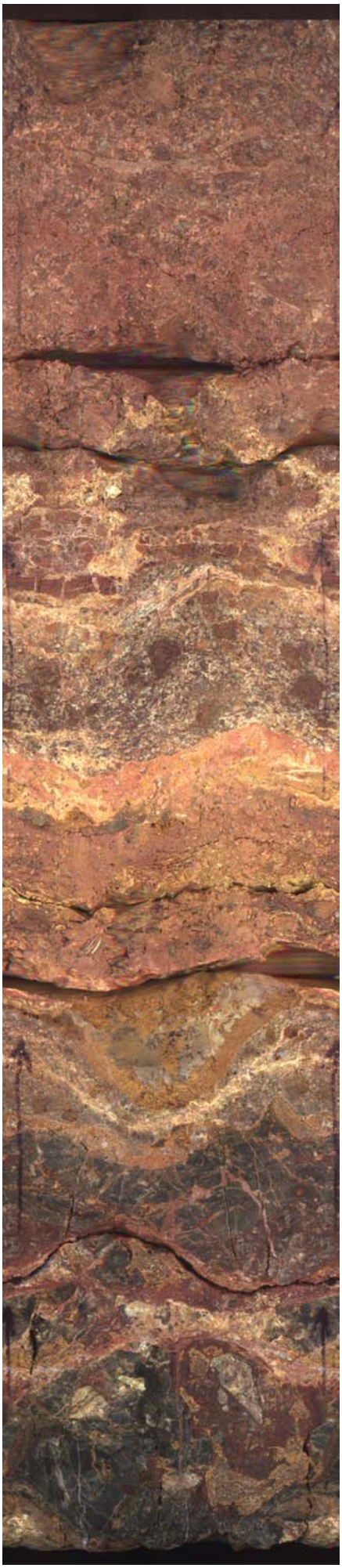


DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

# A MÓRÁGYI GRÁNIT SZERKEZETI FEJLŐDÉSE AZ IMAGEO MAGSZKENNERREL TÖRTÉNT FÚRÁSÉRTÉKELÉSEK ALAPJÁN

MAROS GYULA

TÉMAVEZETŐ
DR. NÉMEDI VARGA ZOLTÁN
PROFESSZOR EMERITUS

MIKOVINY SÁMUEL DOKTORI ISKOLA
MISKOLCI EGYETEM
A DOKTORI ISKOLA VEZETŐJE
DR. H.C. MULT. DR. KOVÁCS FERENC
AZ MTA RENDES TAGJA, EGYETEMI TANÁR

MAGYAR ÁLLAMI FÖLDTANI INTÉZET
2006

# 1. ELŐZMÉNYEK

A Mórágyi Gránit kutatása 1862-ben kezdődött, amikot Karl Peters közölte megfigyeléseit a liász rétegek sztratigráfiájáról, amelyben megemlítette a magmás képződményeket is. Részletesebb és már erre a kőzetre irányuló munka Roth Samu 1875-ös publikációja, amely a Böckh–Hoffman féle térképezéshez kapcsolódott. A következő térképezést Vadász Elemér végezte az 1910-es években, térképe azonban 1935-ben jelent meg. A következő évtizedek elsősorban kőzettan–geokémiai tárgyú műveket hoztak, majd Jantsky Béla az 1950-es években kezdte meg a terület tanulmányozását és hosszú időre a kutatás meghatározó alakja maradt. Szádeczky-Kardoss a palingén eredet mellett érvelt, amit azután Jansky is átvett későbbi munkáiban. Szederkényi Tibor a 70-es és 80-as években mélyrehatóan tanulmányozta a gránit elterjedését a Dél-Dunántúl egészén, és a hozzá kapcsolódó metamorf kőzeteket is, Buda György pedig a gránit ásványtani és kor-meghatározási problémáival foglalkozott. Jelentős eredményeket ért el egyéb variszkuszi plutonokkal való összevetésben is. Ő publikálta először az összlet modern plutoni, magmakeveredéses elméletét. A 90-es években indult az ún. Nemzeti Projekt, az erőművi kis és közepes aktivitású hulladékok végleges elhelyezésére. Ennek földtani kutatását Balla Zoltán vezeti azóta is. Ebben a projektben rendkívül komplex kutatások valósultak meg, felszíni geofizikai, mélyfúrás-geofizikai, földtani, tektonikai, vízföldtani, geokémiai, anyagvizsgálati és számos alkalmazott földtani szakterületen, mélyfúrási, térképezési, mesterséges feltárásos és bányavágat kutatási objektumokon. Jelentős módszer- és műszerfejlesztések is történtek. Ennek a kutatásnak a keretében született a jelen doktori értekezés is.

