 77–116.
- BUDA, GY., NAGY, G. 1995: Some REE-bearing accessory minerals in two types of Variscan granitoids, Hungary. — *Geologica Carpathica* 46 (2), pp. 67–78.
- BUDA GY., LOVAS GY., DANI Z., PUSKÁS Z., GÁLNÉ SOLYMOS K., HARANGI SZ., DOBOSI G., NAGY G. 1985: A Mórággyi Granitoid Formáció (Fazekasboda-Mórággyi-hegység). Geológiai kirándulásvezető. [In Hungarian, Mórággyi Granitoid Formation (Fazekasboda-Mórággyi Hills. Geological guide.)] — *Manuscript*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Ásványtani Tanszék, Budapest.
- BUDA, GY., LOVAS, GY., KLÖTZLI, U., COUSENS, B. L. 1999: Variscan granitoids of the Mórággyi Hills (South Hungary). — *Beitrag zur European Journal of Mineralogy*. 11 (2), pp. 21–32.
- BUDA, GY., PUSKÁS, Z., GÁL-SÓLYMOS, K., KLÖTZLI, U., COUSENS, B. L. 2000: Mineralogical, petrographical and geochemical characteristics of crystalline rocks of the Üveghuta boreholes (Mórággyi Hills, South Hungary — Üveghutai mélyfúrások kristályos kőzeteinek ásvány-kőzetanai és geokémiai jellemzése (Mórággyi-rög). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999-ről*, pp. 231–252.
- CHUKHROV, F. I. (editor) 1981: *Mineraly (spravochnik), tom 3, vypusk 3* (in Russian: Minerals (Manual), Volume 3, Issue 3). — Nauka, Moskva, 397 p.
- CSALOGOVITS I. 1964: De la Palingénese calédonienne et des rapports de grande tectonique du Massif de socle cristallin du Sud du Bassin Pannonien (Cisdanubie). — *Annales Historico-Naturalis Musei Naturalis Hungarici* 56, pp. 31–57.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J. 1963: *Rock-forming minerals. Vol. 4. Framework Silicates*. — Longmans, London, 435 p.
- EBADI, A., and JOHANNES, W. 1991: Beginning of melting and composition of first melts in the system Qz–Ab–Or–H₂O–CO₂. — *Contributions to Mineralogy and Petrology* 106 (3), pp. 286–295.
- FÖLDVÁRI-VOGL, M., BÖJTÖS-VARRÓK, K. 1968: Vergleichende geochemische Untersuchungen an Graniten aus Ungarn. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 12, pp. 99–115.
- GAVERIKOVA, S. N. 1982: Granitizatsiia arkeiskikh granulitov (na primere Mogochinskogo vykhoda v olekminkom Stanovike [in Russian: Granitisation of Archean granulites (case of the Mogocha Outcrop in Olekma Stanovik Mts)]. — *Ocherki*

- fiziko-khimicheskoi petrologii*, X, Nauka, Moskva, pp. 110–140.
- GHANEM, M. A. E. A., RAVASZ-BARANYAI, L. 1969: Petrographic study of the crystalline basement rocks, Mecsek Mountains, Hungary. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 13, pp. 191–219.
- GRAMENITSKII, E. N., KOTEL'NIKOV, A. R., BATANOVA, A. M., SHCHEKINA, T. I., PLECHEV, P. IU. 2000: *Ekspierimental'naia i tekhnicheskaiia petrologiia* (in Russian: Experimental and technical petrology). — Nauchnyi mir, Moskva, 415 p.
- HÁDEN S. 1997: A fazekasboda-mórógyi-röghegységi gránitoidok káliföldpátjainak ásványtani vizsgálata. Szakdolgozat. [In Hungarian, Mineralogical investigations of K-feldspars from granitoids of the Fazekasboda-Mórógy Hills. Thesis for a university degree.] — *Manuscript*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Ásványtani Tanszék, Budapest.
- JANTSKY B. 1953: A mecseki kristályos alaphegység földtani viszonyai (French abstract: Les conditions géologiques du socle cristallin du Mecsek). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1950-ről*, pp. 65–77.
- JANTSKY B. 1975: A mecseki kristályos alaphelység földtana. Doktori értekezés. [In Hungarian, Geology of the crystalline basement of Mecsek Mts. Doctoral dissertation.] — *Manuscript*, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- JANTSKY B. 1979: A mecseki gránitosodott kristályos alaphelység földtana. — *Géologie du socle cristallin granitisé de la montagne Mecsek*. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 60, 385 p.
- KOGARKO, L. N., RYABCHIKOV, I. D. 1978: Letuchie elementy v magmaticeskikh protsessakh (in Russian: Volatiles in magmatic processes). — *Geokhimiia* 1978 (9), pp. 1293–1321.
- KORZHINSKII, D. S. 1952: Granitizatsiia kak magmaticeskoe zameshchenie (in Russian: Granitisation as magmatic replacement). — *Izvestiia Akademii nauk SSSR, seriia Geologicheskaiia* 2, pp. 52–69.
- KORZHINSKII, D. S. 1955: Ocherk metasomaticeskikh protsessov (in Russian: Overview of the metasomatic processes). — In: BETEKHTIN, A. G. (editor-in chief): *Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniiax. Izdvo Akademii nauk SSSR*, Moskva, pp. 335–456.
- KORZHINSKII, D. S. 1963: Sootnoshenie mezhdú aktivnost'iu kisloroda, kislotnost'iu i vosstanovitel'nym potentsialom pri endogennom mineraloobrazovanii (in Russian: Relationships between oxygen activity, acidity and reduction potential in endogenic mineral generation). — *Izvestiia Akademii nauk SSSR, seriia Geologicheskaiia* 1963 (3), pp. 54–62.
- KORZHINSKII, D. S. 1969: *Teoriia metasomaticeskoi zonal'nosti* (in Russian: A theory for metasomatic zoning). — Nauka, Moskva, 110 p.
- KORZHINSKII, D. S. 1973a: Magmaticeskíe protsessy (in Russian: Magmatic processes). — *Izvestiia Akademii nauk SSSR, seriia Geologicheskaiia* 12, pp. 3–6.
- KORZHINSKII, D. S., 1973b: *Teoreticheskie osnovy analiza paragenizov mineralov* (in Russian: Theoretical background for the analysis of parageneses of minerals). — Nauka, Moskva, 288 p.
- KRETZ, R. 1983: Symbols for rock-forming minerals. — *American Mineralogist* 68, pp. 277–279.
- LODOCHNIKOV, B. N. 1974: *Glavneishie porodoobrazuiushchie mineraly. 5e dopolnennoe izdanie* (in Russian: Main rock-forming minerals. 5th completed edition). — Nedra, Moskva, 248 p.
- MEHNERT, K. R. 1968: *Migmatites and the origin of granite rocks*. — Elsevier, Amsterdam, London, New York, 393 p.
- MORSE, S. A. 1968: Alkali Feldspar – Water at 5 kb. — *Carnegy Institute Annual Reports, Geophysical Laboratory* 67 (1967–1968), pp. 120–126.
- NAUMOV, V. B., NAUMOV, T. B. 1980: Mineraloobrazuiushchie fluidy i fiziko-khimicheskíe zakonomernosti ikh evolutsii (in Russian: Mineral-generating fluids and physico-chemical rules of their evolution). — *Geokhimiia* 1980, 10, pp. 1450–1460.
- NEDOSEKIN, IU. D. 1976: Geologiia i petrografiia Niut-UI'beiskogo granitoidnogo massiva (in Russian: Geology and petrography of the Niut-UI'bei granitoid massif). — In: *Vulkanicheskíe i intruzivnye formatsii Priokhot'ia*. Nauka, Novosibirsk, pp. 14–41.
- NIKOLAEV, V. A., DOLIVO-DOBROVOL'SKII, V. V. 1961: *Osnovy teorii protsessov magmatizma i metamorfizma* (in Russian: The base for a theory on the processes of the magmatism and metamorphism). — Gosgeoltekhizdat, Moskva, 338 p.
- ORLOVA, G. P., RYABCHIKOV, L. D., 1977: Rastvorimost' uglekisloty v aliumosilikatnykh rasplavakh povyshennoi shchelochnosti i voprosy proiskhozhdeniia karbonatitovykh magm (in Russian: Solubility of the carbonic acid in aluminosilicate melts of increased alkalinity and the questions of the origin of the carbonatite magmas). — *Izvestiia Akademii nauk SSSR, seriia Geologicheskaiia* 1977 (12), pp. 5–17.
- PANTÓ, GY. 1975: Trace minerals of the granitic rocks of the Velence and Mecsek Mts. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 19 (1–2), pp. 59–93.
- PAPP F. 1952: Mórógyvidéki gránitok és kísérőkőzetek. — Des roches intrusives de la région de Mórógy. — *Földtani Közlöny* 82 (4–6), pp. 143–156.
- PAPP F., REICHERT R. 1929: A mórógyvidéki gránitok. [In Hungarian, Granitoids from the Mórógy area.] — *Földtani Közlöny* 59, pp. 3–7.
- PERCHUK, L. L., GREYA, T. V. 1998: Issledovanie nekotorykh petrologicheskikh protsessov v litosfere (in Russian: A study of some petrological processes in the lithosphere). — In: ZHARIKOV, V. A., FED'KIN, V. V. (editors): *Ekspierimental'noe i teoreticheskoe modelirovanie protsessov mineraloobrazovaniia*. Nauka, Moskva, pp. 410–434.
- PERCHUK, L. L., RYABCHIKOV, I. D. 1976: *Fazovoe sootvetstvie v mineral'nykh sistemakh* (in Russian: Phase correspondence in mineral systems). — Nedra, Moskva, 287 p.
- RAGUIN, E. 1976: *Geologie du granite*. — Masson, Paris, New York, Barcelona, Milan, 276 p.
- REYNOLDS, D. L. 1947: The sequence of geochemical changes leading to granitization. — *The Quarterly Journal of the Geological Society of London* 102 [1946], pp. 389–446.
- RONENSON, B. M. 1989: Problemy bazifikatsii i osnovnogo fronta v metamorficheskikh kompleksakh (in Russian: Problems of the basification and of the basic front in metamorphic series). — In: KEIL'MAN, G. A. (editor): *Geologiia metamorficheskikh kompleksov*. Sverdlovsk, pp. 72–85.
- ROSENBUSCH, H. 1923: *Elemente der Gesteinslehre*. — Schweitzerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, 779 p.
- ROTH S. 1875: A Fazekasboda-mórógyi hegylanc eruptív kőzetei. [In Hungarian, Igneous rocks of the Fazekasboda-Mórógy Ridge.] — *Földtani Közlöny* 5 (1–12), pp. 135–145.
- RUNDKVIST, V. A. 1976: *Granitoobrazovanie i formirovanie zemnoi kory v dokembrii* (in Russian: Granite generation and forming of the earth's crust in Pre-Cambrian). — Nedra, Leningrad, 415 p.
- SALLAY E. 2000: Gránitoid kőzetek bázisos zárványainak genetikája ásvány-kőzettani és geokémiai vizsgálatok alapján. Szakdolgozat. [In Hungarian, Genesis of mafic inclusions in granitoid rocks based on mineralogical-petrographic and geochemical investigations. Thesis for a university degree.] — *Manuscript*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- SALOVA, T. P., EPEL'BAUM, M. B., TIKHOMIROVA, V. I., LIUTOV, V. S., AKHMEDZHANOVA, G. A. 1980: Vliianie temperatury na kislotnuiu agressivnost' fluida po otnosheniiu k silikatnomu rasplavu (in Russian: Effect of the temperature on the acid aggressive-