# 2. A KUTATÁSI FELADAT, CÉLKITŰZÉSEK

Hármas célt tűztem magam elé a doktori munka megírásakor.

– Mint módszerfejlesztést bemutatom az ImaGeo magszkennert és a hozzá kapcsolódó hardver és szoftver eszközöket, amelyek kifejlesztésében döntő részt vállaltam.
– A kutatási területen mélyült mélyfúrásokon bemutatom ennek új és igen hatékony képességeit a fúrásfeldolgozásban.
– A nyert adatokból megpróbálok konzisztens szerkezetföldtani fejlődéstörténetet felvázolni a területre.

# 3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK, ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A *vizsgálati módszerek* tekintetében ez a rész keveredik az eredményekkel, mivel a kutatási módszerek nagy részét az ImaGeo magszkennerrel és a hozzá tartozó programcsomaggal történt adat felhalmozás és értékelés jelentette. Ez a rendszer pedig saját fejlesztésű.

Az ImaGeo magszkenner az ImaGeo terepi adatfelvételi és értékelő rendszer része (*1. ábra*). A rendszer egyéb részei a magszkennerhez adaptált LIPS (Lézer Indukciós Plazma Spektrométer) és a Fotórobot. Az előbbi terepi, gyors, elemösszetételre vonatkozó anyagvizsgálati eszköz, az utóbbi pedig orientált, georeferált fotósorozatok elkészítést lehetővé tevő terepi eszköz. A magszkenner fúrómagok nagy felbontású optikai szkennelésére alkalmas hordozható, műszerkocsiba épített eszköz. A digitális magszkennelt vagy Fotórobottal készített képeken a saját fejlesztésű CoreDump, CoreTime és PetCore programokkal vektoros értékelést vagy képfeldolgozást végezhetünk. A CoreDump szoftver a sík, vonal vagy pontszerű geológiai objektumok értékelését teszi lehetővé, az adatokat rugalmasan bővíthető adatbázisba táplálja, amin sokrétű lekérdezések futtathatók és a leválogatott adatok változatos megjelenítésére is lehetőség van, pl. sztereogram, pólussűrűségi diagram, a saját fejlesztésű maximumvándorlási diagram, rózsadiagram, tadpole diagram, hisztogramok. A CoreTime szoftver a vektorosan értékelt objektumok közötti időkapcsolatok adatbázisba rögzítését és a kapcsolatok megjelenítését végzi. A PetCore szoftver pedig raszteres képfeldolgozásra alkalmas magszkennelt, feltárás vagy akár csiszolati képeken.

A magszkennelt képeket és a rajtuk értelmezett vektoros geológiai objektumokat a CoreDump szoftverben lehet orientálni a mélyfúrás-geofizikai lyukfaltelevízió módszerével nyert orientált akusztikus mérések alapján. Ezzel a szkennelt fúrások adatait térben irányhelyesen elemezhetjük, értékelhetjük.

Ezzel a módszerrel 19 mélyfúrás adatainak rögzítésében vettem részt, ami 5228 m maganyag szkennelését és értékelését foglalta magába. Ebben a tanulmányban mintegy 50ezer orientált adatot értékeltem. Értékeltem a törészónákat is, ezeket a deformáció fejlettsége alapján kategorizáltam és meghatároztam 125 zóna adatait.

# 4. EREDMÉNYEK

1. Kifejlesztettem az ImaGeo hardver és szoftver rendszert, ami a terepi szerkezetföldtani és általános földtani kutatást, különösen a fúrás- és a vágatdokumentációt segítő, mobil eszközegyüttes (Magszkenner, magszkennerbe épített LIPS, Fotórobot). Ezzel korszerű lehetőséget teremtettem az orientált és nagyfelbontású fúrásdokumentáció elvégzésére. Szoftvereket terveztem és fejlesztettem a fúrás-, a feltárás- és a vágatdokumentáció terepi rögzítésére, lekérdezésére és megjelenítésére (CoreDump, CoreTime, PetCore).