- ness of the fluid relative to silicate melt). — In: ZHARIKOV, V. A., FED'KIN, V. V. (editors): *Ocherki fiziko-khimicheskoi petrologii*. Nauka, Moskva, vypusk 9, pp. 175–179.
- SHAW, H. R. 1963: The four-phase curve sanidine–quartz–liquid–gas between 500 and 4000 bars. — *American Mineralogist* 48 (7–8), pp. 880–896.
- SZÁDECZKY-KARDOSS E. 1959: A kárpáti közbenső tömeg magmás mechanizmusáról. [In Hungarian, On the magmatic mechanism of the Carpathian Median Massif.] — *Manuscript*, A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Geokémiai Konferenciája, 1959. október 5–10. 2. kötet, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. 1967: Map of geological evolution of Southeastern-Europe. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 11, pp. 187–203.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. 1969: Gesteinsmetamorphose und Tektonik im Karpatish-Balkanisch-Dinarischen Gebiet. — *9th Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, Budapest*, 4, pp. 445–464.
- SZEDERKÉNYI, T. 1974: Paleozoic magmatism and tectonogenesis in Southeast Transdanubia. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 18 (3–4), pp. 305–313.
- SZEDERKÉNYI T. 1975: A délkelet-dunántúli ópaleozoós képződmények ritkalelem kutatása. Kandidátusi értekezés. [In Hungarian, Study of rare elements in Early Palaeozoic rocks of South-East Transdanubia. Candidate dissertation.] — *Manuscript*, Magyar Tudományos Akadémia könyvtára, Budapest.
- SZEDERKÉNYI T. 1985: Az Alföld kristályos aljzata és kapcsolatai. Doktori értekezés. [In Hungarian, Crystalline basement of the Great Hungarian Plain and its relations. Doctoral dissertation.] — *Manuscript*, Magyar Tudományos Akadémia Könyvtára, Budapest.
- SZEPESHÁZY K. 1966: A kristályos aljzat fontosabb közettípusai a Duna-Tisza köze középső és déli részén. (German abstract: Wichtiger Gesteinstypen des kristallinen Grundgebirges im mittleren und südlichen Teil des Donau-Theiss-Zwischenstromlandes.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1966-ról*, pp. 257–289.
- SZEPESHÁZY K. 1967: Közettani adatok a battonyai gránit ismeretéhez. (German abstract: Petrographische Angaben zur Kenntnis des Battonyaer Granits.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1967-ről*, pp. 227–266.
- SZEPESHÁZY K. 1973: A Kárpátok és az Alföld metamorf képződményeinek kapcsolata. [In Hungarian, Relations between metamorphic rocks of the Carpathians and Great Hungarian Plain.] — *Általános Földtani Szemle* 3, pp. 5–57.
- TELEKI G. 1941: Adatok a dunántúli paleozoikum tektonikájához. — *Daten zur paläozoischen tektonik des Dunántúl (Transdanubien)*. — *Földtani Közlöny* 71 (7–12), pp. 205–212, 295–296.
- USHAKOVA, E. N. 1971: *Biotity metamorficheskikh porod (in Russian: Biotites or metamorphic rocks)*. — Nauka, Moskva, 346 p.
- USHAKOVA, E. N. 1980: *Biotity magmaticeskikh porod (in Russian: Biotites of igneous rocks)*. — Nauka, Novosibirsk, 327 p.
- VADÁSZ E. 1914: A Zengővonulat és a környező dombvidék földtani viszonyai. [In Hungarian, Geology of the Zengo Ridge and surrounding hills.] — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1913-ról*, pp. 336–352.
- VADÁSZ E. 1935: A Mecsek-hegység. — *Das Mecsek-Gebirge. — Magyar Tájak Földtani Leírása 1*, Stádium Sajtóvállalat Részvénytársaság, Budapest, 181 p.
- VADÁSZ E. 1953: *Magyarország földtana*. [In Hungarian, Geology of Hungary.] — Akadémiai kiadó, Budapest, 402 p.
- VADÁSZ E. 1960: *Magyarország földtana*. Második, átdolgozott és bővített kiadás. [In Hungarian, Geology of Hungary. Second, revised and completed edition] — Akadémiai Kiadó, Budapest, 646 p.
- VARLAMOFF, N. 1956: *Materiaux pour l'étude des pegmatites des Congo Belge et du Ruanda-Urundi*. — *Annales Societe Geologique Belgique* 79, pp. 385–403.
- WEIN Gy. 1967: Délkelet-Dunántúl hegység szerkezeti egységeinek összefüggései az őslipi ciklusban. (German abstract: Zusammenhang der tektonischen Einheiten Südost-Transdanubiens im altalpidischen Zyklus.) — *Földtani Közlöny* 97 (3), pp. 286–293.
- YARMOLYUK, V. V., KOVALENKO, V. I. (responsible editors) 1987: *Magmaticeskije gornye porod, tom 4. Kislye i srednie porod* (in Russian: Igneous rocks, Volume 4. Acid and intermediate rocks). — Nauka, Moskva, 373 p.
- YODER, H. S. 1967: Albite–anortite–quartz–water at 5 kb. — *Carnegie Institute Washington Year Book* 66 (1966–67), 478 p.
- YODER, H. S., STEWART, D. B., SMITH, D. P., 1957: Ternary feldspars. — *Carnegie Institute Washington Year Book* 1956–57, pp. 206–214.
- ZHARIKOV, V. A. 1968: Eksperimental'noe i teoreticheskoe issledovanie fil'tratsionnogo efekta. Chast' III: Elektrokineticheskii mekhanizm i ego vozmozhnaia geokhimicheskaiia rol' (in Russian: Experimental and theoretical study of the filtration effect. Chapter III- Electrokinetical mechanism and its possible geochemical role). — In: MARAKUSHEV, A. A. (editor): *Metasomatizm i drugie voprosy fiziko-khimicheskoi petrologii*. Nauka, Moskva, pp. 9–30.
- ZHARIKOV, V. A. 1987: Problemy granitobrazovaniia (in Russian: Problems of the granite generation). — *Vestnik Moskovskogo universiteta, Seria 4, Geologiya* 1987 (6), pp. 3–14.
- ZHARIKOV, V. A., EPEL'BAUM, M. B., BOGOLEPOV, M. V., SIMAKIN, A. G., 1994: Protsessy granitobrazovaniia (in Russian: Processes of the granite generation). — In: ZHARIKOV, V. A., FED'KIN, V. V. (editors): *Eksperimental'nye problemy geologii*. Nauka, Moskva, pp. 83–104.
- ZHARIKOV, V. A., GAVRIKOVA, S. N. 1987: Granitobrazovanie v aktivizirovannoi okraine Aldano-Stanovogo shchita (in Russian: Granite generation on the activated margin of the Aldan-Stanovoi Shield). — *Zapiski Vsesoiuznogo mineralogicheskogo obshchestva*, 116 (4), pp. 377–399.
- ZHARIKOV, V. A., RUSINOV, V. L. (editors) 1998: *Metasomatizm i metasomaticheskije porod* (in Russian: Metasomatism and metasomatic rocks). — Nauchnyi mir, Moskva, 490 p.
- ZHARIKOV, V. A., GAVRIKOVA, S. N. 1989: O dvukh mekhanizmah granitobrazovaniia (in Russian: On two mechanisms of granite generation). — In: *Kristallicheskaia kora v prostranstve i vremeni: magmatizm*. Nauka, Moskva, pp. 25–35.

Limnogeológiai vizsgálatok a Gyöngyösorszi Ipari Vízározón

Limnogeological investigations on the Gyöngyösorszi Industrial Water Reservoir

CSENY TIBOR¹ és PRÓNAY ZSOLT²

¹Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

²Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, 1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

Tárgyszavak: mederüledék mintázás, szonár mérések, földtani vizsgálatok, nehézfém szennyezés, iszapvastagság meghatározás, feliszapolódási sebesség

Keywords: lake sediment sampling, sonar measurements, geological investigations, heavy metal contamination, mud-thickness, velocity of the silting up

Összefoglalás

A múlt század kilencvenes éveinek közepén indult meg a Limnogeológiai vizsgálatok projekt, amely hazai nagy tavainkon kívül számos kisebb tavon, lápon és mocsári területen végezte komplex földtani munkáját. A kutatások elsődleges célja az elmúlt néhány ezer év paleokörnyezetének (éghajlat, vegetáció, hidrológiai viszonyok) rekonstrukciója volt, de mellette esetenként más kérdésekre (pl. régészet, eutrofizáció, környezetszennyezés) is kereste a választ. Az ezredfordulóra a limnogeológiai kutatások súlypontja az alkalmazott feladatok irányába tevődött át. Ennek egyik szép példáját jelenti a Gyöngyösorszi Ipari Vízározón elvégzett munka, mely egyben a földtani, geokémiai és geofizikai módszerek közös alkalmazásának eredményességét is bemutatja környezetvédelmi feladatok megoldása során.

Az elvégzett komplex kutatás célja a tározóban felhalmozódott üledék fontosabb tulajdonságainak megismerése, az iszap vastagságának meghatározása, továbbá a tározó feliszapolódási sebességének becslése volt. A legfontosabb eredmények az alábbiak szerint foglalhatók össze:

— A mintegy 4 hektárnyi víztározó legnagyobb mélysége (>15 méter) annak alsó harmadának közepén található. A vízszint 329,1 m-es Btszf. magassága mellett a tározóban lévő vízmennyiség 186 200 m³.

— Az ipari víztározóban megismert legnagyobb iszapvastagság három méter, mely értéket a tározó felső felében mértük. A tározóban felhalmozódott és ott jelenleg is megtalálható iszap mennyisége legalább 32 600 m³. A tározó üzemeltetési idejének (45 év) ismeretében kiszámított maximális feliszapolódási sebesség 6–7 cm/év. Ez az érték a tározó különböző pontján lényegesen eltérő és a bányászati tevékenység szüneteltetése óta 1 cm/év értékre mérséklődött.

— A víztározóban megismert rétegeket három csoportba lehet beosztani: a víztesttel közvetlenül érintkező felső rétegcsoportha, mely folyóvízi-tavi genetikájú; az alatta elhelyezkedő

Abstract

The project Limnogeological investigations started in the middle of the 90s of the last century. Apart from the large Hungarian lakes, smaller lakes, marshes and bogs were also subjected to the related complex research. The main objective of the investigations was the paleoenvironmental reconstruction of the last several thousand years (climate, vegetation, hydrological setting). Additionally, we tried to find answers to some other questions (e.g. in the fields of archaeology, trophity and pollution of the environment). To the turn of the century the focus of the investigations shifted towards applied research. One of the most spectacular examples is the work conducted in the Gyöngyösorszi Industrial Water Reservoir. This project proves the effectiveness of applying combined geological, geochemical and geophysical research methods in addressing environmental issues.

The complex research is aimed at learning the main features of the sediments accumulated in the reservoir, defining the mud thickness and estimating the velocity of the reservoir silting up. The principal results can be summarised as follows:

— The deepest part (>15 m) of the around 4-hectare reservoir can be found in the middle of its lower third. The water level and amount are 329,1 m aBsl (above Baltic sea level) and 186 200 m³, respectively. The accumulated mud present in the reservoir's amounts to at least 32 600 m³. Considering the reservoirs operation period (45 years) the highest estimated velocity of silting up is 6–7 cm/year. This value varies between wide ranges in different parts of the reservoir. Due to the suspension of mining activities the velocity of silting up was reduced to around 1 cm/year.

— Geophysical methods determined that the maximum value of mud thickness was 3 m. Merely its uppermost, around 60 cm section was sampled. The resulting sediments can be assigned to three groups as follows: the upper sequence of fluvial-lacustrine genetics in direct contact with water; the underlying middle one of lacustrine-chemical features; and the lowermost one indicating again fluvial-lacustrine character. Genetic

középsőbe, mely tavi, kémiai üledék; és az alsóba, ami szintén folyóvízi-tavi. A vizuálisan szétválasztott rétegcsoportok genetikai különbözősége ásványtani és kémiai tulajdonságaiban is tükröződik.

— A mátrai vulkáni kőzetek átlagánál egy–két nagyságrenddel (tízszer, százszor) több arzén található a felső és alsó rétegcsoport üledékeiben, illetve kadmium, réz, ólom és szelén a középső rétegcsoport üledékeiben. A bór esetében a teljes rétegsorban, míg a cinknél a középső rétegcsoport üledékeiben három nagyságrenddel (ezerszeres mértékben!) magasabb értékeket lehetett kimutatni, mint a mátrai földtani háttéren. Az ipari víztározóban felhalmozódott üledék különös veszélyességét, elsősorban, a nagy mennyiségben jelen lévő kadmium, arzén, ólom, cink, réz és szelén jelenti.

differences of the related three groups separated upon their physical properties are also manifested in the results of their mineralogical and chemical analyses.

— The upper and lower sediment sequences contain by one-two orders of magnitude more (ten times, hundred times) arsenic, whereas the middle section by the same measure more cadmium, copper, lead and selenium than the average of the volcanic rocks in Mátra Hills. With respect to boron, the entire sequence features by three orders of magnitude (thousand times!) higher amount, than the geological background of Mátra Hills. The same applies to zinc but only in the middle sequence. The sediments accumulated in the Industrial reservoir are qualified as dangerous wastes in many respects. The main threat is presented by the high amount of cadmium as well as arsenic, lead, zinc and selenium.

Bevezetés

A Magyar Állami Földtani Intézetben a múlt század kilencvenes éveinek közepén indultak meg limnogeológiai vizsgálatok, elsősorban a balatoni komplex földtani kutatások módszertani és tudományos eredményeire épülve (CSERNY 1999, 2000a). Az öt évig önállóan működő projekt vizsgálatait a Velencei-tavon, a Kis-Balatonon, továbbá néhány kisebb természetes eredetű lápon (Zsombói, Szócei, Szalafői), kisebb tavakon (tihanyi tavak, Garancsi-tó) és mocsári területeken (Csesztreg, Szentgyörgyvölgy, Tapolcai-medence, Sárrét, Vörös-mocsár) végezte (CSERNY 2000b). A kutatások elsődleges célja az elmúlt néhány ezer év paleokörnyezetének (éghajlat, vegetáció, hidrológiai viszonyok) rekonstrukciója volt, de mellette esetenként más kérdésekre is (pl. régészet, eutrofizáció, környezetszennyezés) kereste a választ. A Földtani Intézetben az ezredfordulón bekövetkezett szervezeti átalakulások következtében a fent említett limnogeológiai vizsgálatok a Regionális Hidrogeológiai Osztály tevékenységi körébe integrálódtak, ezzel párhuzamosan a kutatások súlypontja az alkalmazott feladatok irányába tevődött át. Ennek egyik szép példáját jelenti a 2001-ben elvégzett kutatás a Gyöngyösoroszi Ipari Víztározón, mely egyben a földtani, geokémiai és geofizikai módszerek közös alkalmazásának eredményességét is bemutatja a környezetvédelmi feladatok megoldása során.

A korábbi kutatások eredményeinek áttekintése

A Nyugat-Mátrában előforduló színesfém telérek már a középkorban ismerték, sőt kisipari módszerekkel, több alkalommal művelték is. A zöldkövesedett miocén kori andezitben szulfidos ércelérek húzódnak, melyek uralkodó ércásványai: a galenit (PbS), a szfalerit (ZnS), a pirit (FeS₂) és alárendelten a kalkopirit (FeCuS₂), de megemlíthető a telérek arany- és ezüsttartalma is. A területen 1949-ben indultak meg az újabb kutatások, amelynek eredményeire alapozva 1952-ben megalapították a Gyöngyösi Ércbánya Vállalatot. A gyöngyösoroszi

bányában kitermelt ércet helyben törték és flotációs eljárással dúsították, majd a leválasztott színport külföldön kohósították (KUN 1988). A technológiai folyamatba 1962-ben, az üzem rekonstrukciója során a törés és flotálás közé nehéz-szuszpenziós elődúsítást iktattak. A négyféle (ólm, rezes ólm, cink és pirit) színpor leválasztása után a viszszamaradt meddőt csővezetéken nyomatták fel a Szárazvölgyi flotációs meddőhányóra. A bánya működését, gazdaságossági okok miatt 1986-ban felfüggesztették (FÜGEDI et al. 2001).