2. Dolgozatomban számos magmás, képlékeny, átmeneti képlékeny-töréses és töréses deformációs jelenséget különítettem el. Ezek tulajdonságait és térbeli, térképi eloszlását 19 mélyfúrásban vizsgáltam. Ennek során több mint 50 ezer orientált adatot értékeltem.
   A szkennelt képek értékelése alapján több magmakeveredési, illetve leukokrata telér benyomulási eseményt elkülönítettem el az egymást elmetsző szerkezetek alapján. Jelenség szinten szintén új felismerés volt a két palásság elkülönítése, továbbá ezek elválasztása a milonitos zónáktól. Újonnan leírt jelenséget képviselnek a kvázi képlékeny deformációs síkok, valamint a sík menti vörösödés jelensége is.

3. Az orientált adatok térbeli eloszlásában jellemző mintázatokat mutattam ki: gömbhéjas és gömbhéjszeletes mintázat, azimut és dőlésszög legyező, migráció, hullámzás, deflexió, rotáció. E mintázatok megjelenését egységes térmodellben földtani és szerkezeti okokkal magyaráztam.

4. A Mórágyi Gránit magmás fejlődését több fázisra bontottam. Megállapítottam, hogy a magmakeveredéssel létrejött kőzetváltozatok határfelületei kétpólusú, deformált héjszerkezetek mentén helyezkednek el a térben. Ebből következően a pluton a benyomulás alatt szinmagmás deformációt szenvedett és többé-kevésbé ellapult a mai, ~ÉK–DNy-i hossztengelye mentén. A határfelületeket részben örökölve, részben áttörve, legalább két fázisban, különböző kőzet-összetételű leukokrata telérek törték át a plutont. A kőzettelérek ÉK felé nyitott, aszimmetrikus gömbhéjas eloszlása

valószínűleg ~ÉNy–DK-i húzással jellemezhető erőtérben alakult ki. A deformált héjszerkezeteket követő, több pólusú hűlési repedésrendszer alakult ki.

5. A képlékeny szerkezetalakulás vizsgálata során pontosítottam a Mórágyi Gránit palássági viszonyait. Két palássági generációt különítettem el (laposabb dőlésszögű, meredekebb dőlésszögű), továbbá észlelhető egy milonitosodási esemény is. A lapos palásság dőlésszög változásai alapján egy viszonylag nagy hullámhosszú (kb. 10 m-es), enyhe — a dőlésirányt nem befolyásoló — gyűrődési eseményt is valószínűsítettem. A képlékeny deformáció a deformált héjszerkezeteket tovább polarizálta, ami a zárványok eloszlásában tükröződik leginkább. A palásságok már csak legyező eloszlásokat formálnak, nem gömbhéjas eloszlást. A refrakció, deflexió jelenségét a palásodás során létrejött kényszerszerkezetekként értelmezem. A leukokrata telérek eloszlásából redőtengely számítható, ~55/25° irányban. Mindezek alapján valószínűsítem, hogy a gránit pluton nagy léptékű és enyhe (ezzel a deformációval szemben nyilvánvalóan nagy kompetenciát mutatva), de egyértelműen gyűrt szerkezetet mutat. A palásságokat gneisz szerkezetként értelmezem.

6. A magmás és a metamorf jelenségek integrált szerkezeti értékelése alapján szerkezeti tömbökre osztottam a területet (Északnyugati, Köztes és Délkeleti), és meghatároztam e tömbök főbb szerkezeti jellemzőit. Az Északnyugati tömbben főképp ÉNy-i, a Köztes tömbben kevert, a Délkeleti tömbben pedig DK-i dőlések jellemzőek.

7. Önálló deformációs fázisként különítettem el egy átmeneti képlékeny–töréses deformációt, amely egy főképp jobbos elmozdulásokkal jellemezhető NyÉNy–KDK-i főfeszültség iránnyal jellemezhető erőtérben jött létre, a kataklázitok pedig egymásra merőleges töréspárt alkotnak.