A bányászat és az ércelőkészítés során jelentős szerepet kapott a felszíni és felszín alatti víz. Az ércelérek lefejtése során folyamatosan csökkent a felszín alatti víz szintje. E miatt a munkaterületek szárazzá váltak, de az oxidatív körülmények következtében megindult a szulfidok mállása, ami a bányavíz jelentős mértékű elsavanyodásához (szélső esetekben 2,5–3,0 pH) vezetett. A bányából felszínre kerülő savas víz oldatban tartotta a vas, mangán, cink és egyéb toxikus fémeket. A bányavíz savas kémhatását több módon és helyen mészhidráttal hozzáadásával közömbösítették, a toxikus fémek jelentős részét csapadék (üledék) formájában kicsapatták. Ezt a műveletet 1983. óta napjainkig pontos mérésekre alapozva, teljesen automatizált technológiával, a bányavíz felszínre jutásának közelében végzik (Hidrotech Kft).

Az ércdúsító mű technológiája nagy mennyiségű ipari vizet igényelt. Ennek kielégítése érdekében a Toka-patak vizét visszaduzzasztották és felszíni víztározókat alakítottak ki. Először, a ma már üledékkel teljes mértékben feltöltődött ún. „hordalékfogó műtárgy” helyén lévő mesterségesen kialakított tóból nyerték a vizet, majd az 1952–1955 között megépült, és kb. 2 év alatt vízzel feltöltődött ipari víztározóból. Az utóbbi állandóan megfelelő mennyiségű vizet biztosított az ércdúsítónak, sőt évente 2–3 alkalommal sor került a víz leeresztésére is. Utóbbi beavatkozás a feles vízmennyiségek elvezetése mellett, elsősorban a mesterségesen kialakított tóban kiülededett iszap eltávolítását szolgálta. A víztározó üledékeinek vizsgálatát célzó első, részben tudományos eredmények 1975-ből származnak, amikor köny-nyűbúvárok vizsgálták a fenékleürítő tolzár

iszap felszíni mintáiban előforduló ólom, cink, kadmium és arzén, többszörösen, sőt esetenként nagyságrendekkel is meghaladja a 10/2000. VI. 2. rendeletben megadott határértékeket.

A kutatás célja, módszerei és résztvevői

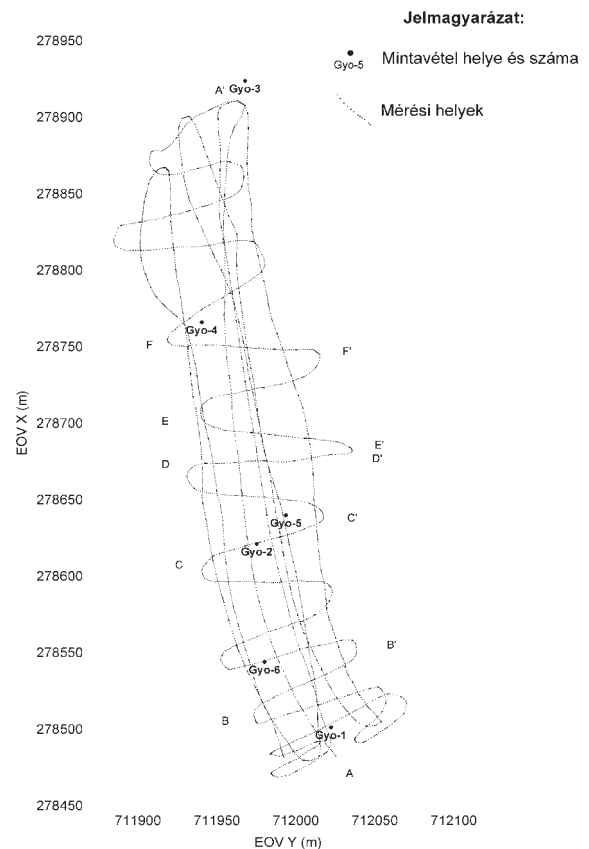
Az elvégzett komplex kutatás célja az ipari víztározóban (1. ábra, 1. kép) felhalmozódott üledék fontosabb tulajdonságainak megismerése, az iszap vastagságának meghatározása, továbbá a víztározó feliszapolódási sebességének becslése volt.

Az Envirokomplex Kft. megbízásából és a Gyöngyösorsoszi Ipari Víztározó kezelői teendőivel megbízott Hidrotech Kft. engedélyével, 2001. április 12-én hat ponton megmintáztuk a víztározó üledékeit, majd május 29-én közel kilenc kilométer hosszúságú szonár mérést végeztünk a vízen (2. ábra, 2. kép). A mintavételezés 7 cm átmérőjű, 65–75 cm hosszú, átlátszó, tefloncsővel, vákuum-módszerrel történt, csónakból kézi erővel, 12–15 méter vízmélység alól. A kiszűrt üledékoszlop hossza 25–70 cm között változott. A helyszínen a rétegsorokat dokumentáltuk, majd április 16-án laboratóriumban a vizuálisan szétválasztott rétegeket 3-5 cm-es szakaszokként folyamatosan megmintáztuk. A laborvizsgálatok fajtájától függően rétegtípusonként (pl. szedimentológiai, ásványtani, geokémiai vizsgálatok) vagy az egyes típusrétegsorokat folyamatosan (pl. fizikai állapotjellemzők, izotóp, pH mérések) elemeztük meg. A vizsgálati eredmények kiértékelésekor a víztározón és környezetében elvégzett korábbi környezeti és földtani kutatások adatait (ÉSZAK-MAGYARORSZÁGI KÖRNYEZETVÉDELMI FELÜGYELŐSÉG 1996, FÜGEDI et al. 2000, ÓDOR et al. 1998a, ÓDOR et al. 1998b), továbbá a bányaművelés során a tározó vízház-tartására és vízminőségére vonatkozó események ismeretét (FLÓRIÁN G., GERMUS B., HORDÓS I., PISTA Cs., SZALAY F. szóbeli közlései) is felhasználtuk.



1. kép. A Gyöngyösorsoszi Ipari Víztározó látképe a völgyzáró gáttól észak felé

Picture 2. View of the Gyöngyösorsoszi Industrial Water Reservoir from the dam to the North



2. ábra. A geofizikai mérések és mederfúrások (mintavételezések) helyszínrajza

Figure 2. Layout map of geophysical measurements and boreholes (samplings) into water reservoir bottom

A szedimentológiai (NÉMETH Márta és PARTÉNYI Magda) és az ásványtani (KOVÁCS-PÁLFFY Péter) vizsgálatok a Magyar Állami Földtani Intézetben, a geokémiai elemzések a Bálint Analitika Kft-ben, az izotóp meghatározások az Országos Élelmiszervizsgáló Radiológiai Laboratóriumában készültek el. Az eredmények



2. kép. Szonár mérés az ipari víztározón

Picture 2. Sonar measurement on the industrial water reservoir

kiértékelésében és a jelentés összeállításában CSERNYÉ M. Katalin és NÉMETH Ákos működtek közre.

A vízi geofizikai szelvényezés szonár módszerrel, folyamatos digitális regisztrátumok készítésével történt, átlagosan fél méter csatornaközzel. A módszer mesterségesen keltett rugalmas hullámok visszaverődéseinek elemzésével határozza meg a vizsgált üledékösszlet vastagságát és szerkezetét. A hullámok energiájának egy része az akusztikus impedancia (sebesség \times sűrűség) változásairól visszaverődik, másik része behatol a következő rétegbe. Laza, vízzel telített üledékek esetén a sebességváltozások elhanyagolhatók, a reflexiók a sűrűségváltozásokról származnak. A rutinszerűen alkalmazotknál egy nagyság-renddel magasabb frekvenciák használata lehetővé tette a sebesség és sűrűség inhomogenitások kimutatását akár 1 cm alatti felbontással is. A méréseket a módszer szempontjából kedvező külső körülmények között végeztük, ugyanis a vízmélység a várt iszapvastagságnál nagyobb volt, így a többszörösök (a fenék és a vízfelszín között ide-oda verődő, alig csillapodó hullámok) sok problémát jelentő eltávolításával nem kellett foglalkozni (PRÓNAY, TÖRÖS 2001a, PRÓNAY et al. 2002). A geofizikai mérések kivitelezésében MAGYAR Balázs és SZABADOS László volt segítségünkre.

A komplex földtani kutatás eredményei

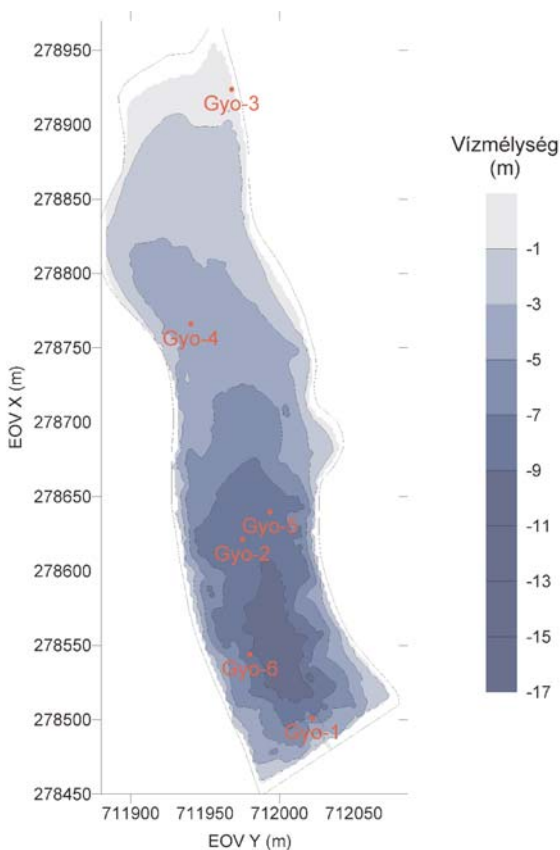
Az ipari vízározó hidrológiai tulajdonsága

Jelenleg a vízározó kb. 430 m hosszú és 100-120 m széles, azaz mintegy 4 hektárnyi felületű. A maximális vízmélység meghaladja a 15 métert. A vízszint Balti tengerszint feletti magassága a gátnál: 329,1 m.

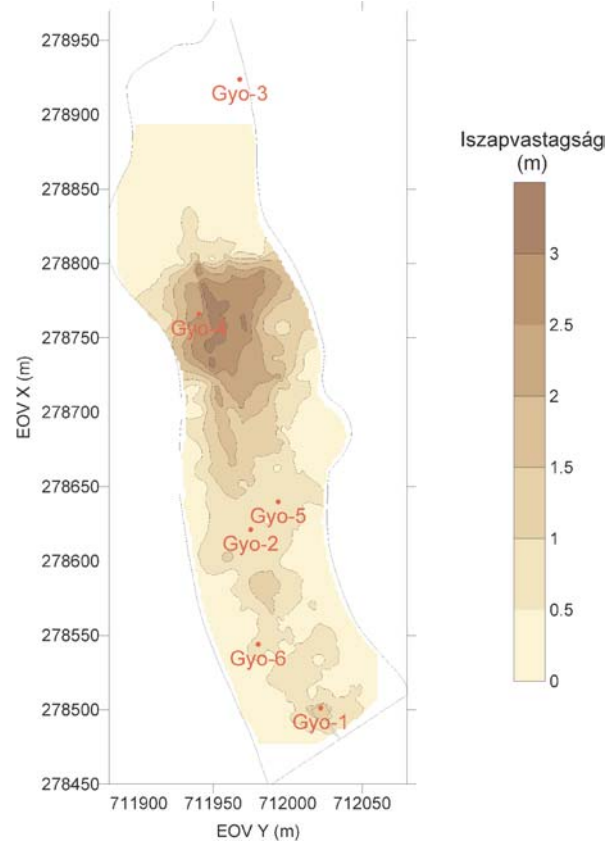
A szonár mérések eredményeként elkészült a vízározó vízmélység térképe (3. ábra). A térképen látható, hogy a maximális vízmélység a tározó alsó harmadának közepén található. A vízározó geometriai méreteinek ismeretében, a mért geofizikai szelvények sűrűségének megfelelő pontossággal a tározó vízmennyisége 186 200 m³. A vízmennyiség számításánál először interpolációval egyenküzi rácsba transzformáltuk a mért adatokat, azzal a határfeltétellel, hogy a tó szélén a vízmélység nulla. A következő lépésben a Simpson-szabály felhasználásával számítottuk ki a tó térfogatát.

Az ipari vízározóban mért iszapvastagság

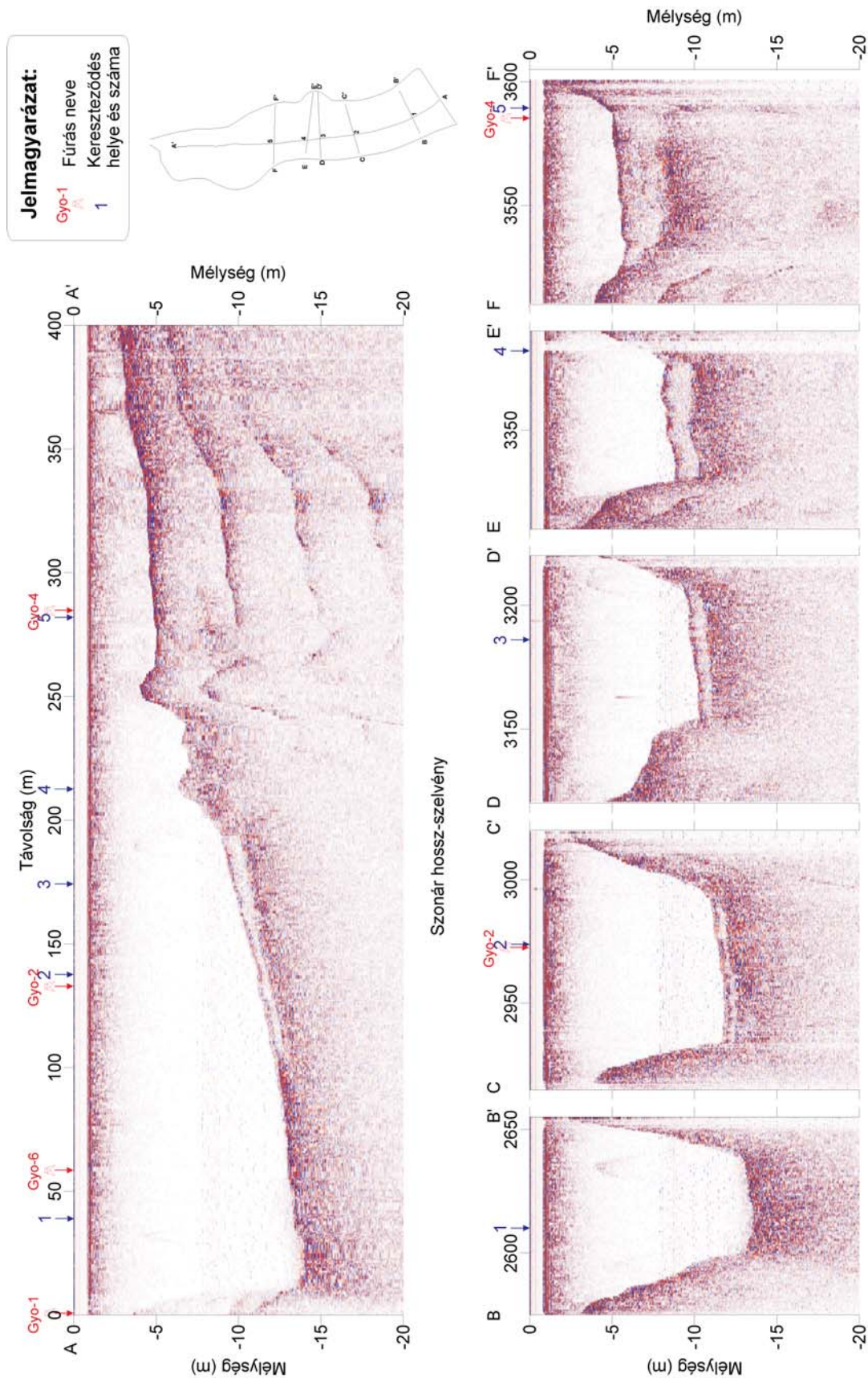
A geofizikai szelvényezés lehetővé tette az iszapréteg vastagságviszonyainak (4. ábra) megismerését, továbbá az üledékben tapasztalt szerkezetek meghatározását is. A mintavételezés eredménye és a rétegek laboratóriumban



3. ábra. A Gyöngyösorszi Ipari Vízározó vízmélység térképe
Figure 3. Map of water depth in the Gyöngyösorszi Industrial water reservoir



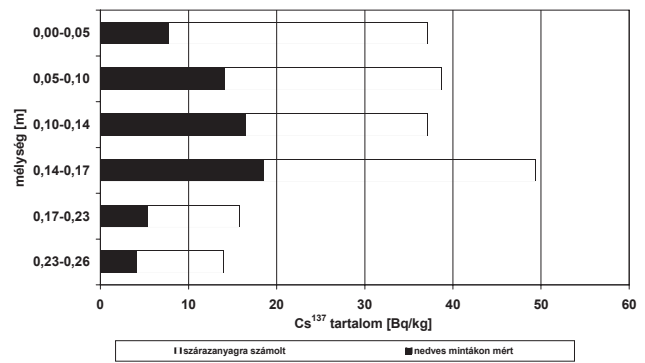
4. ábra. A Gyöngyösorszi Ipari Vízározóban felhalmozódott iszap vastagsági térképe
Figure 4. Map of mud thickness in the Gyöngyösorszi Industrial water reservoir



5. ábra. A Gyöngyösorszi Ipari víztározón mért hosszanti és néhány keresztirányú szonár szelvény
 Figure 5. Longitudinal and some cross sections traced through the Gyöngyösorszi Industrial Reservoir

meghatározott állapotjellemzőinek ismerete közvetlenül hozzájárult az egyes szerkezetekhez tartozó üledéktípusok azonosításához és térbeli kiterjesztéséhez. A vízározóban megismert maximális iszapvastagság 3 méter körüli, mely értéket a tározó déli felében mértük, ugyanakkor a minimális 1,0 méter körüli üledék az északi, mélyebb vízzel borított részen található. Ennek oka két dologgal magyarázható: először, a vízározóba bejutó patak folyási sebességének hirtelen csökkenése miatt a torkolat környezetében rakódik ki a szállított üledék nagy része. E folyamat hatását erősíti annak a víz alatti iszapfogó gátnak a megléte, mely az 5. ábra hosszanti szelvényének 250-es pontjában látszik. A víz alatti gát meglétéről a szonár szelvényen kívül egy korábbi terv szöveges része tesz említést, mely a tározó feletti „hordalékfogó” mellett egy másik ilyen műtárgy megépítését is dokumentálja. E gát előtt tapasztalható a vízározóban mért maximális vastagság, míg a gát másik oldalától északra, a folyási iránnyal megegyező rész felé eső mederrészen a finomszemcsés üledék jóval nagyobb területen lényegesen vékonyabb vastagságban terül szét. Ez jól látható a keresztirányú szonár szelvényeken (5. ábra). Másodszor, a vízározó északi, gáthoz közelebb eső térségében a vártnál vékonyabb iszapvastagság kialakulása azon hidraulikai folyamat következménye, mely a bányatevékenység felfüggesztéséig, azaz az 1980-as évek elejéig működött. Eszerint a vízározó leürítő tornyában lévő fenéktolózárat évente néhány alkalommal kinyitották, mely alkalmakkor a leeresztett víz nagy mennyiségű üledéket is magával vitt. A tolózáron át kizúduló víz szívóhatásának következtében elsősorban a torony közelében korábban keletkezett koloidszerű vegyi üledékek távoztak a mederből. A mederüledékek megoszlását szabályzó, fentebb említett két folyamat miatt a vízározóban képződött üledék felhalmozódási sebességét pontosan meghatározni nem lehet. Amennyiben a mért legnagyobb üledékvastagság 3 m és a vízározó üzemeltetésének kezdete óta eltelt 45 év alapján számolunk, akkor a feliszapolódás maximális sebessége 6-7 cm/év, a leeresztő tolózár körzetében minimálisan 2 cm/év. Ez az érték a vízározó többi pontján e két érték között mozog, annak függvényében, hogy a mérési pont milyen távolságra van a tápláló patak torkolatától, a vegyi üledéket termelő beadagolás helyétől, valamint a tározó medrének morfológiájától (pl. kisebb mélyedések, dombok, eredeti lejtő stb.).

A feliszapolódás sebessége az eltelt idő alatt többször is változhatott, a Toka-patakon levonuló nagyobb árvizek, valamint a bányászatot kísérő és a vízározó limnológiai rezsímjét meghatározó emberi beavatkozások miatt. A feliszapolódás jelenlegi (azaz a bányászati tevékenység szüneteltetésétől számított) sebességének meghatározására legalkalmasabb helynek a vízározó közepe tűnt, míg módszerének a Balatonon és más kisebb tavakon már jól bevált „cézium-módszer” (CSERNY, TARJÁN 1995). Utóbbi lényege, hogy a tavi képződmények felső rétegeiben megtalálhatóak azok a radioaktív izotópok (cézium, ólom, kálium stb.), amely csak a légköri atomrobbantások óta



6. ábra. A Gyo-2 fúrás ¹³⁷Cs szelvénye

Figure 6. ¹³⁷Cs section of borehole Gyo-2

kísérhető nyomon a légkörben. A kiülepedett céziumnak a rétegekben általában két maximum értéke mutatható ki: az 1964-es atomcsend egyezmény előtti év és az 1986-os csernobili baleset maximumai. Utóbbiak alapján becsülhető a tó feliszapolódásának sebessége. Az ipari vízározó esetében, mely csupán 1955 óta „termeli” az üledéket, csak a „csernobili marker” kimutatásának volt értelme. A Gyo-2 mederfúrás rétegoszlopát használtuk fel az említett mérés elvégzésére, mivel ez megfelelő távolságra volt a vízározót tápláló és „többet üledéket produkáló” patak torkolatától, illetve a túlfolyó esetleges „iszapelszívó” hatásától. A mederfúrás cézium szelvényén (6. ábra) a 14-17 cm-es mélységben szépen kirajzolódik a csernobili maximum. Ez azt jelenti, hogy a feliszapolódás napjainkban mérhető sebessége 1 cm/év körüli. Ez a sebesség csak látszólag ellent a fentebb meghatározott értékeknek, mivel a korábbi években a tározóban folytatott bányavíz kezelésekor a vegyi üledékek kicsapódása jóval intenzívebb volt, mint napjaink üledékképződése. A „cézium markerrel” meghatározott érték átlagos helyen és nyugodt körülmények között lerakódó, elsősorban tavi genetikájú üledékre vonatkozik, mely napjainkra jellemző. A 6. ábráról az is leolvasható, hogy a nukleáris balesetet megelőzően nagyon alacsony volt a területre kihulló cézium értéke, melynek több mint duplája mérhető napjainkban (35 Bq/kg szárazanyagra [sza.] vonatkoztatva). Mivel az üledékképződés sebessége hasonló más, kisebb-nagyobb méretű tavakban mért értékekkel, az ipari vízározó egységnyi szárazanyag tömegére vonatkoztatott cézium mennyisége összehasonlítható a Balatonból (100–150 Bq/kg sza.), a Velencei-tóból (70-80 Bq/kg sza.), vagy a Garancsi-tóból (140 Bq/kg sza.) származó mérési eredményekkel. Az összevetés alapján elmondható, hogy a jelenleg vizsgált vízározó iszapjának cézium mennyisége csupán fele vagy harmada a Dunántúlon mért értékeknek.

A bemutatott szonár szelvényeken (5. ábra) jól látszanak a vízározó fenekének és az iszap aljzatának egyenetlenségei, továbbá a keményebb fenék miatt jelentkező ún. „többszörösök” is. A keresztiselvényeken balról jobbra haladva nyomon követhető az iszap vastagságának növekedése és — különösen a jobb szélsőn — az üledéken belüli rétegzettség is. A mintavételi pontokon kiszűrt ma-

ximum 70 cm-es rétegsorok és annak fizikai paramétereit segítették ugyan a geofizikai szelvények értelmezését, de természetesen nem jellemzik a mintegy 3 m vastagságú teljes tavi üledéksort. Ez azt jelenti, hogy a szemléletes geofizikai képhez nem köthető direkt földtani értelmezés.

A szonár mérések alapján meghatározható, a kutatási helyszínrajzon látható szelvénytűrés megbizhatóságával, a víztározóban felhalmozódott iszap mennyisége is, mely eléri a 32 600 m³ értéket. A számításai alapját képező szelvényeken a legnagyobb sűrűségváltozást mutató réteghatárt vettük aljzatnak, azaz a volt völgytalpnak. Mivel a helyszíni mintavételek adatai alapján a sűrűség növekedése a mélységgel nem monoton, kisebb sűrűségű betelepülések fedezhetők fel, a legnagyobb sűrűségkontraszt, bár nagy valószínűséggel, de nem feltétlenül az aljzatot jelenti. Mindezek alapján a lerakódott hordalék vastagsága bizonyos helyeken nagyobb is lehet, mint az értelmezett, ezért a kiszámított iszapmennyiség a szóba jöhető minimális érték. A számítást az előző fejezetben ismertetett algoritmussal végeztük.

Az ipari víztározóban felhalmozódott üledék tulajdonsága

A mederfúrások elvi rétegsora

A víztározóban geofizikai módszerrel meghatározott maximálisan 3 m vastag iszaprétegnek csupán a felső, maximum 70 cm-es szakasza lett megmintázva. A megismert rétegek látható külső jegyei (színe, szerkezete), fizikai állapotjellemzői és ásványtani összetétele alapján



3. kép. A mederfúrások (Gyo-1, -2, -3, -4, -5 és -6) rétegsorai

Picture 3. Lake sediment samples (Gyo-1, -2, -3, -4, -5 és -6)

elvégzett rétegcsoportosítás alapján az alábbi összevont elvi rétegoszlop felállítására volt lehetőség (lásd 3. kép):

Felső rétegcsoport: agyagos kőzetliszt, több-kevesebb szervesanyag-tartalommal. Színe alapján további két részre osztható: feketére és sötétszürkére. A rétegcsoport tetején 1-2 cm vastag, fekete vagy maximum 5 cm vörösesbarna kolloid üledék is lehet. A fekete réteg 5-13 cm, a sötétszürke 4-31 cm vastag. A rétegcsoporton belül a két üledéktípus kaotikusan keveredhet, köztük éles réteghatár nem jellemző. Genetikáját tekintve fluvio-lakusztikus (folyóvízi, tavi) üledék. Alsó réteghatára általában éles. A rétegcsoport vastagsága 13–31 cm között változik.

Középső rétegcsoport: kőzetliszt, általában világos vagy vörösbarna színű, de a Gyo-6 fúrásban fekete, vörösbarna, zöldeskék és drapp, illetve e színek keveredése. A rétegcsoport vastagsága 21–46 cm között változik. Tavi eredetű, vegyi üledék, melynek színe a kiüledés alatti és utáni redox viszonyok függvényében válik igazán szélsőségesé. Az alsó réteghatár éles, jól kijelölhető.

Alsó rétegcsoport: kőzetliszt, agyagos (sok szempontból hasonlít a „felső rétegcsoport”-hoz). Színe fekete, majd sötétszürke, esetenként azok váltakozása, maximum 2–5 cm vastagságban. Rétegcsoporton belül a rétegek határa elmosódik, kaotikus pettyek és foltok is jellemzőek. Fluvio-lakusztikus üledék, melyet teljes vastagságában átfúrni nem tudtunk.

Az üledékek néhány fizikai paramétere és állapotjellemzője

A szemcseeloszlást illetően a víztározó teljes területén és az általunk vizsgált mélységtartományban egyveretű kőzetlisztet találtunk, mely minimális agyagot (5–8%) és homokot (6–9%) tartalmaz. A kumulatív görbék lefutása meredek, az egyenlőtlenségi együttható (U) 2 és 6 között mozog. A mért fontosabb szemcsegörbe jellemzőket (D_{10} , D_{60} , D_{90} és U) az 2. táblázatban foglaltuk össze.