8. A töréses szerkezetfejlődésről általánosságban megállapítottam, hogy az változatos, többfázisú, felújulásokkal jellemezhető szerkezeti képet alakított ki. Az összes, a nyílt és a zárt törések eloszlásképében gömbhéjas eloszlások figyelhetők meg. A statisztikus értékelés szerint a vetőkarcos felületek és az elmozdulások javarészt szintén a felújulásokban megnyilvánuló deformációt mutatják. Leginkább balos, balinverz és inverz elmozdulások tapasztalhatók, de ugyanazon felületeken és irányokban — kisebb számban — jobbos és normál elmozdulások is előfordulnak.

9. A töréses deformáció leginkább a palásságokkal párhuzamos (kb. ÉK-DNy-i), az ÉK-re dőlő és a K–Ny-i csapású síkokat „használja”. A zárt törések leggyakrabban ÉK felé dőlnek, különösen igaz ez a hematittal és a klorittal kitöltött síkokra. A dőlésszög eloszlás alapján e törések inkább meredek és közepes dőlésűek, viszont a limonitos kitöltések a lapos síkokon is jelentős számban megjelennek. A leghomogénebb eloszlást a sík menti vörösödésnek nevezett elváltozás mutatja, ami gyakorlatilag az egész kutatási területen ÉK-i dőlésű gömbhéjas eloszlást mutat.

10. A törészónák a törések eloszlásának jellemző irányait mutatják. Ezeket a lyukfaltelevíziós képen és a terepen geometriai jellemzőik, és a deformáció erőssége alapján tipizáltam és genetikai sorrendet állapítottam meg az egyes típusok között, a törésnyalábtól a kataklázos folyást szenvedett murvás-agyagos zónáig. A mélyfúrásokban megállapítottam a dőlésüket. A törészónákból 3D modellt készítettem, amelyben korreláltam az egyes zónákat. Megalkottam a terület törésmodelljét (*2. ábra*), és elemeztem a törészónák lefutását és eloszlását. A törészónák térképi eloszlása — a magmás és képlékeny szerkezeti elemekhez, illetve az általános törésképhez hasonlóan — döntően a Mecsekalja-zónával párhuzamos csapást mutat. A törészónák kötegelt, szigmoidos lencsékkel kísért eltolódásos duplexek jellemzőit mutatják, társuló haránt és K–Ny-i csapású elemekkel. A törészónákat a vetőkarcok alapján egyértelműen elmozdulási zónákként lehet értelmezni.

11. A törészónák mintázatát a töréses deformáció ideje alatt, a sok felújulásból következően stabilnak minősítem, ami alatt azt értem, hogy kevés új törés keletkezett az erőterek változásával, inkább a meglévők mozdultak el másképpen.

Ezt a stabilitást feltételesen a szinmagmás deformált héjszerkezetek mentén kialakult hűlési repedésekből eredeztetem. A különböző erőterek különböző elmozdulás vektorokkal reaktiválhatták az örökölt törésmintázat megfelelő síkjait. Ennek megfelelően a fennálló törésképhez igazodó kinematikai modelleket készítettem a törészónák különböző típusú elmozdulásaira. Az erőterek közül a jobbos elmozdulásokkal jellemezhetők feltehetően idősebbek, mint a balos elmozdulásúak.

A doktori értekezés eredményei a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére indított földtani kutatásban, a hidrodinamikai és a töréses transzport modellek elkészítésében hasznosulhatnak.

# 5. PUBLIKÁCIÓK

## SZERKEZETFÖLDTANI RÉSZHEZ


1. **Maros, Gy.** (ed.) 1996: Geological Exploration for Final Disposal of Low and Intermediate level Radioactive Waste — MÁFI Special paper, 52 p.
2. **Maros, Gy.** Palotás, K. 1997: Fracturing of the Mórágy Granite in outcrops and the Üveghuta–1 drill core (A Mórágyi Gránit repedezettsége a felszínen és az Üveghuta-1 fúrásban) — A MÁFI Évi Jelentése 1996-ról pp. 99-121.
3. **Maros, Gy.** Palotás, K. 2000: Evaluation of the relative time series of the events observed in boreholes Üh–22 and Üh–23 near Üveghuta with CoreTime software (Az üveghutai Üh–22 és Üh–23 fúrásban észlelt jelenségek relatív idősorrendjének értékelése CoreTime szoftverrel) — A MÁFI Évi jelentése 1999-ről pp. 341-351.
4. **Maros, Gy.**, Palotás, K. 2000: Evaluation of planar features in boreholes Üh–22 and Üh–23 near Üveghuta with CoreDump software (Az üveghutai Üh–22 és Üh–23 fúrásban észlelt síkszerű jelenségek értékelése CoreDump szoftverrel) — A MÁFI Évi jelentése 1999-ről pp. 315-339.
5. **Maros Gy.**, Koroknai, B., Palotás, K., Fodor, L., Dudko, A., Forián-Szabó, M., Zilahi-Sebess László, Bánné Győry Erzsébet 2004: Tectonics and structural evolution of the NE part of the Mórágy Hills (A Mórágyi-rög ÉK-i részének tektonikája és szerkezetalakulása) — A MÁFI Évi jelentése 2003-ról pp. 371-394.
6. Gyalog L., Havas G., Maigut V., **Maros Gy.**, Szebényi G. 2004: Geological-tectonic documentation in the Bátaapáti (Üveghuta) Site (Földtani-tektonikai dokumentálási rendszerek a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen) — A MÁFI Évi Jelentése 2003-ról pp. 189-210.