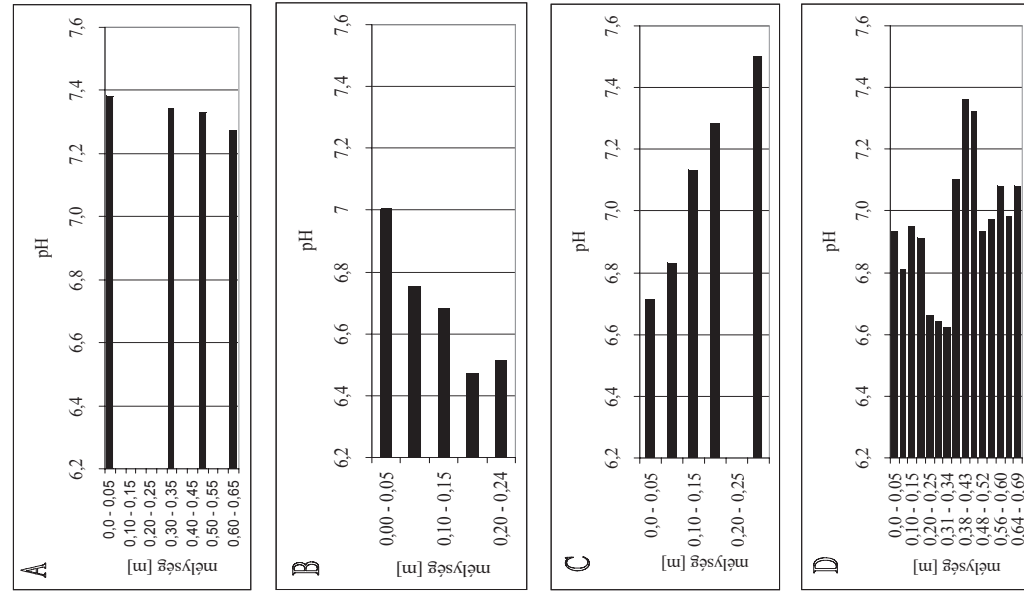
Négy rétegszelvény mintáinak pH értékét mértük meg laboratóriumban (desztillált vizes oldás): a Gyo-3 (a víztározó északi végén, a patakok befolyása környékén), a Gyo-4 (a víztározó közepén), a Gyo-6 (a túlfolyó közelében) és a Gyo-1 (a torony lábánál) pontokét. A mért pH értékek 6,5–7,5 között váltakoztak, de egyértelmű trendek sem horizontálisan, sem vertikálisan nem tapasztalhatóak (7. ábra, a–d). Általában, a fiatalabb üledékek gyengén savasak voltak (6,6–6,9 pH), míg a mélyebb helyzetben lévők gyengén lúgosak (7,0–7,3 pH).

Nagyon érdekes és értékes információt adtak a mederfúrások nedvességtartalom és térfogatsúly szelvényei (8. a–d ábra). A természetes trendek a hosszabb fúrásokon (Gyo-1, -5 és -6) jól látszódnak, de egyes részletek a rövidebb (Gyo-4) rétegsoron is kivehetőek. Az említett állapotjellemző paramétereket ábrázoló grafikonokon általában három szakasz jól elkülöníthető: a felső rétegek, melyek az igen lágy ($\gamma = 1,1 \text{ g/cm}^3$, $W = 90\%$) állapottól kezdődően fokozatosan tömörödnek ($\gamma = 1,5 \text{ g/cm}^3$, $W = 65\text{–}70\%$). Alatta, éles váltással következnek a középső rétegek, melyek $\gamma = 1,2\text{–}1,3 \text{ g/cm}^3$ és $W = 90\%$

2. táblázat. A meder fúrások talajfizikai paramétereit
Table 2. Soil-mechanical parameters of boreholes

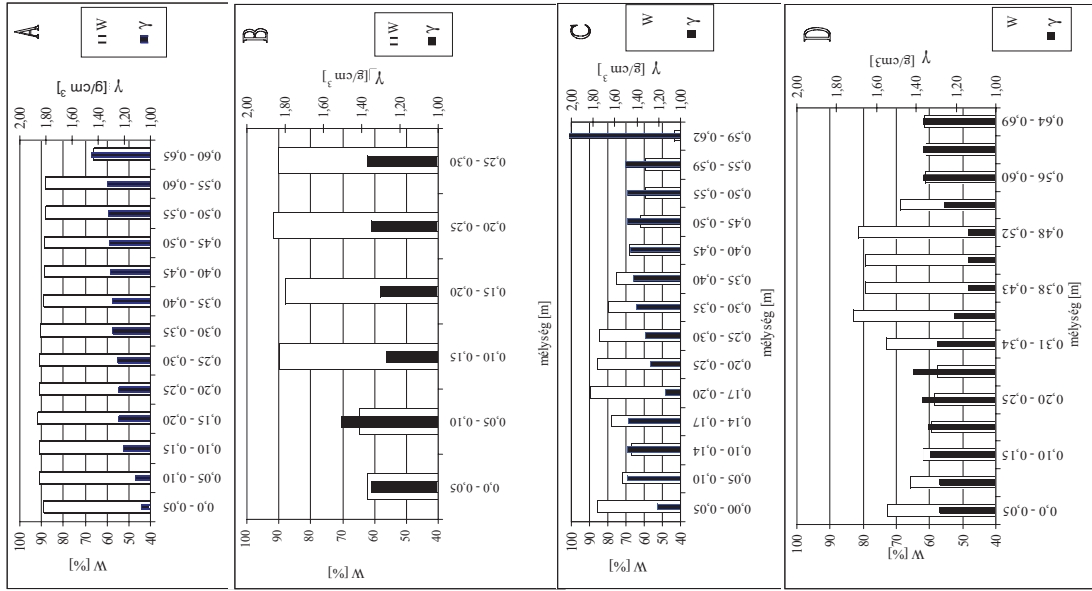
A. fúrás jele	Mélyesség [m]	Meghatározó szemeseloszlási paraméterek (mm)			U	W (%)	γ (g/cm ³)
		D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀			
Gyo-1	0,00-0,05	0,005	0,032	0,049	6,4	89,00	1,07
	0,05-0,10					91,20	1,11
	0,10-0,15					91,35	1,21
	0,15-0,20					91,82	1,24
	0,20-0,25	0,009	0,035	0,047	3,9	91,19	1,24
	0,25-0,30					91,09	1,25
Gyo-3	0,30-0,35					90,52	1,29
	0,35-0,40					88,83	1,29
	0,40-0,45	0,011	0,035	0,049	3,2	88,46	1,30
	0,45-0,50					88,56	1,31
	0,50-0,55					88,03	1,32
	0,55-0,60	0,017	0,035	0,049	2,1	88,02	1,33
Gyo-4	0,60-0,65					66,15	1,45
	0,00-0,05					75,07	1,40
	0,05-0,10	0,007	0,026	0,044	3,9	69,92	1,50
	0,10-0,15					57,96	1,54
	0,15-0,20					57,53	1,56
	0,20-0,24					57,22	1,61
Gyo-5	0,00-0,05	0,014	0,029	0,042	2,1	64,59	1,51
	0,10-0,15					89,73	1,27
	0,15-0,20					88,08	1,30
	0,20-0,25	0,005	0,028	0,041	5,6	91,62	1,35
	0,25-0,30					90,00	1,37
	0,00-0,05					85,55	1,21
Gyo-6	0,05-0,10	0,007	0,018	0,031	2,6	71,95	1,49
	0,10-0,14					66,91	1,49
	0,14-0,17					78,15	1,48
	0,17-0,20	0,011	0,023	0,039	2,1	89,23	1,14
	0,20-0,25					85,56	1,27
	0,25-0,30					84,62	1,32
Gyo-3	0,30-0,35					79,43	1,41
	0,35-0,40					75,22	1,43
	0,40-0,45	0,013	0,021	0,038	1,6	67,82	1,46
	0,45-0,50					61,81	1,49
	0,50-0,55					59,55	1,49
	0,55-0,59	0,013	0,029	0,16	2,2	59,24	1,50
Gyo-4	0,59-0,62					43,04	2,03
	0,00-0,05					72,63	1,28
	0,05-0,10					65,84	1,28
	0,10-0,15					61,66	1,33
	0,15-0,20					59,54	1,34
	0,20-0,25					58,40	1,37
Gyo-5	0,25-0,31					57,63	1,41
	0,31-0,34					73,12	1,29
	0,34-0,38					82,93	1,21
	0,38-0,43					79,17	1,14
	0,43-0,48					79,30	1,14
	0,48-0,52					81,39	1,14
Gyo-6	0,52-0,56					68,57	1,26
	0,56-0,60					60,94	1,36
	0,60-0,64					61,25	1,36
	0,64-0,69					61,51	1,36

W = természetes nedvességtartalom, γ = térfogatsúly, U = egyenlőtlenségi együttható



7. ábra. A fúrások pH szelvénye
Figure 7. The pH section of boreholes

A: Gyo-1 fúrás, B: Gyo-3 fúrás, C: Gyo-4 fúrás, D: Gyo-6 fúrás
A: Borehole Gyo-1, B: Borehole Gyo-3, C: Borehole Gyo-4, D: Borehole Gyo-6



8. ábra. fúrások rétegsorának térfogatsúly és nedvességtartalom változása
Figure 8. Variation of unit weight and water content in borehole sections

A: Gyo-1 fúrás, B: Gyo-4 fúrás, C: Gyo-5 fúrás, D: Gyo-6 fúrás

A: Borehole Gyo-1, B: Gyo-4, C: Gyo-5, D: Gyo-6

3. táblázat. A Gyo-1 és Gyo-6 fúrások ásványtani összetétele
 Tables 3. Mineralogical composition of boreholes Gyo-1 and Gyo-6

Fúrás	Mélység (m)	Szmektit	Illit/szmektit	Illit	Kaolinit	Klorit	Kvarc	Kálicföldpát	Plagoklász	Piroxén	Kalcit	Rodokrozit	Mn-sziderit	Huntit	Goethit	Gipsz	Hidrotalkit	Manasseit	Despujolsit	Kaminit	Anglezit	Otavit	Amorf fázis	
Gyo-1	0,00–0,05	6		7	7		30		7		26					2			ny				15	
	0,30–0,35										45					ny	20							35
	0,45–0,50				14		25				27							13						21
	0,60–0,65	36		7	12		24	2	5							1								13
Gyo-6	0,00–0,05	39		7	4	3	24	5	8										ny		2			8
	0,10–0,15	39		3	3	3	22	7	11	4					ny	ny					1	ny		7
	0,20–0,25	36		7	3	3	18	8	13	ny					ny						3			9
	0,31–0,34	35		7	3	6	15	7	12	2					ny						2	ny		11
	0,34–0,38			15	ny		1				6		20	ny	58									
	0,38–0,43	28				15	15	7	8						6	1			ny			2		18
	0,43–0,48			14	11		28								15	2						6		24
	0,48–0,52	24		11		13	17		5			5			6	ny			ny	ny	ny			19
0,56–0,60	33	7	8		6	25		11	ny					ny							2		8	
0,64–0,69	38	5	1	5	28	3	9	ny	ny					ny							2	ny	9	

A táblázatban szereplő számok súlyszázalékban értendők, ny = nyomokban kimutatható érték, hidrotalkit $Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16} \times 4H_2O$, manasseit $Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16} \times 4H_2O$, despujolsit $Ca_3Mn(SO_4)_2(OH)_6 \times 3H_2O$, kaminit $Mg_7(SO_4)_5(OH)_4 \times H_2O$, anglezit $PbSO_4$, rodokrozit $MnCO_3$, otavit $CdCO_3$, huntit $CaMg_3(CO_3)_4$.

értékekről a mélység felé $\gamma = 1,4 \text{ g/cm}^3$ és $W = 70\text{--}80\%$ -ra változnak. Szintén nagyon karakterisztikus eltéréssel következnek az alsó rétegek, melyeknek térfogatsúlya a mélység felé $1,5 \text{ g/cm}^3$ értékről akár $2,0 \text{ g/cm}^3$ -re nő, illetve nedvességtartalma $W = 60\%$ -ról 45% -ra csökken.

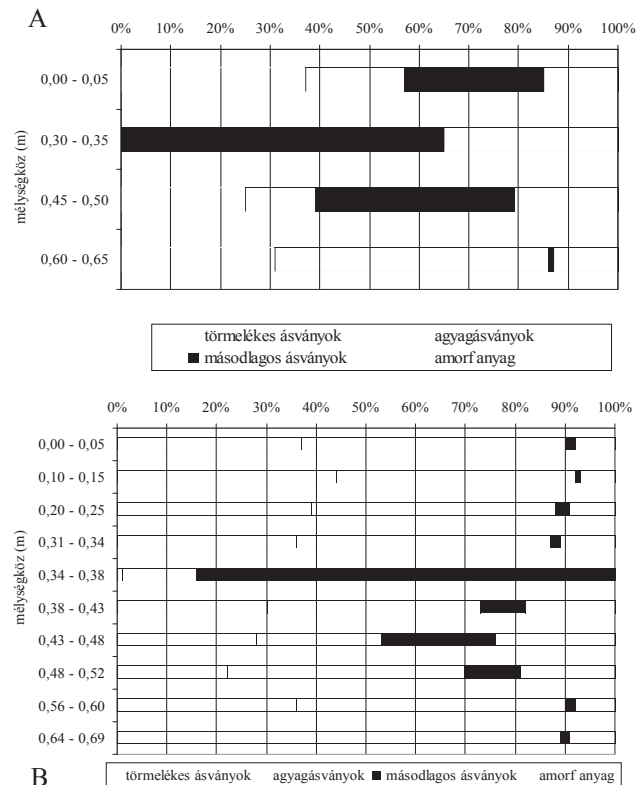
Az állapotjellemzőkben tapasztalt éles váltások, melyeket a makroszkópos rétegleírásoknál is észlelni lehetett és az ásványtani összetétel is igazolt, a víztározó hidrológiai rezsimében bekövetkezett egyértelmű és jelentős mértékű változásokat igazolja.