## MÓDSZERTANI RÉSZHEZ


1. **Maros, Gy.** 2000: Portable scanner probes deep into Earth's secrets — Opto and Laser Europe Issue 77. p 17.
2. **Maros, Gy.** és Palotás, K. 2000: Evaluation of planar features in boreholes Üh–22 and Üh–23 near Üveghuta with CoreDump software (Az üveghutai Üh–22 és Üh–23 fúrásban észlelt síkszerű jelenségek értékelése CoreDump szoftverrel) — A MÁFI Évi jelentése 1999-ről pp. 315-339.
3. **Maros, Gy.**, Pásztor, Sz. 2001: New and Oriented Core Evaluation Method: ImaGeo — European Geologist No.12. pp. 40-43.
4. **Maros, Gy.**, Palotás, K., Koroknai, B., Sallay, E.: 2002: Tectonic evaluation of borehole PTP–3 in the Krusne hory Mts. with ImaGeo mobile Corescanner — Bull. of the Czech Geological Survey, Vol. 77. No.2. pp. 105-112.
5. **Maros, Gy.**, Fodor, L., Palotás, K. 2005: Paleo-Stress Determination in Boreholes in the Boda Siltstone Formation (Mecsek Mts., Hungary) with the ImaGeo® Corescanner System — Geolines 19, pp. 80–81.
6. Cserny T., Thamóné Bozsó, E., Király E., Musitz B., **Maros Gy.**, Kovács-Pálffy P., Bartha A. 2006: Az M3-as autópálya burkolatának környezetföldtami vizsgálata (Environmental geological studies on the road surface of highway M3) — MÁFI Évi jelentése 2005-ről pp. 239-252.

## KONFERENCIA KIADVÁNYOK MINDKÉT TÉMAKÖRHÖZ


1. **Maros, Gy.**, Palotás, K. 1997: Tectonic Study of the Mórágy Granite, A Potential Disposal Site for Intermediate and Low Level Nuclear Waste in Hungary — *Abstract,* EUG 9 Conference, 23-27th of March1997, Strasbourg, France, Abstract Volume, p. 298.
2. **Maros, Gy.**, Palotás, K. 1999: Tectonic evaluation of Mórágy Granite with ImaGeo Mobile Corescan System — *Abstract,* Fluids and Fractures in the Lithosphere, 26–27th of March 1999, Nancy, France, Abstract Volume, p. 92.
3. **Maros, Gy.**, Palotás, K., Rálisch-Felgenhauer, E. 1999: Tectonic evaluation of the Mórágy Granite with the ImaGeo Mobile Corescan System — *Abstract,* Geology of Today for Tomorrow, 1999 június 21-22., Budapest, Abstract Volume, p. 31.
4. **Maros, Gy.**, Palotás, K. 2000: Tectonics of the Üveghuta L/ILW disposal site in Hungary — *Abstract,* Distec2000 International Conference on Radioactive Waste Disposal 4-6th of September 2000., Germany, Berlin, Abstract Volume, p. 176.
5. Andrássy L., **Maros Gy.**, Sallay E. 2000: ImaGeo magszkennerrel kombinált lézer indukált plazma spektrométer, mint egy új korszerű eszköz a fúrómag vizsgálatokban — *Abstract,* Geoműszaki tudományok kihívásai az évezred küszöbén, az MFT, az MGE, az OMBKE és a SPE által szervezett Vándorgyűlés, Szolnok, Vándorgyűlés Program, p. 15.
6. **Maros Gy.**, Dudko A., Fodor L., Forián-Szabó M., Koroknai B., Palotás K., Szabadosné Sallay E. 2003: A Mórágyi Gránit szerkezetalakulása — *Abstract,* A Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlése 2003, Bátaapáti, Előadáskivonatok, pp. 8-9.
7. **Maros Gy.**, Andrássy L., Mara J., Vihar L., Zilahi-Sebes L. 2003: Az ImaGeo magszkenerrel összeépített LIPS műszerrel végzett módszertani vizsgálatok legújabb eredményei — *Abstract,* Nemzetközi Geofizikai, Földtani, Fluidumbányászati, környezetvédelmi Vándorgyűlés 2003, Szolnok, Kivonatok A16.
8. **Maros, Gy.**, Koroknai, B., Palotás, K., Fodor, L., Dudko, A., Király, E., Forián-Szabó, M. 2004: Tectonic evolution of the Mórágy Granite Complex (SW Hungary): a puzzle of the Variscan–Alpine orogeny in Central Europe — *Abstract,* Tectonic Studies Group, Annual Meeting, 7th-9th of January 2004, University of Durham, Great Brittain.
9. **Maros, Gy.**, Koroknai, B., Palotás, K., Fodor, L., Dudko, A., Király, E., Forián-Szabó, M. 2004: Tectonic evolution of the Mórágy Granite Complex (SW Hungary): a puzzle of the Variscan–Alpine orogeny in Central Europe — *Abstract,* Proceedings of the 9th Meeting of the Czech Tectonic Studies, 2nd Meeting of the Central European Tectonics Group, 22-25th of April 2004, Lucenec, Slovakia, Geolines, 17., p. 70.
10. **Maros, Gy.**, Zilahi-Sebess, L., Dudko, A., Koroknai, Zs. 2005: The Evaluation of Complex Borehole Geophysics and Corescanning: for Detailed Characterization of Oriented Fracture Sets, Zones, and Hydraulic Flow on Different Scales. A Case Study: Mórágy Granite, Mecsek Mts., Hungary — *Abstract,* AGU Fall Meeting 5-8th of December 2005, San Francisco, USA, abstract volume pp. 154.
11. **Maros Gy.**, Gróf Gy., Gyenis Á., Pásztor Sz., Palotás K. 2006: Új módszer a bányatérségek földtani–tektonikai–vízföldtani dokumentálásában (New method in the geologic–tectonic–hydrogeologic documentation of shafts and tunnels) — *Abstract,* VIII. EMT Bányászati, kohászati és földtani konferencia, 2006 április, Sepsiszentgyörgy, Románia, Abstracts p. 253.

12. **Maros, Gy.**, Gróf, Gy., Gyenis, Á., Pásztor, Sz., Palotás, K., Musitz, B. 2006: A new method in the geologic–tectonic–hydrogeologic documentation of shafts and tunnels — *Abstract,* CETeG-GALTEC conference, 18-22th of April 2006, Zakopane, Poland, Geolines Vol. 20. p. 91.

13. Andrássy L., **Maros Gy.**, Zilahi-Sebess L., Máté Z. 2006: Bodai Aleurolit Formáció mélyfúrás-geofizikai értelmezésének fejlesztése ImaGeo-LIPS berendezéssel a Bakonya-5 fúrásban végzett maganalízis alapján — *Abstract,* B03 jelű Geofizikai-Földtani-Környezetvédelmi Vándorgyűlés és Kiállítás, 2006. szeptember 21-23. Zalakaros

## EGYÉB FONTOSABB PUBLIKÁCIÓK

1. **Maros Gy.** 1988: A Vértes hegységi Vitány vár környékének szerkezetföldtani elemzése — A MÁFI Évi Jelentése 1986-ról pp. 295-310.

2. Balla, Z., Dudko, A. **Maros, Gy.** 1997: Neotectonics of Paks area — in: Seismic safety of the Paks Nuclear Power Plant, pp. 33-47. Akadémiai Kiadó, Budapest

3. Hála J., **Maros Gy.** 2000: Art Geo Palota a Stefánián – A Földtani Intézet 100 éves épülete (Art Geo Palace in Budapest) — A MÁFI 198. alkalmi kiadványa, Budapest 104 p.