Az üledékek ásványtani összetétele

A két leghosszabb fúrás (Gyo-1 és Gyo-6) rétegsorában azonosítható volt mindazon rétegtípus, melyet a többi mederfúrásban megtaláltunk. Ezért, utóbbi két rétegsorból gyűjtöttük ki azt a 14 mintát, melyek közül legalább 3-4 minta reprezentálja az előző fejezetben szétválasztott mindhárom rétegcsoportot, illetve az azokon belül kiválasztható kisebb rétegeket. A röntgendiffrakciós módszerrel meghatározott ásványtani összetételt a 3. táblázatban közöljük. Az eredmények jobb áttekinthetősége érdekében az ásványokat genetikájuk szerint csoportosítottuk, és értékeik változását a mélység függvényében a 9. a, b ábrán mutatjuk be. Az eredmények helyes értelmezése érdekében meg kell jegyezni, hogy a minták vizsgálat előtti kiszáritása $80 \text{ }^\circ\text{C}$ körül, szárítószekrényben történt. Ez eredményezhetett bizonyos, bár nem túl jelentős vízvesztést néhány víztartalmú ásvány esetében. Ugyanakkor a nagy mennyiségben mért amorf mellett kis mennyiségben megjelenő és a táblázatban „ny” betűvel jelölt ásványok léte meglehetősen bizonytalan. Erre utal az is, hogy ezek nagy része igen ritka és nagyon labilis ásvány (pl. otavit, huntit, karminit, despujolsit, manasseit, hidrotalkit stb.).

Az ábrán szereplő első ásvány csoportba a kőzetalkotó törmelékes ásványokat soroltuk be, úgy, mint a kvarcot, földpátokat és a piroxént. Ezek az ásványok a környezetet alkotó kőzetekből származnak, azok erodálásának termékei. A második csoportban a kőzetalkotó ásványok mál-

lásából keletkezett agyagásványok szerepelnek, mint pl: szmektit, illit, kaolinit, klorit. A harmadik csoport olyan átalakult és területidegen ásványokat tartalmaz, mely a savas bányavizek és a közömbösítésére a víztározóba adagolt mészhidrát hatására jött létre, vagy abból származik (pl: gipsz, anglezit, goethit, kalcit, rodokrozit, otavit, huntit, karminit, despujolsit, manasseit, hidrotalkit). A negyedik csoportban amorf fázisú anyagok szerepelnek, melyek lehetnek szerves anyagok vagy kolloid



9. ábra. A fúrások rétegsorának ásványtani összetétele

A: Gyo-1, B: Gyo-6

Figure 9. Mineralogical composition of borehole sections

A: Borehole Gyo-1, B: Borehole Gyo-6

vegyi csapadék. Környezetföldtani jelentősége az utóbbi három csoportba tartozó ásványoknak és anyagoknak van, jelentős fajlagos felülettel rendelkeznek (kolloidképződésre hajlamosak), melynek nagy szerepe van a határfelületi jelenségek (adszorpció, ioncsere) kialakulásában, elsősorban a rendszerbe jutó nehézfémek megkötésében. Néhány irodalmi adat (FILEP 1988) a fontosabb kolloid fajlagos felületére (m²/g): kaolin 10–30, illit 80–120, szmektit: 60–600, klorit 10–40, Fe- és Al-hidroxidok 0,5–1,0 és humusz (amorf anyag) 150–300. A határfelületi jelenségek elsősorban az oldatban (az adott esetben a víztrázó vízében) lévő anyagkoncentrációtól, a pH-tól, hőmérséklettől és a redox viszonyoktól, továbbá az üledék szemcsenagyságtól, illetve ásványos összetételétől függenek. Utóbb említett paraméterek értékeikben bekövetkező váltások tükröződnek a minták toxikus elemtartalmában, változásaik trendjében. Természetesen, az összefüggés nagyon bonyolult, hiszen több paraméter ismeretlen, mint pl. a korábbi években befolyó bányavíz paraméterei, a víztrázó hidrológiai rezsimébe történt emberi beavatkozás mértéke.

Az ásványtani összetétel vizsgálatának eredményei alátámasztják a makroszkóposan és az állapotjellemző tulajdonságok segítségével elvégzett rétegcsoportosítás helyességét. Az ún. felső és alsó rétegcsoport egymáshoz igen hasonló és nagyon élesen elválnak a középső csoportba sorolt rétegektől. Az első és harmadik csoportra 35–45% törmelékes, 45–55% agyagásvány-tartalom és alig 10%-nyi átalakult ásvány és amorf anyag jellemző. Ezek az üledékek természetes eredetűek, vagyis a víztrázó közvetlen környezetéből származnak, areális és lineáris erózió, illetve defláció útján kerültek a vízbe, majd ülepedtek ott ki. A második rétegcsoport összetételében az előzőekkel összehasonlíthatatlanul nagyobb szerepet kapnak a másodlagosan képződött ásványok és amorf anyagok. A rétegcsoporton belül lévő apró rétegecskék között jelentős különbségek is előfordulnak. A törmelékes ásványok aránya 0–35%, míg az agyagásványok is csupán 25–45% között mozognak. Olyan rétegek is vannak, melyek másodlagos ásványi és amorf része 85–100% között van. Ásványtani összetétele alapján a második rétegcsoport vegyi üledék, mely minden valószínűség szerint mesterséges, emberi beavatkozás hatására (a savas bányavíz méshidrátozás kezelésekor) helyben keletkezett.

Az üledékek toxikuselem-tartalma

Környezeti állapotfelmérések során elsődleges fontosságú a földtani háttér ismerete. A háttér és az anomália szétválasztása — különösen a geokémiai mérési eredmények helyes értelmezése érdekében — rendkívül fontos (CSATHÓ 1994, KÁDÁR 1998, TAKÁCS 1992). A vulkanikus kőzetekből felépített területeken, mint pl. a Mátrában, néhány toxikuselem-tartalma (azaz a földtani háttér értéke) meghaladhatja a más területeken mért anomália értékeket (ÓDOR et al, 1998a, b). A Mátra vulkáni eredetű kőzeteire vonatkozóan FÜGEDI et al. (2000)

munkájából ismeretes toxikus elem értékek (mg/kg) az alábbiak (vastagabb számmal kiemelve az átlagértékeket):

Ag	< 0,4–0,4
As	1,7–6–23
Ba	41–130–270
Cd	< 1–3,5
Co	5–12–26
Cr	3–11–20
Cu	2–15–28
Mn	270–1000–3300
Mo	< 1–1
Ni	3–11–28
Pb	6–20–45
Zn	37–65–170

Gyöngyösorszi térségében, ahol a vízgyűjtőn polimetallikus ércesedés fejlődött ki, a színes és ritkafémek helyi határértékei a fentiekől eltérőek is lehetnek (FÜGEDI et al. 2000):

Elem	Ártéri háttér*	Tarján-p. ártere	mg/kg		
			Pannóniai üledék 1	Pannóniai üledék 2	Toka-p. vízgyűjtő
Ólom	38,7	32,0	26,2	55,3	75,0
Cink	76,0	107,0	87,0	110,0	210,0
Réz	42,0	44,0	61,0	67,0	75,0
Arzén	37,0	23,0	23,0	16,0	80,0
Kadmium	Nincs adat	Nincs adat	0,3	0,3	2,5

* – a patakok felső folyásairól gyűjtött, ártéri minták alapján becsült háttérértékek

Toxikus elemeket tartalmazó talajok és üledékek jellemzése esetében a szennyezettségi határértékek (mg/kg) ismerete nélkülözhetetlen. A határértékek rendszere két alapvető szempont alapján építhető fel: vagy a természeti adottságok, vagy a területhasználat alapján (ÖTVÖS 1998). A természetes adottságokon alapuló rendszerek példáit a német és holland szabályozásban találhatjuk meg. Utóbbi rendszerek felépítése egyszerű, hiszen tartalmaz egy „A” = referencia értéket, „B” = szenny-nyezettségi határértéket és egy „C” = beavatkozási határértéket.

A magyar szabályozás (10/2000. VI. 2. KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet) az Európai Unió szakbizottságának ajánlására és a holland lista, valamint a német lista összedolgozására épül fel. Ennek alapján: A = háttér-koncentráció, átlagos magyarországi viszonyokra. Ez az érték nem tartalmaz sem természetes, sem mesterséges anyagdúsulásokat, szennyeződéseket. B = szenny-nyezettségi (valódi) határérték, amely koncentrációig a környezeti elem terhelése nem jár nagy kockázattal. C₁ = intézkedési érték, amelynél nagyobb koncentráció esetén a kockázat elviselhetetlenül nagy, a környezeti elem károsodott, azaz beavatkozás nélkül helyreállíthatatlannak tekinthető.

Az „i” index azt jelöli, hogy a terület érzékenységtől függően a határérték változhat (C₁ = fokozottan érzékeny; C₂ = érzékeny; C₃ = kevésbé érzékeny terület). D = kármentesítési határérték, merev, hatóságilag konkrétan rögzített érték, mely helyspecifikus kockázatfelméréssel határozható meg. Bár nem alkotóeleme a határértékrendszernek, ezért számszerűleg nem is jelenik meg, a célállapot elérése és a szennyezőanyag veszélyességének megítélése szempontjából nagyon fontos a K-minősítés. A K1 = fokozottan kockázatos anyagokat, a K2 = a koc-

kázatos anyagokat jelöli. A K minősítés a konkrét szennyező anyagok besorolását jelenti, elősegítve egy adott szennyeződés kockázatosságának előzetes megítélését. A négy minisztérium által kiadott együttes rendeletben (10/2000. VI. 2.) megadott határértékeket a 4. táblázat tartalmazza.

Amennyiben a határérték rendszert alkalmazzuk a Mátrát felépítő vulkáni eredetű kőzetek esetében, akkor a földtani háttér maximális arzén-, bárium- és kadmiumtartalma meghaladja a szennyezettségi (B kategória) értékét, a kobalt, nikkel, ólom és cink maximális mennyisége pedig a B-kategórián belülre esik. A Gyöngyösoroszi és környékét magába foglaló vízgyűjtő területén még a vulkáni kőzetekhez képest is magasabb értékekkel lehet számolni, a polimetallikus ércesedésnek köszönhetően, elsősorban arzén, cink, ólom és réz vonatkozásában. Mindezeket a tényeket feltétlenül figyelembe kell venni a területen elvégzett saját méréseink eredményének értelmezésekor.

4. táblázat. Fémek és félfémek talajszennyezettségi határértékei Magyarországon

Table 4. Limits of contamination of metals and metalloids in soil

Elem	A	B	C ₁	C ₂	C ₃	K
	mg/kg					
Arzén	10	15	20	40	60	K1
Bárium	150	250	300	500	700	K2
Cink	100	200	500	1000	2000	K2
Ezüst	0,3	2	10	20	40	K2
Kadmium	0,5	1	2	5	10	K1
Kobalt	15	30	100	200	300	K2
Króm összes	30	75	150	400	800	K2
Molibdén	3	7	20	50	100	K2
Nikkel	25	40	150	200	250	K2
Ólom	25	100	150	500	600	K2
Ón	5	30	50	100	300	K2
Réz	30	75	200	300	400	K2
Szelén	0,8	1	5	10	20	K2

Fentieket kiegészítve, meg kell jegyezni, hogy egyelőre vitatott a felszíni vizek (patakok, folyók, tavak, víztározók stb.) üledékében akkumulálódott szennyeződés megítélése. Több országban erre külön határértékrendszert dolgoztak ki.

A Gyöngyösoroszi Ipari Víztározóban mélyült Gyo-1 és Gyo-6 mederfúrások gondosan kiválogatott rétegeinek toxikuselem-tartalom vizsgálatát a hazai környezetvédelmi gyakorlatban már elfogadott, kétféle feltárást követő módon a Bálint Analitika Kft. végezte el. A porminták toxikus fém vizsgálata először 1:10-es acetátpufferes (jelölése a táblázatokban: AP) kivonatból készült, ennek eredménye az „élőlények által felvehető” értékére utal. Ezt követően királyvizes (jelölése a táblázatokban: KV) feltárással az „összes tartalom” meghatározását végezték el. Az eredményeket a 5. a–d táblázatban foglaltuk össze, kiemelve a szennyezettségi határértékek szerinti megoszlásukat, továbbá feltüntetve a minták pH értékét és az elemek oldhatósági arányait százalékban. Itt jegyezzük meg,

hogy az adott esetben a királyvizes kioldással meghatározott értékeknek van nagyobb informatív tartalma, hiszen az acetátpufferes kivonatú értékek csak az adott körülmények (pH, redox-viszonyok, hőmérséklet) között lévő, víz alól származó üledékekre vonatkoznak. Ezek a mérési eredmények az üledék felszínre kerülésével megváltozhatnak.

A könyvtárat kitevő szakirodalom a környezetünkben (és szervezetünkben) előforduló és általunk is vizsgált toxikus elemeket (Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Zn) többféleképpen definiálja, mint pl:

- Tömegük szerint nyom- (mikro) elemeknek, melyek a szervezetben 100 mg/kg-nál kisebb koncentrációban vannak jelen.
- Funkciójuk (hatásirányuk) szerint feloszthatóak úgy, mint:
- Esszenciális nyomelemek, bizonyítottan esszenciális funkciókkal: pl. Zn, Cr, Cu, Se.
- Nyomelemek, melyek hiánytünete csak állatoknál ismert: pl. Co, Ni, Mo.
- Nyomelemek feltételezett esszenciális funkciókkal, de a hatásmechanizmus ismeretlen: pl. As, Sn.
- Esszenciális funkciók nélküli elemek: pl. B, Pb, Cd.

Az ipari víztározóból származó minták táblázatban és grafikonokon szereplő értékeihez az alábbi kiegészítések fűzhetők. (A víztározó üledékeinek toxikuselem-tartalma pH = 6,62–7,38 közötti közegre vonatkozik):

Az ezüst (Ag): A mátrai vulkáni kőzetek átlagához (<0,4 mg/kg) képest a felső és alsó rétegcsoport üledékeinek ezüsttartalma (max. 0,42–0,88 mg/kg) kissé magasabb, de a 10/2000-es rendeletben meghatározott alsó értéket alig meghaladó mértékben.

Az arzén (As): A mátrai vulkanitok átlagánál (6 mg/kg) egy-két nagyságrenddel több arzént (max. 266–3.490 mg/kg) tartalmaznak az üledékek. Még a növények által felvehető maximális érték is (12,4 mg/kg) eléri a „B” szennyezettségi kategóriát (10–15 mg/kg), 4%-os oldhatósági arány mellett. A felső és az alsó rétegcsoport üledékeinek arzéntartalma magasabb, mint a középsőé (10. d ábra).

A mátrai kőzetek bór (B) tartalmára vonatkozó összehasonlító paraméterekkel nem rendelkezünk. Irodalmi adatok szerint talajban általában 20 mg/kg, élőlényekben 0,5–50 mg/kg közötti értékek fordulnak elő. A fúrások üledékei az említetteknél akár 3 nagyságrenddel több bört tartalmaznak (max. 11.100–13.000 mg/kg), kiegyensúlyozottan magas értékek mellett. Említésre méltó, hogy a minták börtartalmának oldhatósági aránya közel állandó értéket mutat (0,02–0,03 %), azaz a növények által felvehető bór átlagosan 3 mg/kg körül mozog. A bór tartalmának ilyen magas értékét magyarázni nem tudjuk, nem kizárható a vizsgálatok szisztematikus hibája sem, minden esetre a minták más laborban történő újra mérése folyamatban van.

Az üledék teljes bárium (Ba)-tartalma a felső és alsó rétegcsoportok esetében (max. 113–187 mg/kg) a mátrai vulkanitok átlagánál (130 mg/kg) kissé magasabb értékeket mutat, és az idézett rendeletben szereplő „B” szennyezettségi kategóriába (150–250 mg/kg) esik.

5. táblázat. A Gyo-1 és Gyo-6 fúrások rétegeinek toxikuselem-tartalma (Jelmagyarázat a 4. táblázatnál)

Tables 5. Toxic element content of boreholes Gyo-1 and Gyo-6 (Legend on table 4)

A	pH	Ag			As			B		
		KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)
Gyo-1										
0,00–0,05 m	7,38	0,57	5,60	0,98	2,390	0,90	13000	2,96	0,02	
0,30–0,35 m	7,34	0,06	19,10	31,83	0,628	0,47	12700	2,90	0,02	
0,45–0,50 m	7,33	0,25	19,80	7,92	0,521	0,56	11800	2,67	0,02	
0,60–0,65 m	7,27	0,88	12,00	1,36	3,390	1,78	10200	3,36	0,03	
Gyo-6										
0,00–0,05 m	6,93	0,42	31,70	7,55	4890	4,70	8840	2,65	0,03	
0,10–0,15 m	6,95	0,41	0,00	0,00	9530	16,66	8150	1,99	0,02	
0,20–0,25 m	6,66	0,41	0,00	0,00	8040	15,29	8120	1,74	0,02	
0,31–0,34 m	6,62	0,37	0,00	0,00	12400	3,96	8890	3,04	0,03	
0,34–0,38 m	7,10	0,11	40,70	37,00	10100	0,29	6480	2,02	0,03	
0,38–0,43 m	7,36	0,37	17,70	4,78	8670	1,53	11100	2,52	0,02	
0,43–0,48 m	7,32	0,38	12,80	3,37	7130	0,58	8650	1,96	0,02	
0,48–0,52 m	6,93	0,39	10,70	2,74	6130	0,96	10500	1,94	0,02	
0,56–0,60 m	7,08	0,38	30,30	7,97	9630	14,95	9690	2,58	0,03	
0,64–0,69 m	7,08	0,39	0,00	0,00	8550	15,66	9070	2,49	0,03	
B	pH	Ba			Cd			Co		
		KV (mg/kg)	KV (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)
Gyo-1										
0,00–0,05 m	7,38	110,00	17,20	15,64	1,74	0,83	42,40	14,70	34,67	
0,30–0,35 m	7,34	50,80	8,16	16,06		47,83	88,70	11,90	13,42	
0,45–0,50 m	7,33	46,40	8,78	18,92		66,20	87,90	15,60	17,75	
0,60–0,65 m	7,27	113,00	7,92	7,01	1,33	0,43	38,90	13,40	34,45	
Gyo-6										
0,00–0,05 m	6,93	158,00	13,40	8,48	0,715	3,56	15,60	5,89	37,76	
0,10–0,15 m	6,95	166,00	26,00	15,66	0,202	2,60	13,00	4,65	35,77	
0,20–0,25 m	6,66	167,00	33,50	20,06	0,157	3,03	12,20	4,30	35,25	
0,31–0,34 m	6,62	83,20	13,80	16,59	0,081	0,05	38,80	14,50	37,37	
0,34–0,38 m	7,10	65,60	14,70	22,41		3,75	53,70	17,50	32,59	
0,38–0,43 m	7,36	82,40	6,35	7,71	1,93	0,79	63,50	22,00	34,65	
0,43–0,48 m	7,32	78,10	8,76	11,22		2,19	59,00	15,30	25,93	
0,48–0,52 m	6,93	86,90	8,20	9,44	2,02	0,73	55,90	14,90	26,65	
0,56–0,60 m	7,08	187,00	25,80	13,80	0,19	2,30	12,10	4,51	37,27	
0,64–0,69 m	7,08	182,00	0,028	0,02	0,20	2,61	11,90	4,45	37,39	
C	pH	Cr			Cu			Mo		
		KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)
Gyo-1										
0,00–0,05 m	7,38	12,50	0,578	4,62	110	0,294	0,27	3,72	0,0256	0,69
0,30–0,35 m	7,34	8,05	0,305	3,79	224,00	24,64	1,37	0,0141	1,03	
0,45–0,50 m	7,33	10,20	0,399	3,91	203,00	31,04	0,83	0,0111	1,34	
0,60–0,65 m	7,27	16,20	1,170	7,22	0,257	0,07	0,99	0,0129	1,30	
Gyo-6										
0,00–0,05 m	6,93	15,30	0,370	2,42	78,1	0,8610	1,10	0,94	0,0216	2,30
0,10–0,15 m	6,95	15,00	0,288	1,92	48,1	0,1500	0,31	0,90	0,0350	3,89
0,20–0,25 m	6,66	15,20	0,310	2,04	42,5	0,9410	2,21	0,86	0,1220	14,19
0,31–0,34 m	6,62	13,40	0,427	3,19	67,9	0,0731	0,11	1,04	0,0187	1,80
0,34–0,38 m	7,10	8,82	0,498	5,65	31,5	0,2690	0,85	1,11	0,0094	0,85
0,38–0,43 m	7,36	14,30	0,673	4,71		0,1590	0,04	1,27	0,0116	0,91
0,43–0,48 m	7,32	12,60	0,501	3,98		0,1530	0,04	1,17	0,0070	0,60
0,48–0,52 m	6,93	14,60	0,684	4,68		0,2090	0,04	1,04	0,0070	0,67
0,56–0,60 m	7,08	16,20	0,422	2,60	45,3	2,4400	5,39	0,59	0,0249	4,22
0,64–0,69 m	7,08	15,80	0,307	1,94	44,1	0,8050	1,83	0,71	0,0263	3,70

5. táblázat folytatása
The continuation of Tables 5

D	pH	Ni			Pb			Se		
		KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)
Gyo-1										
0,00–0,05 m	7,38	23,80	9,88	41,51	284	47,8	16,83	4,92	1,65	33,54
0,30–0,35 m	7,34	73,40	10,70	14,58		5,26	0,89		1,92	14,77
0,45–0,50 m	7,33	53,30	12,00	22,51	434	11,4	2,63		2,63	25,05
0,60–0,65 m	7,27	20,60	13,20	64,08		110,0	15,28	9,74	2,46	25,26
Gyo-6										
0,00–0,05 m	6,93	14,00	4,67	33,36	193	50,4	26,11	2,85	0,703	24,67
0,10–0,15 m	6,95	12,60	3,00	23,81	166	55,9	33,67	2,73	0,503	18,42
0,20–0,25 m	6,66	12,00	2,73	22,75	167	61,3	36,71	2,65	0,470	17,74
0,31–0,34 m	6,62	22,60	11,10	49,12	190	14,1	7,42	5,55	1,340	24,14
0,34–0,38 m	7,10	21,20	12,80	60,38	115	1,86	1,62	8,42	2,940	34,92
0,38–0,43 m	7,36	29,80	15,20	51,01	306	1,68	5,49		2,230	19,73
0,43–0,48 m	7,32	28,70	12,30	42,86	336	14,3	4,26	9,96	2,380	23,90
0,48–0,52 m	6,93	32,30	16,60	51,39	364	19,8	5,44		3,820	26,16
0,56–0,60 m	7,08	11,60	3,58	30,86	168	54,9	32,68	3,07	0,606	19,74
0,64–0,69 m	7,08	11,80	3,52	29,83	171	58,5	34,21	2,57	0,556	21,63

E	pH	Sn			Zn		
		KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)	KV (mg/kg)	AP (mg/kg)	oldhatósági arány (%)
Gyo-1							
0,00–0,05 m	7,38	1,47	0,0047	0,32		35,46	
0,30–0,35 m	7,34	0,61	0,0000	0,00		19,21	
0,45–0,50 m	7,33	1,91	0,0000	0,00		26,11	
0,60–0,65 m	7,27	2,79	0,0000	0,00		30,16	
Gyo-6							
0,00–0,05 m	6,93	2,34	0,0000	0,00		6,53	
0,10–0,15 m	6,95	2,17	0,0000	0,00	587	33,93	
0,20–0,25 m	6,66	2,16	0,0026	0,12	333	32,97	
0,31–0,34 m	6,62	1,92	0,1590	8,28		10,36	
0,34–0,38 m	7,10	6,12	0,0000	0,00		57,79	
0,38–0,43 m	7,36	3,39	0,0000	0,00		27,47	
0,43–0,48 m	7,32	2,20	0,0000	0,00		40,00	
0,48–0,52 m	6,93	2,88	0,0000	0,00		35,65	
0,56–0,60 m	7,08	2,75	0,0000	0,00	587	36,92	
0,64–0,69 m	7,08	4,71	0,1270	2,70	599	40,20	

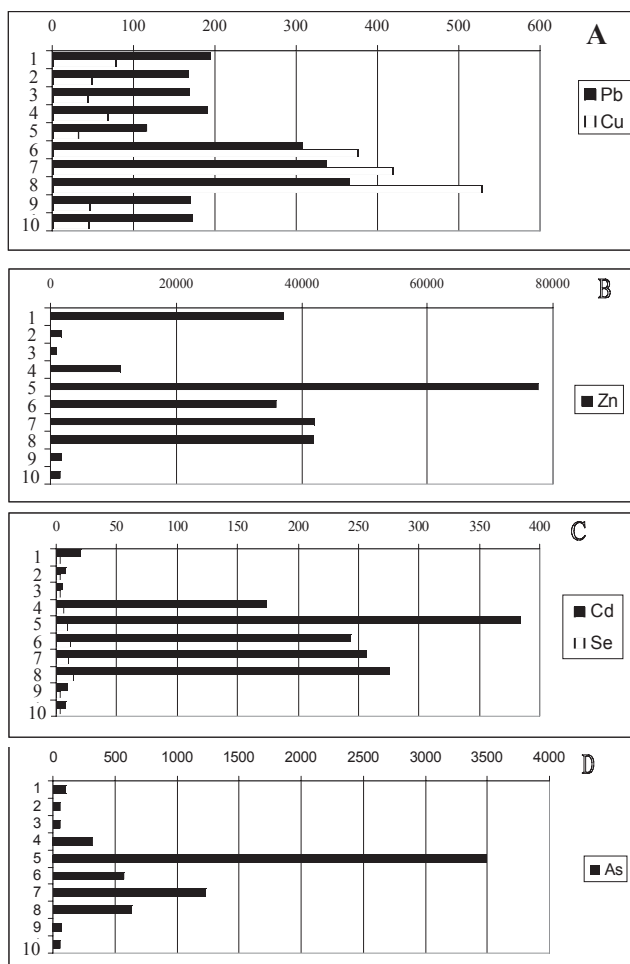
A kadmium (Cd) királyvízzel kioldható maximális értékeit (322–384 mg/kg) a középső rétegcsoportba sorolt üledékekben találtuk, ami a hegységre jellemző átlagnál (1 mg/kg) két nagyságrenddel magasabb, és még az acetát-pufferes kioldású („felvehető”) mennyiség is (max 14–190 mg/kg) a „C” szennyezettségi kategóriába (>50 mg/kg) esik (10. c ábra).

A kobalt (Co) összes koncentrációja (11,9–87,9 mg/kg) a Mátrában előforduló átlag értékeknél (12 mg/kg) magasabb, és a rendelet szerinti „B” szennyezettségi (15–30 mg/kg) kategóriába tartozik. A középső rétegcsoport üledékeinek kobalttartalma (max. 63,5–87,9 mg/kg) még azon belül is kiemelkedő (C₁ kategória), sőt a könnyen kioldható maximális érték (15,6–22 mg/kg) is a „B” szennyezettségi kategóriában található.

A rétegek összes króm (Cr)-tartalma a mátrai kőzetek átlaga (11 mg/kg) körüli, habár az alsó rétegcsoportban kissé magasabb (max. 16,2 mg/kg), de még az is a földtani háttérértékeken belülrre esik.

Az üledékek teljes réz (Cu)-tartalma minden esetben magasabb, mint a mátrai vulkáni kőzetek átlaga (15 mg/kg); sőt a középső rétegcsoport esetében akár egy nagyságrenddel is (32–910 mg/kg). A felső és az alsó rétegcsoport üledékeinek réztartalma a „B” (30–100 mg/kg), míg a középső rétegcsoport maximuma a „C₃” szennyezettségi kategóriába (>400 mg/kg) sorolható (10. a ábra).

Az üledékek „teljes” molibdén (Mo)-tartalma általában a földtani háttér értékhatárain (<3 mg/kg) belül, a mátrai vulkanitokra jellemző átlag (<1 mg/kg) körüli értéket mutatja.



10. ábra: A Gyo-6 fúrásrétegek királyvizes kivonatának elemtartalma

A: ólom és réz, B: cink, C: kadmium és szelén, D: arzén

Figure 10: Element content of aqua regia extractions from borehole section Gyo-6

A: Lead- and copper, B: Zinc, C: Cadmium and selenium, D: Arsenic

A vizsgált minták nikkel (Ni)-tartalma a Mátra kőzeteinek átlagainál (11 mg/kg) magasabb, de még a „B” szennyezettségi kategórián (25–40 mg/kg) belül található meg. Az üledékek maximális nikkel-tartalma (32,3–73,4 mg/kg) a középső rétegcsoportra jellemző, és értéke kb. a kétszerese a felső és alsó rétegcsoportnak, elérve a „C” szennyezettségi szintet.