Maros Gyula

Magyar Állami Földtani Intézet

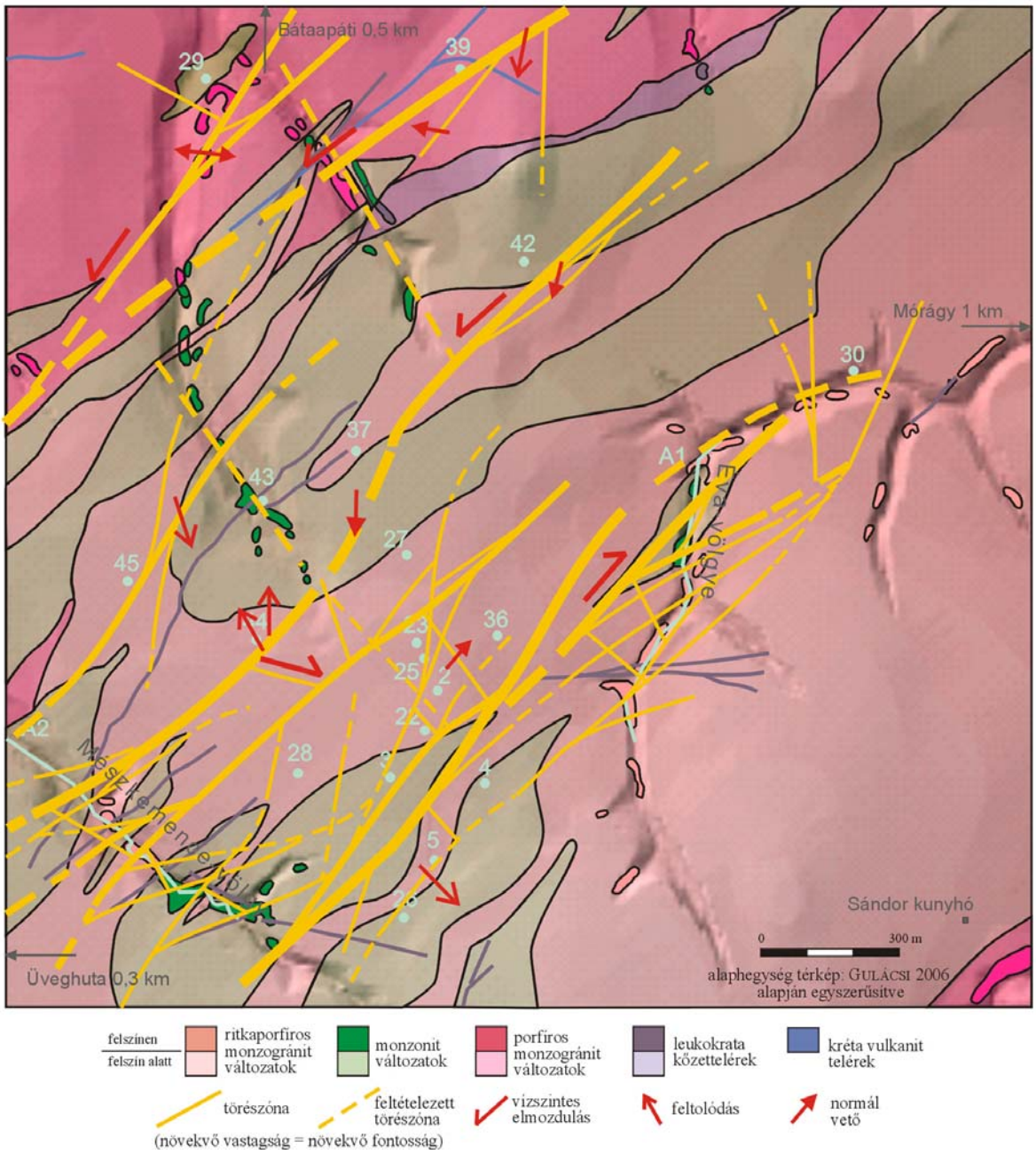
1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tel/Fax: 36 1 2517678

maros@mafi.hu

www.mafi.hu

**1. ábra** Az ImaGeo rendszer emblémája




**2. ábra** A kutatási terület töréses szerkezeti térképe. A mélység megjelenítése BALLA et al. (2003a) alapján