Az üledékek összes ólom (Pb)-tartalma minden esetben egyenletesen magas (115–720 mg/kg) és „C” kategóriába tartozik. A hegység vulkáni kőzeteinek átlagánál (20 mg/kg) egy nagyságrenddel magasabb értékek közül a középső rétegcsoport és az alsó rétegcsoport felső rétegeinek maximális koncentrációi (360–720 mg/kg) kiemelkednek (10. a ábra).

A szelén (Se)-tartalomra helyi összehasonlító paraméterekkel nem rendelkezünk. Irodalmi adatok szerint, általában a talajban 1 mg/kg, az élőlényekben 0,2–1,7 mg/kg közötti értékek fordulnak elő. Az ipari vízározó üledékei hasonló nagyságrendben tartalmaznak szelént (0,6–5,0 mg/kg), maximum értékei (13,0–14,6

mg/kg) a középső rétegcsoport képződményeihez tartoznak. Szinte valamennyi mért érték a szennyezettségi határértéket meghaladja, és érzékeny területre vonatkoztatott beavatkozást igénylő szinten van (10. c ábra).

Az üledék királyvízzel kioldható ón (Sn)-tartalma nem haladja meg az ismert földtani háttér-koncentráció értékét (<5 mg/kg), sőt a növények által felvehető ón mennyisége néha a laboratóriumi mérések kimutathatósági határa alatt van.

A vízározó üledékeinek cink (Zn)-tartalma a Mátra vulkáni kőzeteinek átlagos koncentrációjánál (65 mg/kg) akár három nagyságrenddel magasabb is lehet (1 010–89 000 mg/kg), de még a minimum is a „C₃” szennyezettségi kategóriába (>250 mg/kg) esik. Maximális cink-tartalom a középső rétegcsoportból ismert (77 700–89 000 mg/kg), melynél egy nagyságrenddel alacsonyabb cink van a felső és alsó csoport rétegeiben (10. ábra b).

Összefoglalás

A Gyöngyösorszi Ipari Vízározóban elvégzett komplex földtani és geofizikai kutatás célja a felhalmozódott üledék mennyiségének és minőségi paramétereinek (fizikai és geokémiai tulajdonságainak) meghatározása volt. Az elvégzett kutatás legfontosabb eredményei az alábbiak szerint foglalható össze:

— A mintegy 4 hektáros vízározó legnagyobb mélysége (>15 méter) annak alsó harmadának közepén található. A vízszint 329,1 m-es Btszf. magassága mellett a tározóban lévő vízmennyiség 186 200 m³.

— Az ipari vízározóban megismert legnagyobb iszapvastagság három méter, mely értéket a tározó felső felében mértük. A vízározóban felhalmozódott és ott jelenleg is megtalálható iszap mennyisége legalább a 32 600 m³.

— A vízározóban mért maximális iszapvastagság (3 m) és a tározó üzemeltetési idejének (45 év) ismeretében kiszámított maximális feliszapolódási sebesség 6–7 cm/év. Ez az érték a vízározó különböző pontján lényegesen eltérő, annak függvényében, hogy a mérési pont milyen távolságra van a tápláló patakok torkolatától, a túlfolyótól, továbbá a meder morfológiájától. A bányászati tevékenység szüneteltetésével (mely majdnem egybeesik a csernobili reaktorbaleset idejével) megváltoztak a vízározó limnológiai körülményei, mely változás után a feliszapolódás sebessége 1 cm/év körüli értékre csökkent.

— A vízározónak és vízgyűjtőjének a csernobili reaktorbalesetből származó céziumizotóp-terhelése a dunántúli területekhez viszonyítva annak mindössze 30–50%-a.

— A vízározóban megismert rétegeket három csoportba lehet beosztani: a víztesttel érintkező felső rétegcsoportba, mely folyóvízi-tavi genetikájú; az alatta elhelyezkedő középsőbe, mely tavi, kémiai üledék; és az alsóba, ami szintén folyóvízi-tavi. A fizikai ismérvek alapján szétválasztott rétegcsoportok genetikai különbözősége az ásványtani és kémiai vizsgálatok eredményeiben is meglátszik.

6. táblázat. A vizsgált minták számának megoszlása a 10/2000. (VI. 2.) KöM–EüM–FVM–KHVM együttes rendeletben megadott veszélyességi határértékek szerint

Table 6. Distribution of the tested samples according to toxic limit values defined in the 10/2000. (VI. 2.) Köm–EüM–FVM–KHVM joint order

	Ag		As		Ba		Cd		Co		Cr		Cu		Mo		Ni		Pb		Se		Sn		Zn	
	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP	KV	AP
A	14	14		14	14	14		6	12	14		13		5	14	14			5	14	14	14	6	12	14	14
B								3	2		1	1	6	9				1	9				2			
C ₁								1				11		4					3					2		
C ₂			3					4	1			1		4				4	1				2			
C ₃			11					10	3			1						10	9				4			

A = háttérkoncentráció B = szennyezettségi határértéket meghaladó koncentráció C₁ = intézkedési határértéket meghaladó koncentráció fokozottan érzékenyterületeken, C₂ = intézkedési határértéket meghaladó koncentráció érzékeny területeken C₃ = intézkedési határértéket meghaladó koncentráció kevésbé érzékeny területeken. Megjegyzés: KV = királyvízes kivonatban mért érték; AP = 1:10 acetát pufferes oldatban mért érték.

— A felső és alsó rétegcsoportokat alkotó ásványaszociációk hasonlóak egymáshoz, míg a középső lényegesen eltér azoktól. Előbbieket főképpen törmelékes és agyagásványok alkotják, utóbbit másodlagos ásványok és amorf anyagok építik fel.

— A GyöngyöSOROSZI Ipari Víztározó üledékeinek pH-ja 6,62–7,38 között változik.

— Az üledékek króm, molibdén és óntartalma a földtani háttér határain belüli mozog. A felső és az alsó rétegcsoport képződményeinek ezüst- és a báriumtartalma, továbbá a középső rétegcsoport rétegeinek kobalt és nikkeltartalma magasabb a mátrai vulkáni kőzetekben mért átlag értékeknél.

— A mátrai vulkáni kőzetek átlagánál egy-két nagyságrenddel (tízszer, százszor) több arzén található a felső és alsó rétegcsoport üledékeiben, illetve kadmium, réz, ólom és szelén a középső rétegcsoport üledékeiben. A bór esetében a teljes rétegsorban, míg a cinknél a középső rétegcsoport üledékeiben három nagyságrenddel (ezer-szeres mértékben!) magasabb értékeket lehetett kimutatni, mint amit a mátrai földtani háttér indokol.

— Összességében véve az ipari víztározóban felhalmozódott üledék több szempontból is veszélyes hulladéknak minősül. A négy minisztérium által kiadott együttes rendeletben (10/2000. VI. 2.) megadott határértékeket figyelembe véve, a lemért 14 minta toxikus elemtartalmának megoszlását a veszélyességi kategóriák szerint az 6. táblázat szemlélteti. A táblázatból jól látszik, hogy az üledékek veszélyességét elsősorban a nagy mennyiségben jelen lévő kadmium, továbbá arzén, ólom, cink, réz és szelén jelenti. A Környezetvédelmi Minisztérium utasítása szerint a kadmium mérgezőképessége, hosszú élettartama, a szervezetben való feldúsulása alapján az anyagcsaládok I. jegyzékébe (legveszélyesebb) tartozik. Az arzén, ólom, cink réz és szelén az anyagcsaládok II. jegyzékében (a környezetre veszélyes) szerepel.

Kérdés, hogy az adott helyzetben mennyire veszélyes a fentiekben jellemzett üledék? Jelenleg az üledék 3–15 méter víz alatt, redukzív körülmények között (esetenként H₂S képződik) található. Innen, ha emberi beavatkozás (pl. víz leürítés a tolózáron keresztül) vagy természeti

katasztrófa (pl. gátszakadás) nem történik, még a legnagyobb árvíz idején sem történhet meg a már felhalmozódott üledék eltávozása. A „cézium-markerrel” meghatározott feliszapolódási sebesség (1 cm/év) mellett a víztározó még hosszú ideig betöltheti környezetvédelmi puffert terület szerepét. Utóbbi azt jelenti, hogy bizonyos fokú biztonságot nyújt a Toka-patak felsőbb folyásánál ellenőrzött körülmények között végzett veszélyes hulladék kezelése és elhelyezése során esetleg bekövetkező környezeti baleset esetén. A felhalmozódott iszap megbolygatásának és eltávolításának alapos átgondolása célszerű, hiszen a nyolcvanas évek közepén az üledékképződés körülményeiben bekövetkezett változás mindenképpen jó irányba mutat. A tömöttebb, inert ásványokat és kőzetmáladékat tartalmazó, tavi és részben folyóvízi üledék egyre nagyobb vastagságban kezdi betakarni a korábban kirakódott, különösen veszélyes kémiai üledékeket. Figyelembe kell venni azt is, hogy az iszap toxikus elem-tartalma nem veszélyezteti a felszín alatti vizek (úgy mint talajvíz, rétegvíz, hasadékvíz) minőségét sem, hiszen a víztározó a felszín alatti vizek feláramlási zónájában helyezkedik el, továbbá a korábban kiülepedett iszap igen finomszemcsés, jó vízzáró agyagos kőzetliszt.

Fentieket komolyan mérlegelni kell akkor, amikor döntés születik az ipari víztározó veszélyes hulladékának további sorsáról. Feltétlen meg kell vizsgálni azt a kérdést, hogy az üledékek jelen természeti körülmények között tartása nem jelent-e kisebb környezetvédelmi kockázatot, mint egy további környezeti szennyezéssel is járható beavatkozás elvégzése és a veszélyes hulladék más helyen történő elhelyezése.

Köszönetnyilvánítás

A munka kivitelezésekor és az eredmények eléréséhez nyújtott segítségét a cikk elején név szerint megemlített kollegáknak, közreműködő személyeknek és cégeknek ezúton is köszönjük. Hálásak vagyunk Horváth István kollegáknak a cikk lelkiismeretes szakmai lektorálásáért és tanácsaiért.

Irodalom

- CSATHÓ P. 1994: A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. — Magyar Tudományos Akadémia Talajtani Kutató Intézete, Budapest.
- CSERNY T., TARJÁN S. 1995: Cézium izotóp vizsgálatok a Balatonon. — *Természet Világa* 126 (3), pp. 133–134.
- CSERNY T. 1999: A Balaton üledékeinek környezetföldtani célú vizsgálata. — In: ANDA A. (szerk.): *A „Víz alatti talajok szerepe a tavak környezetvédelmében” tudományos konferencia kötete a Környezetgazdálkodási Intézet, a Veszprémi Akadémiai Bizottság és a Pannon Agrártudományi Egyetem közös kiadványa, Keszthely*, pp. 47–72.
- CSERNY T. 2002a: A balatoni negyedidőszaki üledékek kutatási eredményei. — *Földtani Közöny* 132/különszám, pp. 193–213.
- CSERNY T. 2002b: Tavak és lápok üledékének komplex földtani vizsgálata paleokörnyezet rekonstrukció céljából. — *MÁFI Évi Jelentés* 1997–98/I–II., pp. 135–150.
- Észak-magyarországi Környezetvédelmi Felügyelőség, 1996: Szakvélemény, a Toka-patakon 1996. májusában kialakult, árvíz okozta környezetszennyezésről. — *Kézirat*, Gyöngyösorszi, Polgármesteri Hivatal.
- FILEP GY. 1988: *Talajkémia*. — Akadémia kiadó, Budapest, p. 293.
- FÜGEDI U., HORVÁTH I., ÓDOR L. 2000: A gyöngyösorszi környezetszennyezés. — MÁFI, Intranet.
- KÁDÁR I. 1998: Kármentesítési kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. — Környezetvédelmi Minisztérium, Budapest.
- KUN B. (szerk.) 1988: Gyöngyösorszi és környéke ércbányászata I–IV. — Országos Érc- és Ásványbánya Vállalat Zárójelentése, Gyöngyösorszi, — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- ÓDOR L., CSIRIK, GY., VETŐ-ÁKOS, É. 1998a: Geology, ore mineralization, and some aspects of environmental impacts (Mátra Mountains, Hungary). — *Field trip guide prepared for the NATO Advanced Study Institute course, Mátraháza*, pp. 24–37.
- ÓDOR, L., WANTY, R. B., HORVÁTH, I., FÜGEDI, U. 1998b: Mobilization and attenuation of metals downstream from a base-metal mining site in the Mátra Mountains, northeastern Hungary. — *Journal of Geochemical Exploration* 65 (1998), pp. 47–60.
- ÖTVÖS K. 1998: Határértékek, határértékrendszerek az Országos Környezeti Kármentesítési Programban. — *Kármentesítési füzetek* 4., Környezetvédelmi Minisztérium, Budapest.
- PRÓNAY ZS., TÖRÖS E. 2001a: Szonár mérések hidrogeológiai alkalmazásai. — *Magyar Hidrológiai Társaság XIX. Vándorgyűlése, abstract kötet*, pp. 725–734.
- PRÓNAY, ZS., TÖRÖS, E. 2001: Detection of drowned springs in river Danube. — In: *Proceedings of the VIIth Conference of the Engineering and Environmental Geophysical Society – European Section, Birmingham, Anglia*, pp. 256–257.
- PRÓNAY, ZS., CSERNY, T., TÖRÖS, E. 2002: Environmental seismic measurements on inland waters. — In: *Proceedings of the VIIIth Conference of the Engineering and Environmental Geophysical Society – European Section, Aveiro, Portugália*, 2002. IX. 9–12., CD
- TAKÁCS S. 1992: Környezet, ember, mikroelemek. — *Kézirat*, TRIORG Kft., Budapest.
- 10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről.

